

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

BADJI MOKHTAR ANNABA-UNIVERSITY  
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA



جامعة باجي مختار عنابة

Année : 2011

FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR  
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

## MEMOIRE

PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

### INTITULE

**Conception, automatisation et simulation d'un système  
robotique pour le chargement des pâtes alimentaires à  
l'usine Pasta-Zina**

DOMAINE : SCIENCES ET TECHNIQUE

FILIERE : MASTER

SPECIALITE : MECATRONIQUE

PRESENTE PAR :

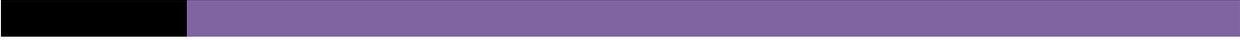
**IDIR HANENE**

**BARENDJI MOHAMED**

**DIRECTEUR DU MEMOIRE : L.LAOUAR MC UNIVERSITE BADJI MOKHTAR**

### DEVANT LE JURY

<b>PRESIDENT :</b>	L.LAOUAR	MC	UNIVERSITE BADJI MOKHTAR
<b>EXAMINATEURS :</b>	A.M.BOUCHELAGHEM	MC	UNIVERSITE BADJI MOKHTAR
	B.BOUZITOUNA	CC	UNIVERSITE BADJI MOKHTAR
	A.ABDERRAHMAN	CC	UNIVERSITE BADJI MOKHTAR



# Remerciements

Tout projet de thèse a son histoire et ses multiples acteurs. Je tiens ici à remercier l'ensemble des personnes qui m'ont encadré, soutenu et aidé à faire aboutir ce projet.

En premier lieu, je remercie ALLAH.

Je souhaite remercier très chaleureusement M. MONCEF GILATI chef du service, pour m'avoir accueilli favorablement dans d'excellentes conditions de travail, ainsi que, pour sa patience, sa rigueur scientifique et son soutien sans failles.

Je tiens aussi à remercier M.LAOUAR pour avoir assuré la direction scientifique de ce travail, pour la confiance qu'il m'a accordé et la grande liberté qu'il m'a laissé dans la conduite de ma recherche.

Merci à GHENNAÏ WALID mon ami pour son encouragement et son soutien.

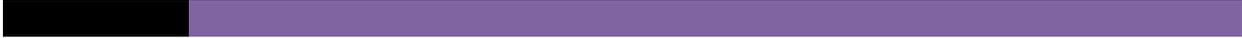
Merci à l'ensemble de mes amis Riad, Billel, Hamza, Naser eddine cheriet,

A mes amis de travail Hichem jwanou et hichem bouhamra, kaliza, mohamed

BARENDJI MOHAMED

---





# Remerciements

C'est grâce au tout puissant Allah qui veille sur moi nuit-et jour.

Je tiens à remercier les deux êtres les plus précieux, les deux êtres les plus chers à mes yeux, mes chers parents sans votre soutiens et sans votre bonne veille, je ne serai là aujourd'hui.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont grandement soutenu dans la réalisation de mon projet.

Ma chère seule sœur MARWA.

Mon cher seul frère MOHAMED LAMINE et bien sur sans oublier notre chat MINOU.

Mes tantes paternelles et maternelles, toute ma famille sans oublier notre petite sœur chère Malake .

Et vous mes amies, mes confidente et mes chéries Marwa, Hanene, Néssma et Zahra et sans oublié mes autres amis et l'amour que je l'ai porte.

Mon binôme Mohamed, mes camarades de classe et les beaux moments qu'on a passé ensemble.

IDIR HANENE

---



Table des Figures  
Table des Tableaux

<b>CHAPITRE I : Introduction</b>	
I.1. La Mécatronique.	1
I.1.1. Structure d'un système mécatronique.	2
I.1.2. La Mécatronique et l'industrie.	3
I.1.3. L'enjeu de la fiabilité.	5
I.2. Représentation de Pasta-zina.	7
I.2.1. Introduction.	7
I.2.2. Structure générale de l'unité.	7
I.2.3. Renseignements administratifs.	7
I.2.4. Activité.	8
I.2.5. Infrastructure de l'entreprise.	8
I.2.6. Procédure de fabrication.	8
I.2.7. Capacités de production.	15
I.3. Problématique.	16
I.4. Choix de solution.	18
I.4.1. Les composants du système robotique.	19

<b>CHAPITRE II : Conception mécanique</b>	
II. Introduction	21
II.1. Schéma cinématique	21
II.2. Espace de travail	21
II.3. Calcul et Choix des composants du système	22
II.3.1. Choix des matériaux	22
II.3.2. Choix des transmissions	24
II.3.2.1. Choix de la transmission pour le déplacement du chariot	24
II.3.2.2. Choix de la transmission pour la rotation du bras	26
II.3.3. Choix de roulements	27
II.3.4. Choix de guidage du chariot	31
II.3.5. Choix des moteurs	32
II.3.5.1. Choix de motoréducteur pour le déplacement du chariot	32
II.3.5.2. Choix du moteur pour la rotation du bras	35
II.4. Dimensionnement des éléments du système	37
II.4.1. Le Distributeur :	37
II.4.2. Le Bras	38
II.4.3. Le Chariot	39
II.4.4. Support moteur	40
II.4.5. Trémie	40
II.4.6. Le Pignon et la couronne dentée	40
II.4.7. Le Pignon et la Crémaillère	41
II.5. Calcul et Choix de solution pour le montage	41
II.5.1. Distributeur-Bras	41
II.5.2. Vérin-Bras	43
II.5.3. Vérin-Distributeur	45
II.5.4. Bras-Chariot	47
II.5.5. Support moteur-Chariot	48

II.5.6.Fixation de la crémaillère	49
II.5.7.Fixation du pignon avec l'arbre moteur	51
II.5.8 : Accouplement	53

<b>CHAPITRE III : Instrumentation</b>	
III.1.Les capteurs	57
III.1.1.Introduction	57
III.1.2.Généralités	57
III.1.2.1.Définitions fondamentales	57
III.1.2.2.Constitution d'un capteur	57
III.1.2.3.Mode de fonctionnement des capteurs	58
III.1.2.4.Classification suivant type de sortie	59
III.1.2.4.1.Capteurs analogiques	59
III.1.2.4.2.Capteurs numériques	59
III.1.2.4.3.Capteurs logiques	59
III.1.3.Choix d'un capteur	60
III.1.3.1. Critères de choix	60
III.1.3.2. Les détecteurs de position	61
III.1.3.3.Les interrupteurs de proximité inductifs	63
III.1.3.4.Les interrupteurs de proximité capacitifs	64
III.1.3.5.Les interrupteurs de proximité photoélectriques	64
III.1.4.Choix de nos capteurs	66
III.1.5.Fixation de capteurs	68
III.2.Les vérin	71
III.2.1.Les types de vérins	71
III.2.2.Construction du vérin pneumatique	71
III.2.2.1.Le vérin à pousser	73
III.2.2.2.Le vérin à traction	74
III.2.3.Choix de vérin	74
III.2.3.1.Circuit pneumatique	75
III.3.L'API	79
III.3.1.Définition et historique	79
III.3.2. Structure	80
III.3.3.Constitution	81
III.3.4. Mise en situation	83
III.3.5. Fonctionnement	83
III.3.6.Différents langages de programmation	87
III.3.7 .Différentes marques et modèles	87
III.3.8.Choix et description de l'automate utilisé	88
III.3.8.1.L'automate Siemens S200	88
III.3.8.2.CPU S7-200	88
III.3.8.3.Le logiciel Step 7	89

<b>CHAPITRE IV : Automatisation et Programmation</b>	
IV.1.Introduction	92
IV.2.Le GRAFCET	92
IV.2.1.Définition	92

IV.2.2.Cahier des charges	93
IV.2.3.Les concepts de base d'un GRAFCET	93
IV.2.3.1.Etape	93
IV.2.3.2.Actions associées aux étapes	94
IV.2.3.3.Transition	94
IV.2.3.4.Liaisons orientées	94
IV.2.4.Différents points de vue d'un GRAFCET	95
IV.2.4.1.GRAFCET du point de vue système	95
IV.2.4.2.GRAFCET du point de vue partie opérative	95
IV.2.4.3.GRAFCET du point de vue partie commande	95
IV.2.5.Mise en équation d'un grafcet	96
IV.2.5.1.Règle générale	96
IV.3.Description de cycle de travail	96
IV.3.1.Description du cycle automatique	96
IV.3.2.Description du cycle individuel	97
IV.4.Notre GRAFCET	98
IV.5.Notre programme	102
IV.5.1.Table mnémorique	102
IV.5.2.Le programme	103
IV.6.Simulation	104

CONCLUSION

ANNEXE

BIBLIOGRAPHIE

## Table des Figures

Figures

Pages

CHAPITRE I	
Fig.I.1: Composants principaux de la mécatronique	1
Fig.I.2: Structure de principe d'un système mécatronique	2
Fig.I.3: Structure générale de l'unité	7
Fig.I.4: Structure de bureaux administratifs	7
Fig.I.5: Emballage de sachet	8
Fig.I.6: Emballage de vrac	8
Fig.I.7: Schémas de procédure de fabrication de pâte courte	8
Fig.I.8: Les silos de stockage de la matière première	9
Fig.I.9: La presse	9
Fig.I.10: Photo de logiciel utilisé pour la commande de la presse	10
Fig.I.11: Moule téflon	10
Fig.I.12: Moule en bronze	11
Fig.I.13: Les moules avec le couteau	11
Fig.I.14: La machine de pré séchage	11
Fig.I.15: L'élévateur n°1	11
Fig.I.16: Photo de logiciel utilisé pour commander la machine de pré séchage	12
Fig.I.17: La machine de séchage	12
Fig.I.18: L'élévateur n°2	12
Fig.I.19: Photo de logiciel utilisé pour commander la machine de séchage	13
Fig.I.20: L'élévateur n°3 et les silos de stockage	13
Fig.I.21: Photo de logiciel utilisé pour commander les silos de stockage	14
Fig.I.22: La machine de l'emballage	14
Fig.I.23: Photo de logiciel utilisé pour commander la machine de l'emballage	15
Fig.I.24: présentation d l'endroit de travail	16
Fig.I.25 : Image réelle du système précédent.	16
Fig.I.26 : Présentation 3D plus proche de l'endroit de travail	17
Fig.I.27: Photo de logiciel utilisé pour commander le temps de chargement de chaque silo	17
Fig.I.28: Photo de logiciel utilisé pour sélectionner les silos à charger et à vider	18
Fig.I.29 : Présentation 3D de notre système robotique	18
Fig.I.30: la Photo présente les composants du système robotique	19
Fig.I.31 : Présentation 3D de notre système robotique avec l'environnement de travail	20
CHAPITRE II :	
Fig.II.1: schémas cinématique	21
Fig.II.2 : Espace de travail réalisé par SolidWorks	21
Fig.II.3: Espace de travail réalisé par SolidWorks	22
Fig.II.4 : Espace de travail réalisé par SolidWorks	22
Fig.II.5 : Pignon-crémaillère	24
Fig.II.6 : Vis-écrou	24
Fig.II.7 : Dimensionnement de la crémaillère	25
Fig.II.8 : Pignon- roue dentée	26
Fig.II.9 : Pignon- roue creuse	26

Fig.II.10 : Transmission par courroie	26
Fig.II.11 : Roulement à une rangée de billes	27
Fig.II.12: Dimensionnement d'un roulement	28
Fig.II.13 : présentations des forces	29
Fig.II.14 : Roulement butée à bille à simple effet	30
Fig.II.15 : Montage d'une butée	30
Fig.II.16 : Dimensionnement d'une butée	31
Fig.II.18 : Photo réalisé par SolidWorks pour assuré notre choix de guidage	32
Fig.II.19 : Schéma descriptif réalisé par SolidWorks de la vitesse l'or du mouvement	33
Fig.II.20 : Schéma descriptif réalisé par SolidWorks pour les forces	33
Fig.II.21 : Motoréducteur choisi	35
Fig.II.22 : Présentation de forces appliquées	35
Fig.II.23 : Présentation du couple de frottement	36
Fig.II.24 : Dimensionnement d'une butée	36
Fig.II.25 : représentation du problème	37
Fig.II.26 : résultat de déplacement U	38
Fig.II.27 : représentation du problème	38
Fig.II.28 : résultat de déplacement U	39
Fig.II.29 : représentation du problème	39
Fig.II.30 : résultat de déplacement U	40
Fig.II.31 : Zone de montage, réalisé par SolidWorks	41
Fig.II.32 : Présentation des forces	42
Fig.II.33 : Le montage distributeur-bras, réalisé par SolidWorks	43
Fig.II.34 : Zone de montage, réalisé par SolidWorks	43
Fig.II.35 : Types d'accessoires de montage	44
Fig.II.36 : Fixation par flasque arrière	44
Fig.II.37 : Zone de montage, réalisé par SolidWorks	45
Fig.II.38 : Accessoire pour fixations des tiges du piston	45
Fig.II.39 : La chape à rotule ou rotule industrielle	45
Fig.II.41 : Présentation des forces	46
Fig.II.42 : Le montage vérin-distributeur, réalisé par SolidWorks	47
Fig.II.43 : Zone de montage, réalisé par SolidWorks	47
Fig.II.44 : solution de montage	48
Fig.II.45 : Zone de fixation, réalisé par SolidWorks	48
Fig.II.46 : fixation support moteur, réalisé par SolidWorks	49
Fig.II.48 : Zone de fixation, réalisé par SolidWorks	49
Fig.II.49 : Arbre moteur	51
Fig.II.50 : dessin descriptif d'une liaison en rotation par clavette	51
Fig.II.51 : Dessin de définition partiel	51
Fig.II.52 : Accouplement	53

### CHAPITRE III

Fig.III.1: Méthode de choix du capteur	61
Fig.III.2: Gamme des capteurs de position	62
Fig.III.3: Principe de capteur de proximité inductif	63
Fig.III.4 : La gamme XCK-P du mouvement rectiligne	66
Fig.III.5 : La gamme XCK-P du mouvement angulaire	67
Fig.III.6 : Catalogue de photocellules	68
Fig.III.7 : montage de capteur	68

Fig.III.8 : Zone d'installation, réalisé par SolidWorks	69
Fig.III.9 : Zone d'installation, réalisé par SolidWorks	69
Fig.III.10: Zone d'installation, réalisé par SolidWorks	70
Fig.III.11 : les types des vérins	71
Fig.III.12 : Les composants d'un vérin	71
Fig.III.13 : Symbole d un vérin simple effet à pousser doté d un aimant permanent sur le piston.	73
Fig.III.14: Symbole du vérin à traction.	73
Fig.III.15 : Vérin simple effet à pousser	73
Fig.III.16 : Vérin simple effet	74
Fig.III.17 : Vérin simple effet à traction	74
Fig.III.18 : Vérin simple effet à traction	74
Fig.III.19 : les capteurs du vérin	74
Fig.III.20 : Distributeur 3/2	75
Fig.III.21 : Synoptique d'un circuit pneumatique	75
Fig.III.22 : représentation et symbolisation des pistons en repos et en activation avec un distributeur 3/2	76
Fig.III.23 : Présentation des forces	76
Fig.III.24 : Alésage et course d'un vérin	77
Fig.III.25. Automate dans une armoire électrique	79
Fig.III.26. la structure d'un automatisme	80
Fig.III.27.Deux L'antique (1980...) CPU du TI PM550 et son alimentation, les racks des E/S sont à la même mesure...	82
Fig.III.28: fonctionnement du programme de l'automate	84
Fig.III.29 : Micro automate S7-200	88
Fig.III.30 : Nouveau projet STEP 7	90
Fig.III.31 : Vérification des paramètres de communication	90
Fig.III.32 : Etablissement de la communication avec le S7-200	91

<b>CHAPITRE IV</b>	
Fig.IV.1 : composant d'un système automatisé	92
Fig.IV.2 : Représentation d'une étape.	94
Fig.IV.3 : Représentation normalisée des actions.	94
Fig.IV.4 : Transition.	94
Fig.IV.5 : Liaisons orientées.	95
Fig.IV.6 : Règle générale.	96
Fig.IV.7 : Image sur notre programme	103
Fig.IV.8 : Le programme de simulation	104
Fig.IV.9 : L'interface du programme	104
Fig.IV.10 : Chargement du programme a simulé.	105
Fig.IV.11 : L'ouverture du programme a simulé	105
Fig.IV.12 : Démarrage de simulation (RUN)	106

## Table des Tableaux

Tableaux Pages

CHAPITRE II :	
Tab.II.1 : Matériaux utilisé	23
Tab.II.2 : Caractéristiques des matériaux	24
Tab.II.3 : Caractéristiques de la rotule normalisée	46
Tab.II.4 : Valeurs de t admissible	52
Tab.II.5 : Tolérances sur a	53
CHAPITRE III :	
Tab.III.1 : Diamètres normalisés des vérins	78
Tab.III.2 : Comparaison des modèles de CPU S7—200	89



# Chapitre I

## INTRODUCTION

INTRODUCTION

## I.1. La Mécatronique :

Les systèmes modernes ont atteint un tel niveau de sophistication qu'il aurait été difficile d'imaginer l'utilisation des méthodes traditionnelles. La mécatronique intègre les domaines classiques de l'ingénierie mécanique, électrique, informatique et de la technologie de l'information [Fig.I.1] pour établir les principes de base d'une méthodologie contemporaine de conception de l'ingénierie. Un secteur de concentration de la mécatronique dans le programme d'études techniques devrait favoriser l'intégration synergique de la mécanique de précision, des commandes électroniques et des systèmes d'intelligence artificielle dans la conception, la mise en marche, l'exploitation, la maintenance et la réparation des produits et des processus "intelligents".

L'importance de la mécatronique ira encore en grandissant en raison de la demande du consommateur, ce qui produira d'excellentes opportunités d'emploi pour les ouvriers, les techniciens et les ingénieurs qualifiés.

En conséquence, plusieurs instituts de technologie dans le monde entier ont adopté de nouveaux programmes d'études de mécatronique afin d'offrir les cours appropriés.

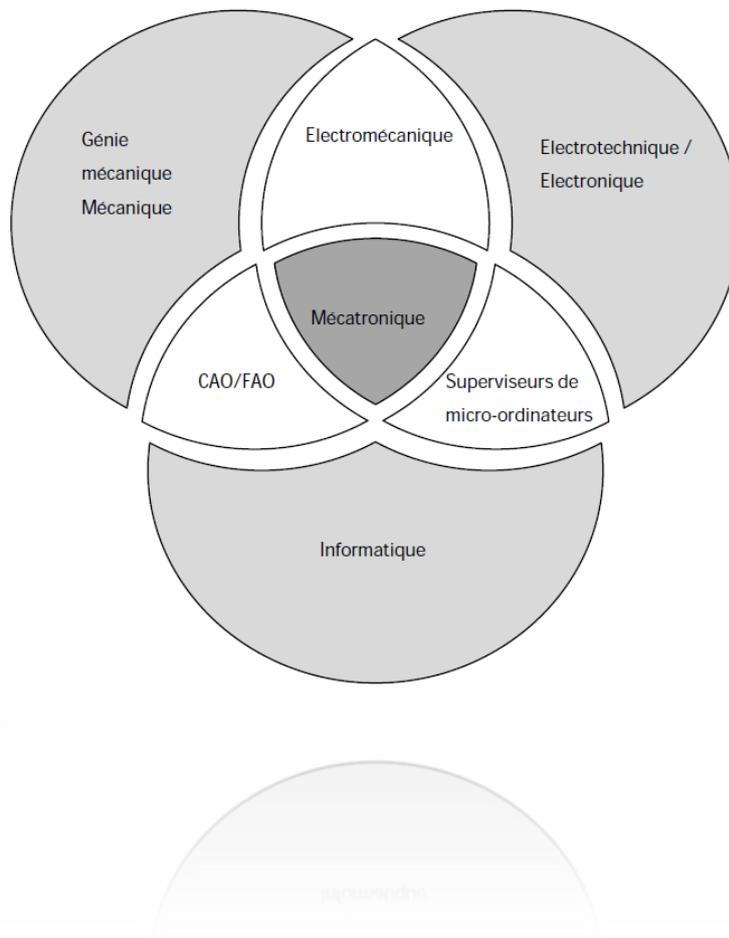


Fig.I.1: Composants principaux de la mécatronique

I.1.1. Structure d'un système mécatronique :

Il est important de préciser qu'un système mécatronique est clos et 'intelligent'. Il a donc besoin de capteurs pour mesurer les valeurs physiques et d'actionneurs pour intervenir sur les grandeurs physiques d'un processus physique / technique.

La question essentielle est comment y intervenir, et cette tâche est effectuée dans un ordinateur par un programme informatique. La structure générale d'un système mécatronique est donnée par la [fig.I.2].

De cette structure apparaît clairement le contenu essentiel pour une formation professionnelle.

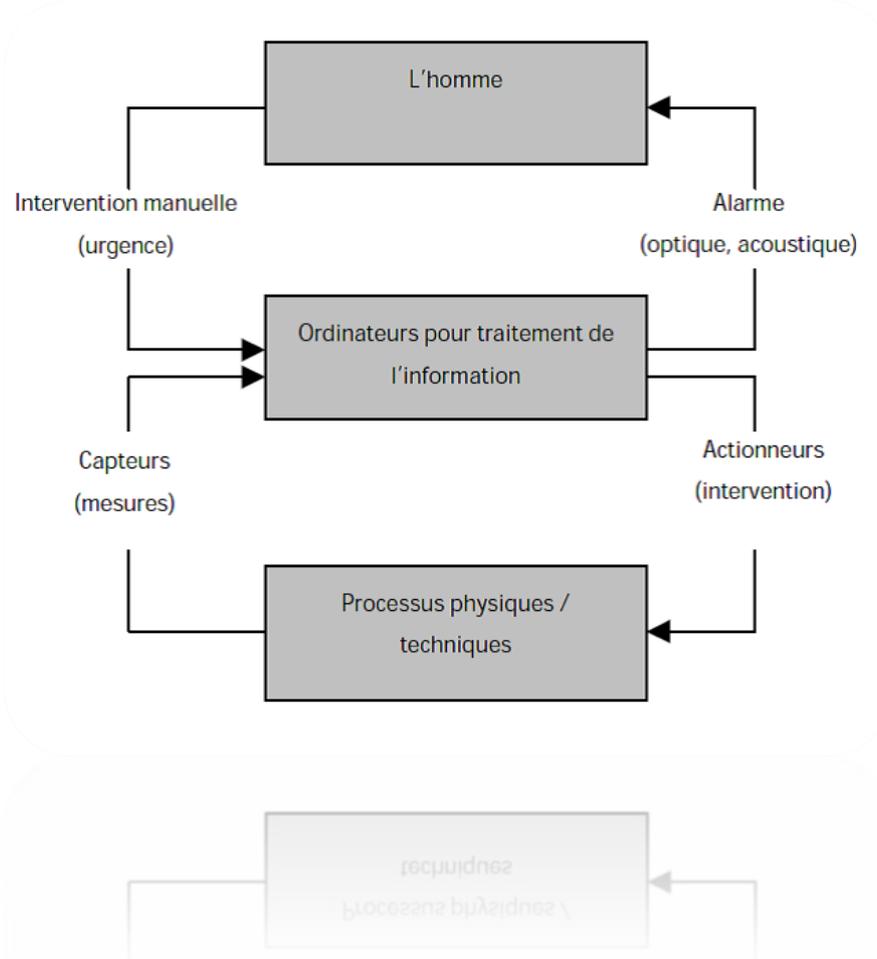


Fig.I.2: Structure de principe d'un système mécatronique

Les processus physiques / techniques sont définis en fonction de l'environnement industriel. Il peut s'agir de processus chimiques, électriques, biologiques, etc. Dans le cas présent, il s'agit de processus mécaniques, qui prévalent dans la vie quotidienne. Les exemples en sont les robots, les machines-outils, les équipements automobiles, les dispositifs optiques et médicaux, les équipements de fabrication, les machines d'emballage, les machines à insérer les composants, les appareils électroniques grand public, etc.

Les capteurs mesurent des valeurs physiques comme la température, la pression, les tensions, les distances, etc. et les traitent électroniquement.

Les actionneurs conservent ou changent les états du processus et interviennent par des dispositifs comme les commandes électriques, les semi-conducteurs, les commutateurs, les vannes pneumatiques ou hydrauliques, etc.

Les ordinateurs sont respectivement des appareils autonomes ou des microprocesseurs à simple puce et des systèmes superviseurs de micro-ordinateurs, qui tournent avec des programmes informatiques sophistiqués.

Néanmoins l'homme subsiste. Il est le facteur présentant le plus de risque dans la structure, suivant la Fig. 2, mais demeure nécessaire, car il est le seul élément qui puisse prendre les bonnes décisions dans un état critique du processus.

Le terme MECHATRONICS a été introduit par un ingénieur de la compagnie japonaise « Yaskawa » en 1969. Le terme est apparu officiellement en France dans le Larousse 2005.

### I.1.2.La Mécatronique et l'industrie :

Eumecha-pro : le grand projet mécatronique de l'Europe :  
Le projet Eumecha-pro s'est donné en particulier pour tâche d'élaborer les feuilles de route (roadmaps) pour l'industrie et la recherche.

Les roadmaps industrielles vont fournir une vue structurée sur les attentes et des besoins de l'industrie et seront établies pour les différents secteurs d'équipement de production.

Les roadmaps pour la recherche refléteront les visions et les capacités de la recherche européenne en mécatronique.

À l'issue de ce travail, les roadmaps recherche et industrie seront intégrées dans une vision commune.

Les technologies émergentes et les approches de conception intégrées issues des roadmaps recherche seront confrontées aux besoins de l'industrie et indiqueront les nouvelles opportunités de développement industriel.

D'autre part, les besoins industriels viendront alimenter la recherche pour qu'elle puisse répondre au mieux aux besoins du marché.

En outre, les roadmaps recherche fourniront un cadre commun pour une coordination efficace des ressources de la recherche en Europe.

Eumecha-pro va promouvoir et diffuser la pratique dans l'industrie du nouveau paradigme qu'est la conception mécatronique.

Les meilleures pratiques en conception mécatronique seront identifiées, promues et diffusées à travers des workshops à vocation industrielle.

Eumecha-pro va renforcer la structure et le cadre éducatif pour former les ingénieurs en mécatronique dont l'industrie a besoin.

Les besoins et les approches en formation Mécatronique seront analysées, avec pour résultat une vision européenne sur la façon dont la formation peut être améliorée avec une bien meilleure cohérence au niveau européen.

La diffusion et l'échange d'information se fera en particulier sur internet, par des publications ainsi que par des réunions de réseau. En outre, Eumecha-pro va grandement améliorer la coordination des différents mécanismes de financement de la R&D, en particulier en insérant ses livrables dans la plateforme "Eureka Factory" et l'initiative "MANUFUTURE" de la Commission Européenne.

#### La mécatronique : un vrai défi pour l'industrie

Voici 7 erreurs à éviter pour réussir un projet mécatronique :

Ne pas engager résolument l'entreprise dans une démarche mécatronique : la mécatronique exige de penser les produits et les procédés de manière transverse. La mécatronique fait « éclater les murs ». Le pilotage au plus haut niveau de l'entreprise est dans ce cadre essentiel.

Oublier de préciser la raison du choix de la mécatronique : partir dans le développement de produit mécatronique sans préciser la finalité (qui n'est pas l'électronisation de fonctions !) peut amener à des impasses. Cherche-t-on la réduction de coûts, le développement de nouvelles fonctions clients ou des moyens de se protéger de la contrefaçon ?

Négliger la phase d'avant-projet : cette phase est plus importante que dans un projet classique car le nombre de possibilités offertes est infinie. L'écoute du besoin client (présent et futur) est tout aussi importante que la technologie employée.

Concevoir de manière séquentielle : la démarche mécatronique nécessite de penser le produit dans son ensemble et non pas en séparant la partie mécanique, puis l'électronique, puis les capteurs-actionneurs puis l'informatique au risque d'atteindre des surcoûts rédhitoires.

Choisir un chef de projet expert d'une des technologies mécatronique : Il faut absolument éviter de regarder le projet avec un œil de mécanicien ou d'électronicien. Le pilotage est ici, plus qu'ailleurs, le rôle d'un chef d'orchestre et non d'un virtuose. Les compromis sont permanents pour arriver au meilleur équilibre !

Ne pas préparer les ateliers : intégrer du montage électronique dans un atelier de mécanique (ou réciproquement) ne se fait pas sans douleur.

Ne pas former les forces de ventes : un produit mécatronique a des potentialités importantes de par son « intelligence embarquée ». La création d'options peut se faire à coût marginal. Autant en profiter pour gagner de nouveaux marchés, sous réserve d'avoir bien informé les commerciaux sur ces produits d'un nouveau genre.

### I.1.3.L'enjeu de la fiabilité :

Les dispositifs mécatroniques sont utilisés pour piloter des systèmes et rétroagir pour s'adapter aux conditions variables de fonctionnement, pour surveiller leur état (solicitation, fatigue...), réaliser leur maintenance... Ce domaine très vaste reste complexe (accès aux informations, compétences en électronique et mécanique, répartition des fonctions, fiabilité et sécurité...) et nécessite des moyens importants et des coûts élevés.

L'intégration de ces techniques a débuté dans l'aéronautique, suivie par les transports et actuellement l'automobile. Dans le futur, ce thème intéressera des secteurs de la mécanique comme les machines, le levage, etc. Les applications industrielles devront à terme faire partie du savoir-faire spécifique de l'entreprise, l'intégration des capteurs restant toujours le problème du mécanicien. La tendance est au partenariat technologique ; seuls certains grands ensembliers considèrent cette technologie comme totalement stratégique.

Bien que la fiabilité et la sécurité de l'électronique se soient améliorées, une réflexion globale sur le système ou le processus est nécessaire avant d'intégrer la technologie et les spécificités « métier ». Les appareils et systèmes doivent résister aux interférences électromagnétiques dans des environnements toujours plus perturbés et leur compatibilité électromagnétique doit être étudiée puis validée pour assurer la sécurité et la fiabilité du fonctionnement. Des méthodes de vérification du logiciel système ou utilisateur doivent être développées pour s'assurer que la commande répond bien aux besoins et n'entraîne pas des situations dangereuses.

Les outils de simulation de systèmes et d'automatismes font partie des solutions permettant de définir une stratégie de commande indépendante des défaillances mécaniques, électroniques ou de l'utilisateur.

Les développements futurs se dirigent vers les réseaux neuronaux et les boucles d'asservissement en logique floue.

Alors la mécatronique permet de réaliser et de concevoir des processus industriels, elle permet de prendre en compte des grandeurs physiques ((pression, distance, température)) à l'aide de capteurs et de sondes, de transformer en grandeurs électriques qui seront traitées par des unités de contrôle ((automates microcontrôleurs pc)) ensuite, et après traitement elles seront transformées en grandeur physiques (mouvement de translation, rotation, ouverture de vanne ...) par l'intermédiaire d'actionneurs , tel que des moteurs, variateurs de vitesse, vannes proportionnelles.

Cette formation nous permet de mettre en pratique nos connaissances en essayant de trouver des solutions à des problèmes (en relation avec la Mécatronique) ou bien d'apporter des améliorations en mettant en place de nouveaux systèmes.

C'est dans cette optique que nous avons effectué notre stage de fin d'étude à Pasta-Zina (Berrahal) à la recherche de problématique à résoudre afin d'améliorer la production.

I.2.Représentation de Pasta-zina :

I.2.1.Introduction :

Pasta-zina de Berrahal est une unité de production industrielle de pâtes alimentaires. – pâtes longues (Spaghetti, nouilles,...) et des pâtes courtes (macaroni, Fillinis, pistons, «Galets»...)

I.2.2.Structure générale de l’unité :

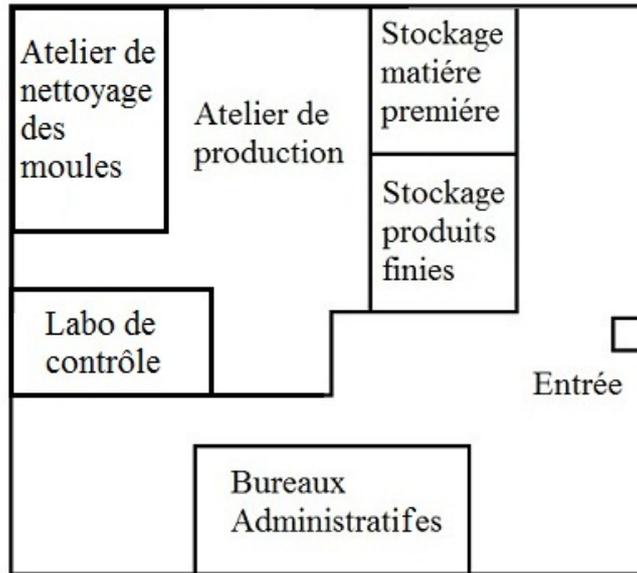


Fig.I.3: Structure générale de l’unité

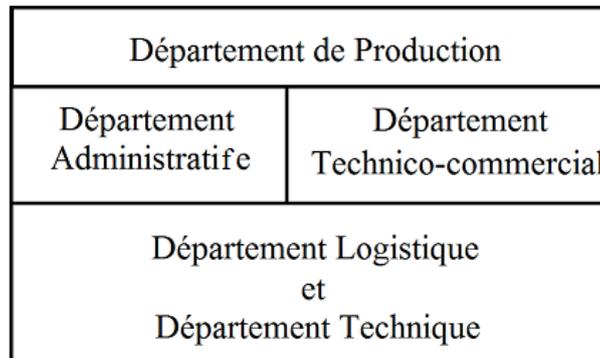


Fig.I.4: Structure de bureaux administratifs

I.2.3.Renseignements administratifs :

USINE : SARL - ZINA  
 ADRESSE : Z.I BERRAHAL - ANNABA  
 TELFAX : 213 038 80 71 44 / 99  
 TELEPHONE : 213 038 80 71 45

I.2.4. Activité :

Le champ d'activité couvre la production, le conditionnement et la commercialisation des pâtes alimentaires soit sous emballage (sachets de 500g) ou en vrac.

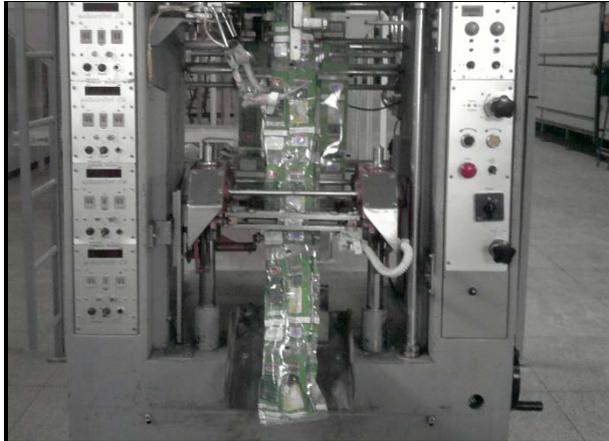


Fig.I.5: Emballage de sachet



Fig.I.6: Emballage de vrac

I.2.5. Infrastructure de l'entreprise :

Pasta -zina dispose de 3 ateliers (un atelier pour le stockage de la matière première et produit fini, un atelier destiné à la production, le 3ème pour le nettoyage des moules) et un laboratoire pour contrôler la qualité.

Atelier de stockage : il est équipé de quatre silos pour le stockage de la matière première et un espace important pour le stockage des produits finis.

Atelier de production : il est équipé de 3 machines de production de pâtes longues et 5 machines pour les pâtes courtes.

Atelier de nettoyage : il est doté d'une machine spéciale pour le nettoyage des moules.

Laboratoire de contrôle : c'est un labo pour contrôler la qualité des produits finis.

I.2.6. Procédure de fabrication :

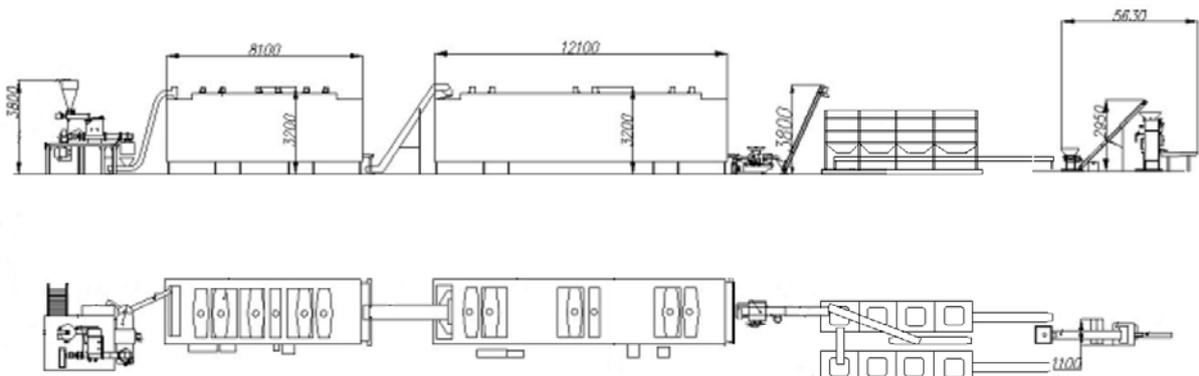


Fig.I.7: Schémas de procédure de fabrication de pâte courte

Réception des matières premières:

Semoule de blé dur, semoule intégrale de blé dur, légumes naturels déshydratés, farine d'épeautre, farine de quinoa,...



Fig.I.8: Les silos de stockage de la matière première

Passage des ingrédients à la presse:

La presse est la machine qui sert à faire la pâte. L'usine de fabrication de Pasta-Zina compte sur 2 presses: 1 presse pour les pâtes courtes (macaroni, Fillinis...) et 1 presse pour les pâtes longues (Spaghetti, nouilles,...). Chaque presse produit environ 600Kg/heure.



Fig.I.9: La presse

Mélange des ingrédients avec de l'eau dans le pétrin:

Pour faire la pâte normale on n'utilise que de la semoule de blé dur, c'est-à-dire de la pâte avec de l'eau.

Pressage de la pâte

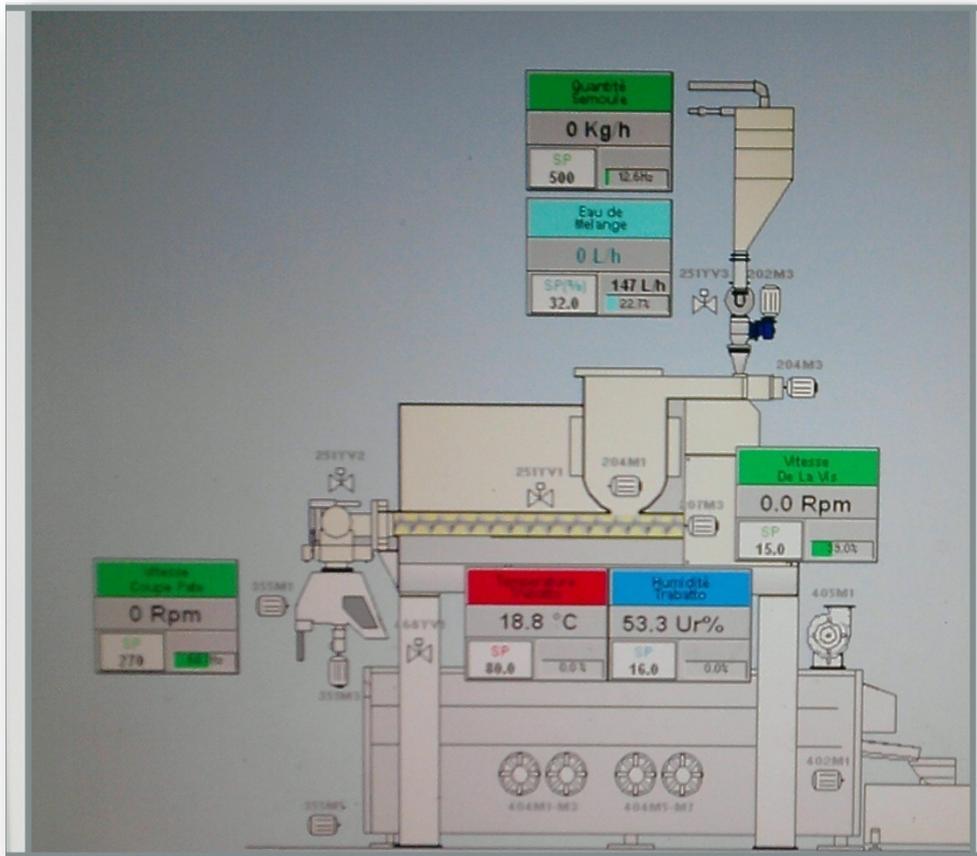


Fig.I.10: Photo de logiciel utilisé pour la commande de la presse

Sortie du moule:

La pâte pressée sort du moule qui lui donne la forme souhaitée (macaroni, pistons, «Galets»...)

Les formes de moule suivantes sont possibles dans la production :

- ❖ moule téflon : donne des pâtes lisses et ambre-jaune

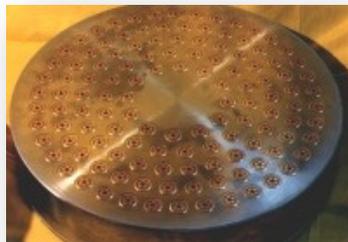


Fig.I.11: Moule téflon

- ❖ moule en bronze : donne une surface moins lisse aux pâtes, permettant ainsi aux pâtes d'absorber davantage de sauce



Fig.I.12: Moule en bronze

Coupe des pâtes:

Les pâtes sont coupées à la taille souhaitée dès la sortie du moule.



Fig.I.13: Les moules avec le couteau

Pré séchage:

Les pâtes passent par un pré séchoir où l'on commence à enlever l'humidité.



Fig.I.14: La machine de pré séchage



Fig.I.15: L'élévateur n°1

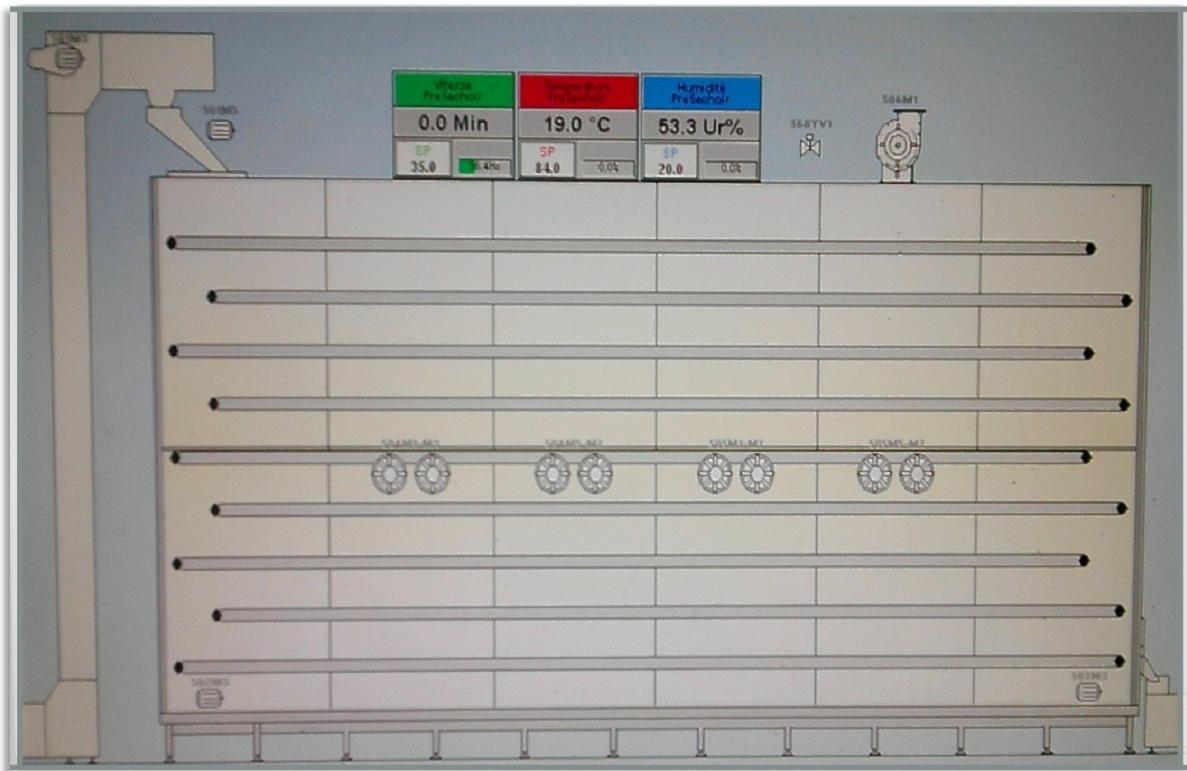


Fig.I.16: Photo de logiciel utilisé pour commander la machine de pré séchage

Séchage final:

Les pâtes sont séchées lentement à basse température. Le processus de séchage dure entre 24 et 30 heures selon le type de pâte.



Fig.I.17: La machine de séchage



Fig.I.18: L'élévateur n°2

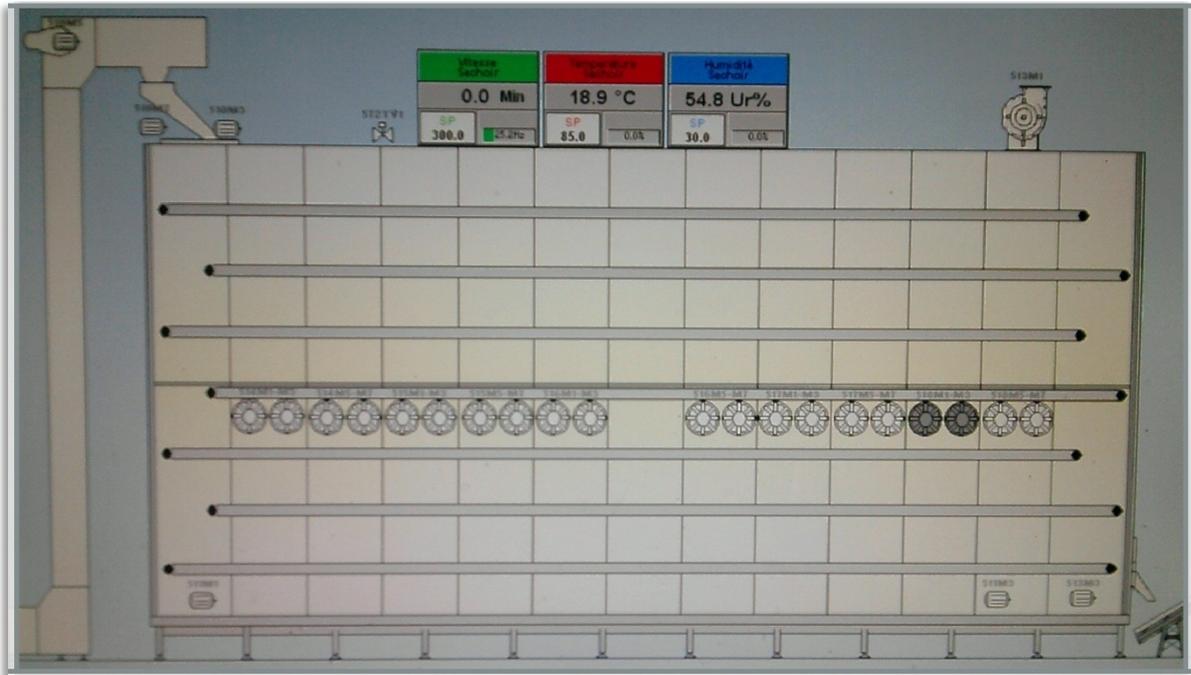


Fig.I.19: Photo de logiciel utilisé pour commander la machine de séchage

Stockage :



Fig.I.20: L'élévateur n°3 et les silos de stockage

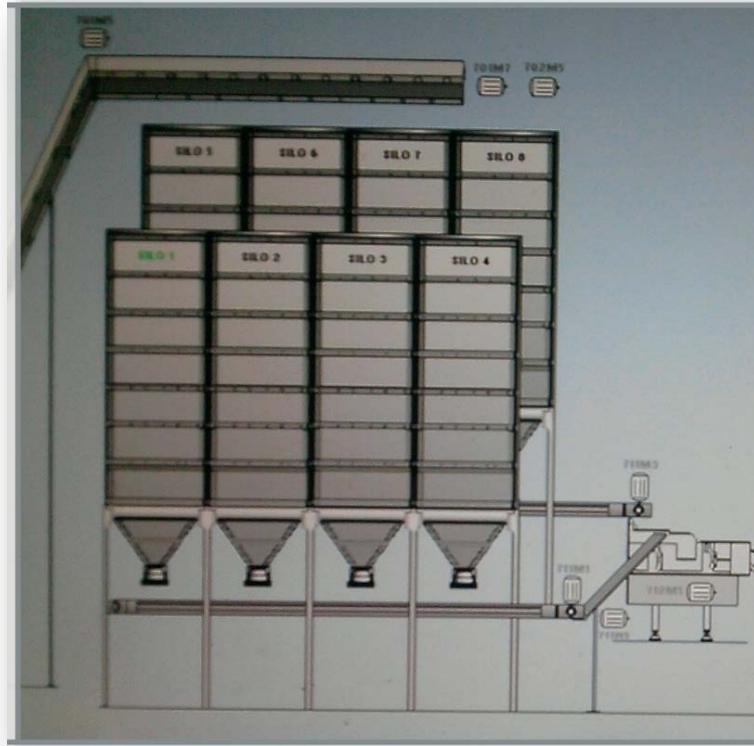


Fig.I.21: Photo de logiciel utilisé pour commander les silos de stockage

Conditionnement:

Les pâtes sont empaquetées dans des sachets de 500g, portant la marque de Pasta-Zina.



Fig.I.22: La machine de l'emballage

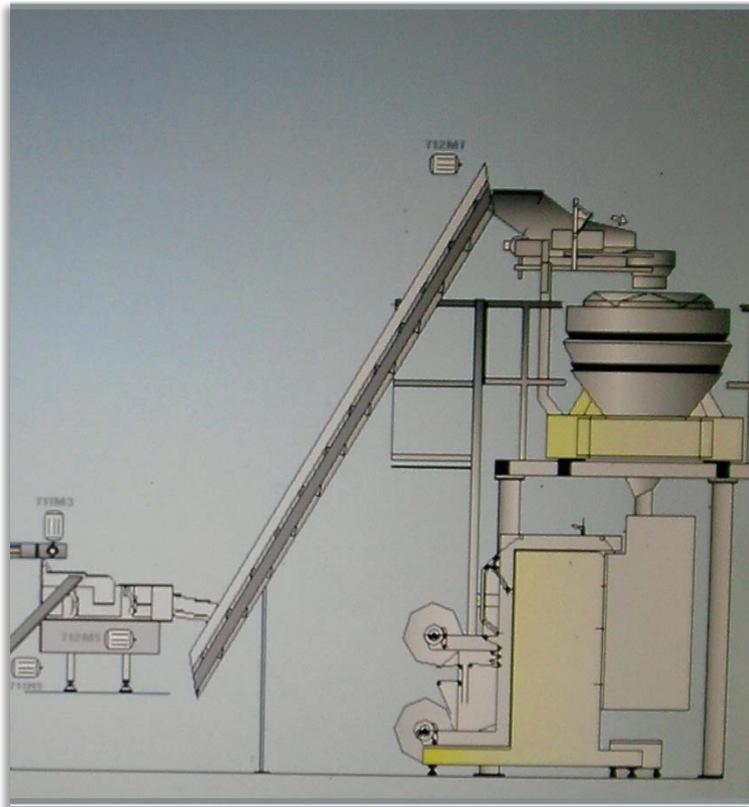


Fig.I.23: Photo de logiciel utilisé pour commander la machine de l'emballage

I.2.7.Capacités de production :

Matière première :

Silos de stockage : 800 000 Kg

Production Presse :

Production globale 1200 Kg/h

Pâtes courtes 550 Kg /h

Pâtes longues 650 Kg /h

Conditionnement :

Pâtes courtes 40 sachets/min de 500g

Pâtes longues 50 sachets/min de 500g

### I.3.Problématique :

Durant la période de notre stage de fin d'études, nous avons constaté que le système de stockage de produit fini, dans le processus de production, présente un problème de manutention.

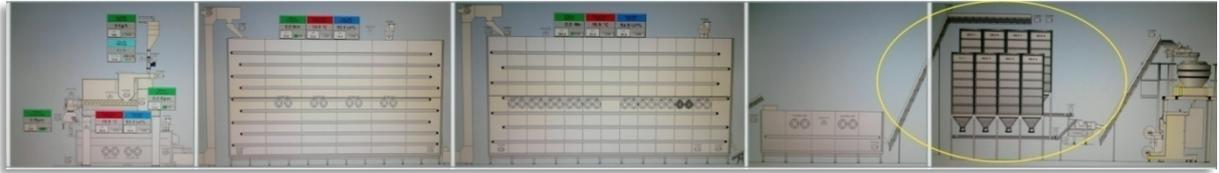


Fig.I.24. présentation d l'endroit de travail

En effet ce système qui se compose de 8 silos dont le remplissage se fait a partir d'un élévateur et de deux tapis roulants qui acheminent les pâtes vers le haut des silos, là, un employé est chargé de placer le distributeur manuellement sur les silos un à un, afin d'en assurer le remplissage.



Fig.I.25 : Image réelle du système précédent.

Voici le système en 3D réalisé avec le logiciel de conception SolidWorks :

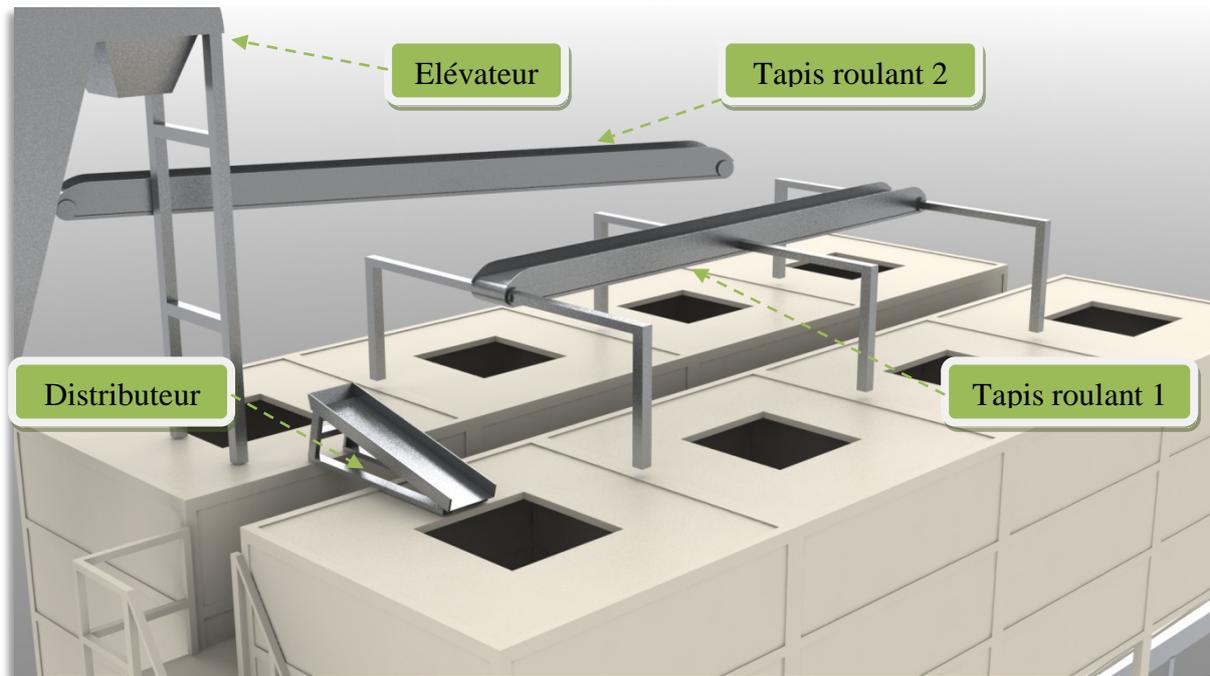


Fig.I.26 : Présentation 3D plus proche de l'endroit de travail

Le niveau de remplissage de chaque silo, est indiqué par un système de comptage de temps spécifié pour chaque produit, ceci en conformité avec le logiciel en place.

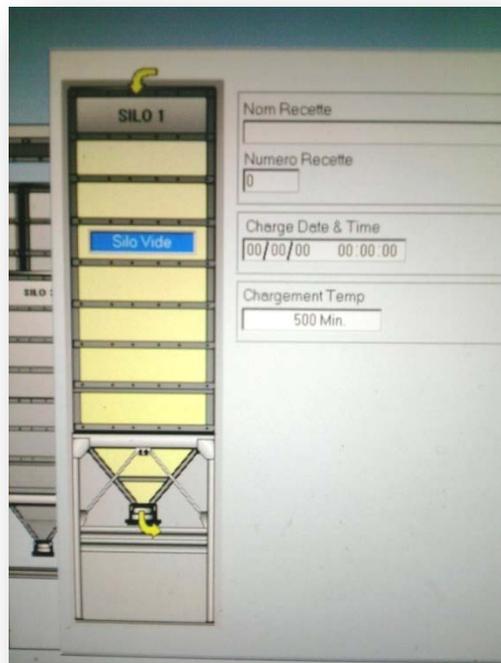


Fig.I.27: Photo de logiciel utilisé pour commander le temps de chargement de chaque silo

A un certain niveau de remplissage, une alarme se déclenche pour avertir l'employé qui se charge de déplacer le distributeur manuellement vers un autre silo et en même temps il doit intervenir au niveau de la programmation pour sélectionner le silo en chargement et celui à vider.

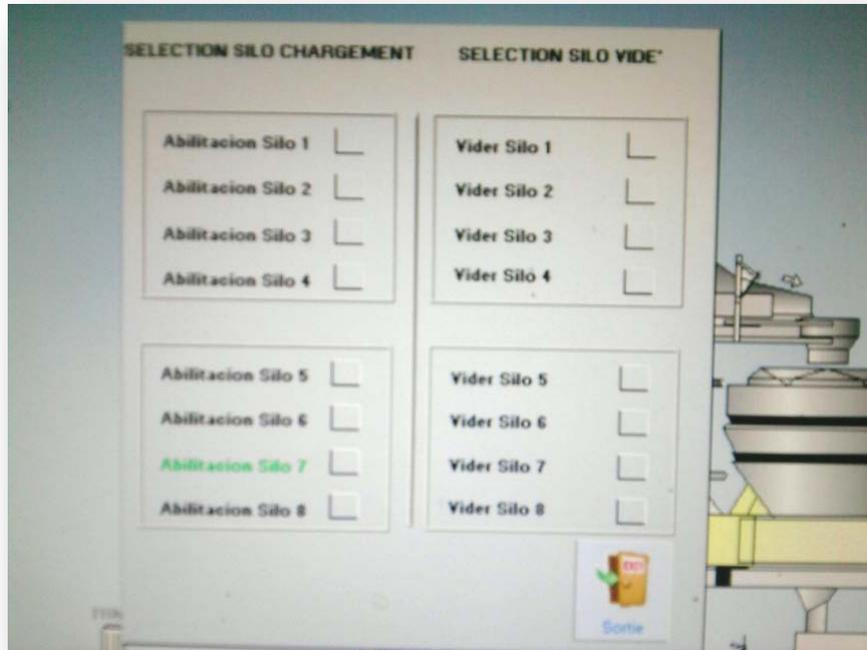


Fig.I.28: Photo de logiciel utilisé pour sélectionner les silos à charger et à vider

I.4.Choix de solution :

Nous avons opté pour une solution plus économique, pas trop compliquée et suivant notre espace de travail.

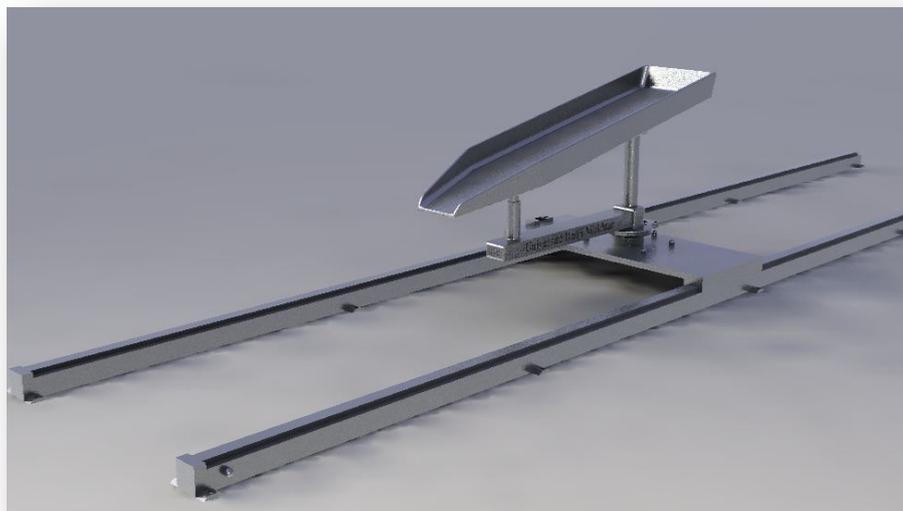


Fig.I.29 : Présentation 3D de notre système robotique

C'est un système robotique qui est capable de charger les 8 silos automatiquement quand il s'agit d'un même produit, autrement, il y a lieu de procéder à la sélection des silos concernés.

I.4.1. Les composants du système robotique :

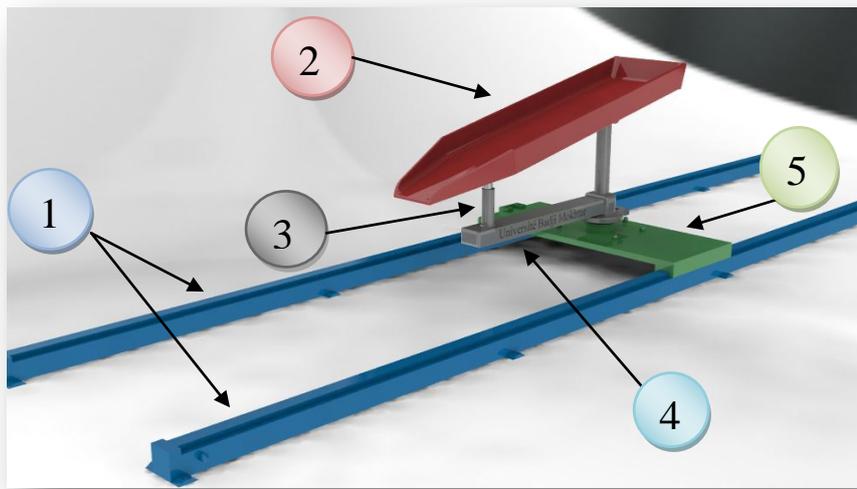


Fig.I.30: la Photo présente les composants du système robotique

- 1- Les glissières.
- 2- Le distributeur.
- 3- Le vérin.
- 4- Le Bras.
- 5- Le chariot.

Le chariot (5) peut se positionner aux deux extrémités de la glissière (1) permettant au bras (4) d'être au milieu de 4 silos et avec une rotation de 360°, ce dernier oriente le distributeur (2) vers les ouvertures des silos, à ce moment le vérin (3) incline le distributeur pour permettre le remplissage du silo.

Nous avons apporté les modifications suivantes:

\* Une élévation du col des ouvertures des silos avec un prolongement allant vers le distributeur permettant ainsi la diminution de la longueur du bras (fig.I.31)

\* Mise en place d'une trémie entre les deux tapis roulant qui se charge de garder les pâtes lors de l'arrêt du tapis inférieur et au moment où le distributeur change de position.

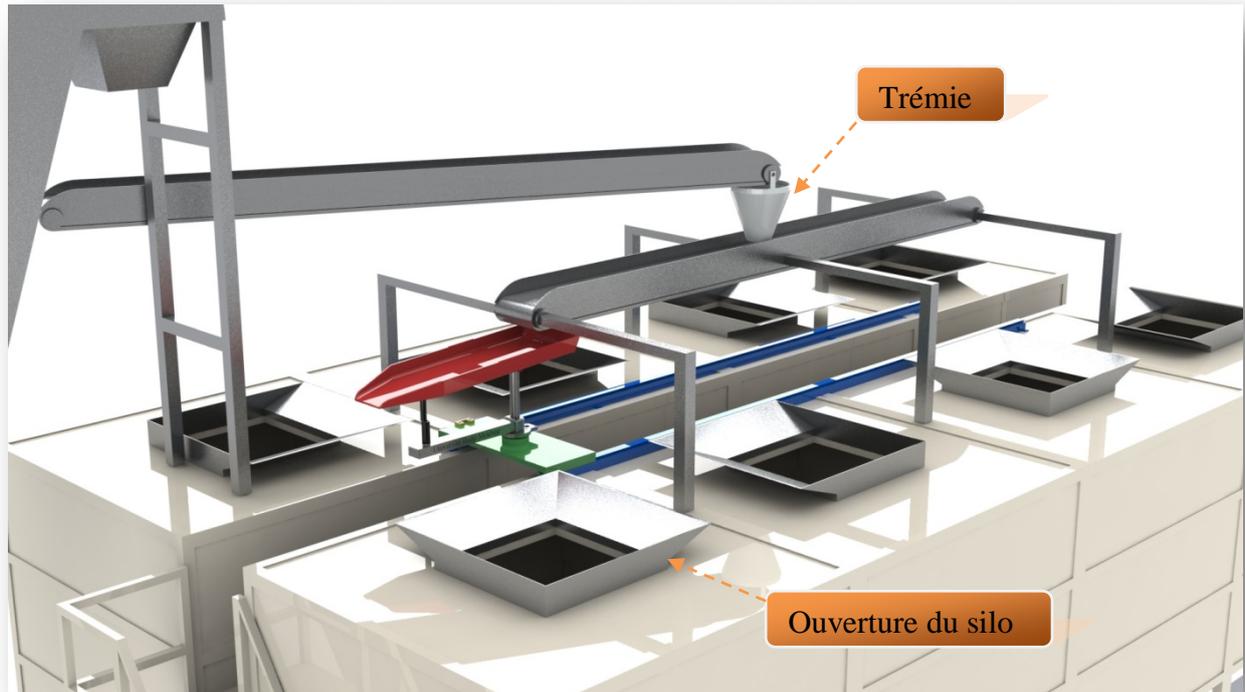


Fig.I.31 : Présentation 3D de notre système robotique avec l'environnement de travail

Notre étude se divise en deux parties, la première est consacrée à la conception mécanique et la deuxième est réservée à l'automatisation du système proposé.

\* la partie mécanique comporte :

- les calculs cinématiques, statiques et dynamiques pour le choix des moteurs, des vérins, des roulements etc ... .
- les calculs de résistance des matériaux pour dimensionner les différentes parties du robot.
- Le Choix des systèmes de transmission.
- Le Choix des solutions de montage.

Tout est détaillé dans le chapitre 2

\*la partie d'automatisation comporte :

- Le choix de l'API
- La programmation du système.

Tout est détaillé dans le chapitre 4

Nous présentons une description détaillée des éléments d'instrumentation utilisés dans le projet au chapitre 3. Le mémoire s'achève par une conclusion et des références bibliographiques.



# Chapitre II

## Conception et simulation mécanique

simulation mécanique

II.Introduction :

Notre projet consiste en la conception en vue de l'amélioration d'un système de chargement de silo par les pâtes courtes.

Dans ce chapitre, on se propose un schéma cinématique (Fig.II.1) du dispositif de chargement, à partir duquel, nous réalisons un calcul cinématique et de dimensionnement de tout les éléments de l'installation.

II.1.Shéma cinématique :

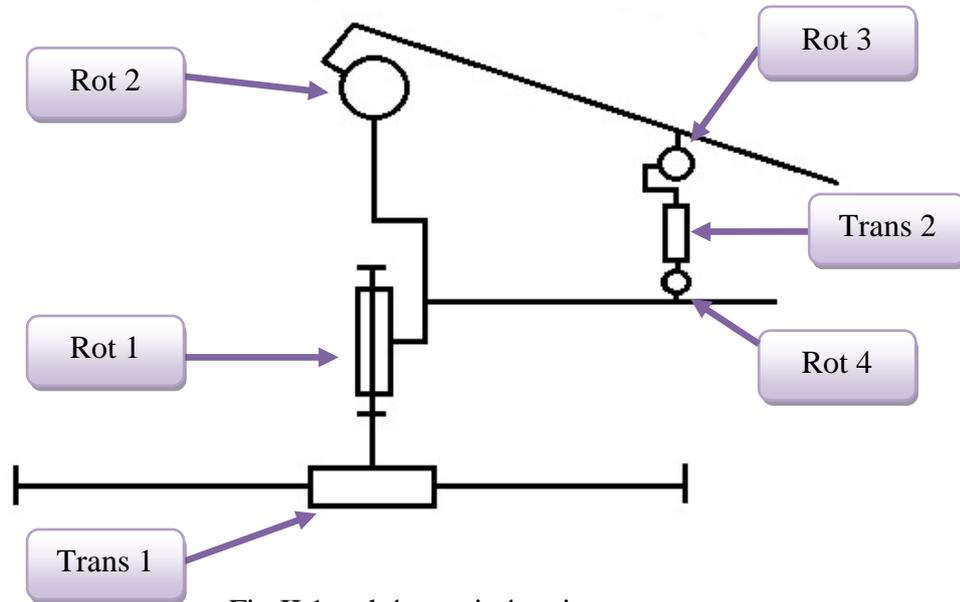


Fig.II.1: schémas cinématique

II.2.Espace de travail :

➤ La rotation (Rot 1) :

Permettre au bras de tourner 360° sur son axe comme il est présenté dans la fig.II.2 (vue de dessus)

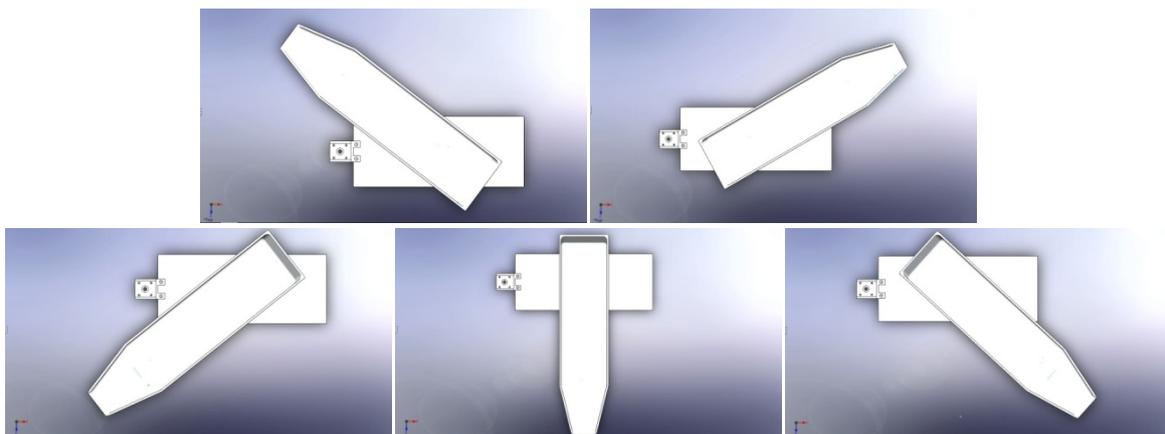


Fig.II.2 : Espace de travail réalisé par SolidWorks (Rot 1)

- La translation (Tran 1):  
Permettre au chariot de translater horizontalement selon la longueur de la glissière. (Voir fig.II.3)



Fig.II.3: Espace de travail réalisé par SolidWorks (Tran 1)

- Les rotations (Rot 2, Rot 3, Rot 4) et la Trans 2:  
Permettant au distributeur de s'incliner et de revenir à sa position initiale (vue de face) :

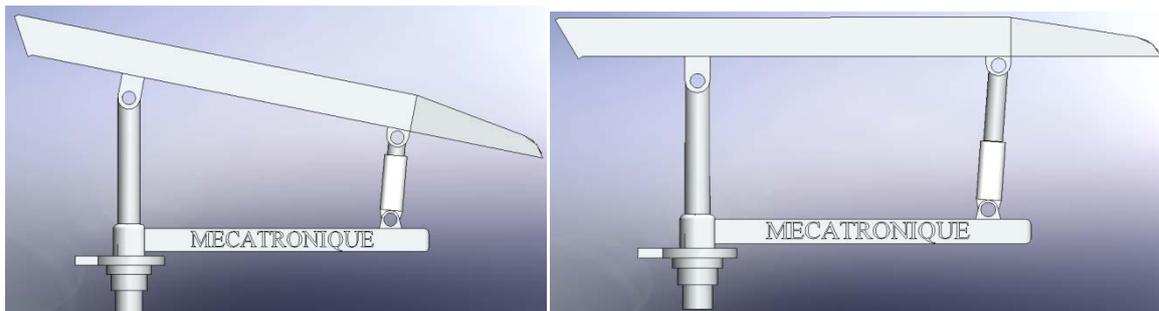


Fig.II.4 : Espace de travail réalisé par SolidWorks (Rot 2, Rot 3, Rot 4, Trans 2)

### II.3.Calcul et Choix des composants du système :

#### II.3.1.Choix des matériaux :

La contrainte maximale déterminée initialement pour le poids total du robot est de 50kg. De plus, le support moteur, le vérin et les moteurs, supportés par la structure mécanique, représentent un poids total d'environ 15kg.

Ainsi, la structure mécanique du robot se doit d'être très légère, pour permettre d'incorporer sur le robot le plus grand nombre de modules possibles (charge utile) tout en respectant la contrainte de poids, et elle doit également offrir une rigidité suffisante, pour supporter le poids important du système électromécanique et ne pas se déformer lors des mouvements brusques du robot.

Face à ces éléments, l'utilisation d'un alliage à base d'aluminium constitue un choix évident étant donné les propriétés mécaniques et les principales caractéristiques appréciables de ce type d'alliage.

Voici donc les principales qualités de l'aluminium qui ont été considérées pour confirmer la validité du choix de ce matériau:

- ❖ légèreté: grâce à la faible masse volumique de l'aluminium (2700kg/m<sup>3</sup>, soit près de 3 fois inférieure à celle des alliages d'acier), nous pouvons espérer un poids total faible pour la structure.
- ❖ ductilité: cette caractéristique facilite l'usinage des alliages d'aluminium à l'état solide. Il devient donc relativement facile de mettre en forme et de fabriquer les différentes pièces de la structure mécanique.
- ❖ possibilité de traitements (écrouissage, addition d'éléments d'alliage et traitement thermique): ces traitements permettent de modifier de façon appréciable les propriétés mécaniques initiales de l'aluminium. Il est donc possible, selon l'application donnée, d'améliorer certaines propriétés cruciales.
- ❖ résistance à la corrosion: évidemment, il est peu souhaitable que notre structure soit sensible à la corrosion et que son état se détériore avec le temps.
- ❖ conductibilité électrique: cette propriété est particulièrement intéressante au niveau de la conception du système électrique, puisque la structure peut être utilisée comme la mise à la terre du système.

L'alliage d'aluminium qui a été choisi pour la structure est le 6061, un alliage à durcissement structural qui offre une résistance à la fatigue relativement intéressante, particulièrement suite à l'application d'un traitement thermique T6, mais surtout une soudabilité excellente ainsi qu'une bonne résistance à la corrosion.

Cette alliage sera utilisé pour la structure du robot (le distributeur, le bras et le chariot), pour les autres composants tels que (la glissière, la crémaillère, les pignons, le support moteur etc.) nous utiliserons les matériaux définis dans le tableau suivant :

Les composants	Les matériaux
La glissière, les goupille, le support moteur	Acier XC48 [9]
La crémaillère, les pignons	Acier XC38 [9]
Les vis de fixation	Acier A37 [9]
Les ouvertures des silos et la trémie	Alliage d'aluminium 1060

Tab.II.1.: Matériaux utilisé

Le tableau suivant présente les caractéristiques des différents matériaux utilisés :

Matériau	Densité	Résistance élastique (N/mm <sup>2</sup> )	Résistance ultime (N/mm <sup>2</sup> )
XC38	7820	340	590 :680
XC48	7820	380	680 :780
A37	7825	240	370 :450
Al 1060	2700		

Tab.II.2 : Caractéristiques des matériaux [9]

### II.3.2.Choix des transmissions :

#### II.3.2.1.Choix de la transmission pour le déplacement du chariot :

Cette fonction a pour transmettre le mouvement du motoréducteur au chariot qui déplace linéairement à une longueur bien calculée.

Pour assurer cette fonction plusieurs solutions on été envisagées :

- Transmettre le mouvement du motoréducteur directement à la crémaillère par l'intermédiaire d'une roue dentée fixée sur l'arbre du motoréducteur.



Fig.II.5 : Pignon-crémaillère

- Transmettre le mouvement du motoréducteur directement au chariot par une vis écrou

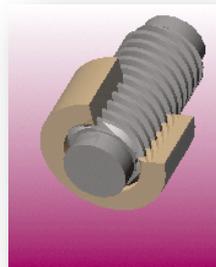


Fig.II.6 : Vis-écrou

Nous avons choisi la transmission par un système pignon-crémaillère, le rendement de ce système étant suffisant pour transmettre les efforts nécessaires pour le déplacement du chariot.

❖ Dimensionnement de la crémaillère

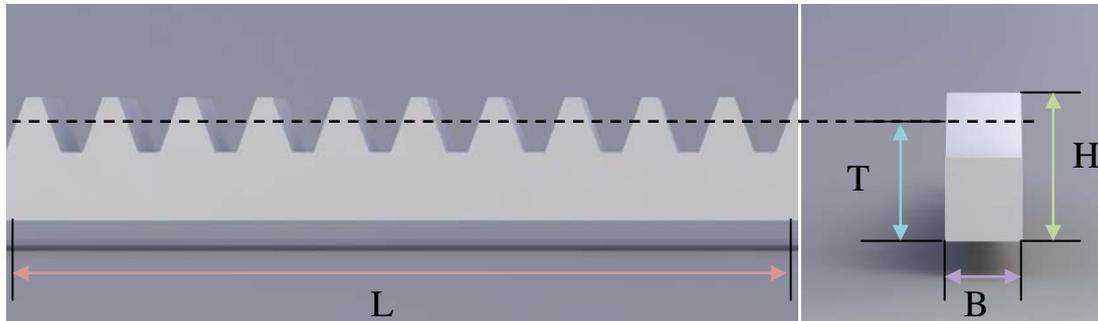


Fig.II.7 : Dimensionnement de la crémaillère

$T = 18 \text{ mm}$ ,  $H = 20 \text{ mm}$ ,  $B = 20 \text{ mm}$ .

La crémaillère est en acier XC38. En tenant compte des conditions dimensionnelles et de la charge déplacée nous proposons un module  $m = 2$ .

❖ Le calcul de vérification: [3]

Résistance de la dent

Résistance en flexion

La résistance en flexion idéale  $S_e' = 0.5 * S_{ut}$  (lb /po<sup>2</sup>)

Où  $S_{ut}$  : résistance ultime lb /po<sup>2</sup>, pour le XC38 = 98625 lb /po<sup>2</sup>

Donc  $S_e' = 49312.5 \text{ lb /po}^2$

Et la résistance en flexion  $S_e = S_e' * k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f$

Où  $k_a$  : fini de surface = 0.8

$k_b$  : facteur grosseur du mécanisme

$k_c$  : facteur fiabilité = 1

$k_d$  : facteur température = 1

$k_e$  : facteur J = 1

$k_f$  : facteur effets divers (effort renversé = 1)

Donc  $S_e = 49312.5 * 0.8 = 39450 \text{ lb/po}^2$

II.3.2.2.Choix de la transmission pour la rotation du bras :

Cette fonction a pour transmettre le mouvement du moteur au bras qui tourne sur lui-même.

Pour assurer cette fonction plusieurs solutions on été envisagées :

- Transmettre le mouvement du moteur directement à la roue dentée par l'intermédiaire d'une autre roue dentée fixée sur l'arbre du moteur (extérieur).



Fig.II.8 : Pignon- roue dentée

- Transmettre le mouvement du moteur directement à la roue creuse par l'intermédiaire d'une roue dentée fixée sur l'arbre du moteur (intérieur).

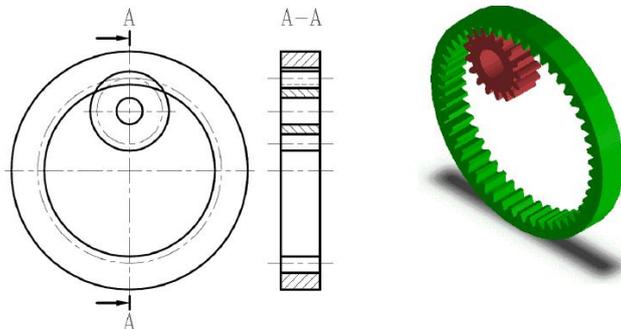


Fig.II.9 : Pignon- roue creuse

- Transmettre le mouvement du moteur à la roue dentée par une autre roue dentée fixée sur l'arbre du moteur par l'intermédiaire d'une courroie

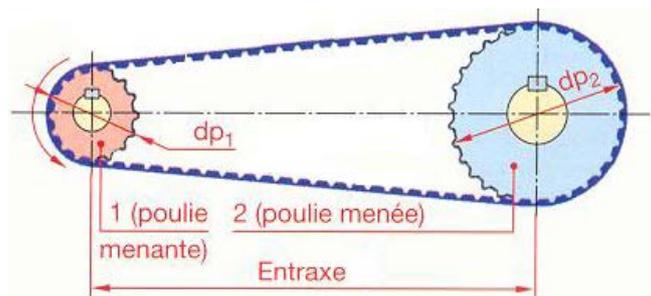


Fig.II.10 : Transmission par courroie [1]

Nous avons opté pour la transmission par un système pignon-couronne dentée, le rendement de ce système étant suffisant pour transmettre les efforts nécessaires pour la rotation du bras.

### II.3.3.Choix de roulements

La fonction d'un roulement est de permettre à deux éléments d'être en rotation l'un par rapport à l'autre avec une précision et avec un frottement optimisé, en remplaçant un glissement par un roulement.

➤ Roulement à une rangée de billes, à contact radial :

Nous avons opté pour ces roulements à cause de supportent des charges radiales et axiales relativement importantes. Ils exigent une bonne coaxialité des portées de l'arbre d'une part et des alésages des logements d'autre part.

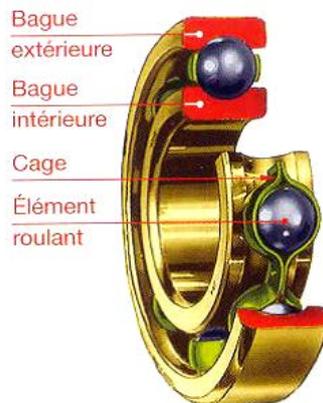


Fig.II.11 : Roulement à une rangée de billes [1]

Nous avons choisi la série 3-03 de diamètre 60 qui correspond au diamètre du bras selon le tableau des roulements (annexe 1), le dimensionnement du roulement sera comme suit:

❖ Dimensionnement du roulement

$d = 60 \text{ (mm)}$

$D = 130 \text{ (mm)}$

$B = 31 \text{ (mm)}$

$C = 6300 \text{ (daN)}$

$C_0 = 4800 \text{ (daN)}$

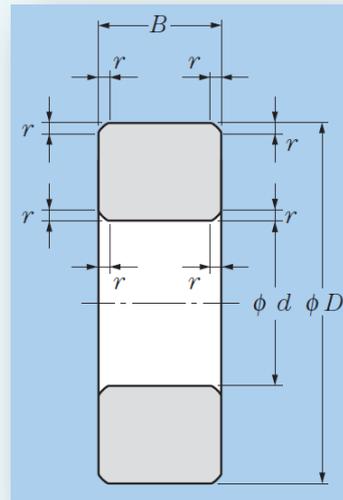


Fig.II.12: Dimensionnement d'un roulement [8]

❖ La durée de vie : [2]

Nous avons une vitesse de rotation égale à 0.33 rad/s, il est généralement plus pratique d'exprimer la durée nominale en heures de fonctionnement. La formule de durée s'écrit alors :

$$L_h = \left(\frac{C}{P}\right)^q * \frac{10^6}{60 * n}$$

Dans laquelle :

C : est la charge dynamique de base, en daN (C = 6300).

P : est la charge dynamique équivalente, en daN = X\*F<sub>r</sub> + Y\*F<sub>a</sub>

Où X : le coefficient radial du roulement

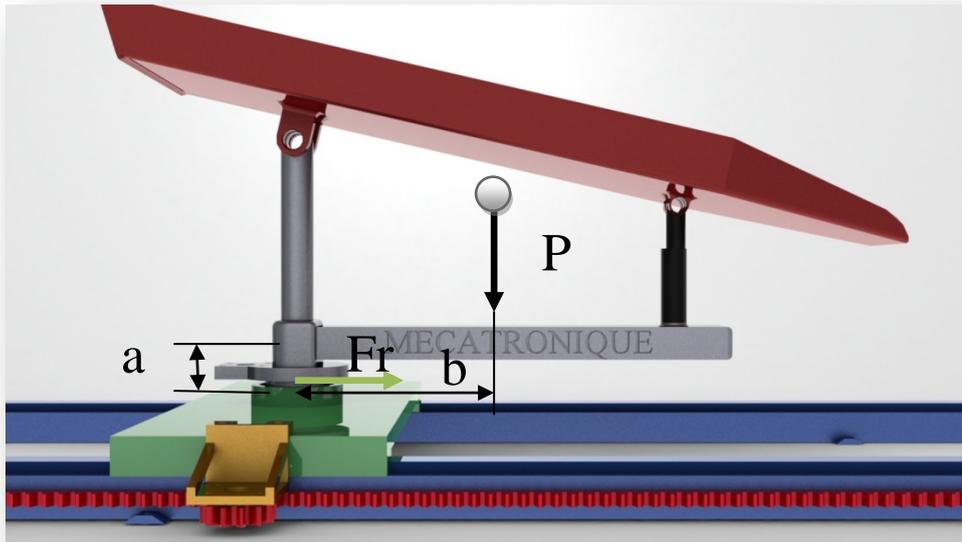
Y : le coefficient axial du roulement

C/P : s'appelle le « rapport de charge ».

q = 3 pour les roulements a billes.

L<sub>h</sub>: est la durée nominale, en heures de fonctionnement.

n : est la vitesse de rotation, en tr/min.



Ifig.II.13 : présentations des forces

On a  $p * b = F_r * a$

Où  $F_r$ : la force radiale

$p$  : le poids du bras + le distributeur = 260N

$a$  : la distance entre la butée et le bras = 75 mm

$b$  : la distance entre la force  $P$  et l'axe de rotation = 480mm

$F_r = (p * b)/a$

$\Rightarrow F_r = 166.4$  (daN)

Et nous avons la force axiale  $F_a = p$

Choisissons  $X$  et  $Y$  :

Vérifions le rapport  $F_a/F_r$  :

$F_a/F_r = 26/166.4 = 0.15$

La valeur trouvée est inférieure à la valeur inférieure de « e » du tableau 3 (annexe 3)

A partir le tableau 3 a titre d'essais, et sous réserve de vérification, nous choisissons :

$X = 1$

$Y = 0$

Donc la charge dynamique équivalente  $P = X * F_r + Y * F_a$

$P = 26$  daN

$n = (\omega * 30)/\pi = 3.15$  tr/min

$\Rightarrow L_h = \left(\frac{6300}{26}\right)^3 * \frac{10^6}{60 * 3.15} = 75262920405.08$  (heures)

❖ Montage : [2]

- La bague du roulement qui tourne par rapport à la direction de la charge doit être ajustée avec serrage, (Exemple : Arbre à la tolérance k6, m6 ou p6 suivant l'intensité de la charge ; Alésage à la tolérance M7 ou N7).

- La bague du roulement qui est fixe par rapport à la direction de la charge doit être ajustée glissante, (Exemple : Arbre à la tolérance g6 ; Alésage à la tolérance H7).

➤ Butée à bille à simple effet :

Nous avons un arbre vertical, fortement chargé axialement et qui tourne lentement, pour cela nous avons opté pour les butées à billes qui ne supportent que des charges axiales relativement importantes et dans un seul sens.

Les butées à billes ne sont pas conçues pour guider un arbre en rotation. Ce guidage doit être assuré par les roulements à une rangée de billes que nous avons choisis précédemment.

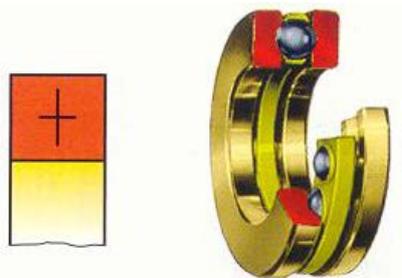


Fig.II.14 : Roulement butée à bille à simple effet [1]

❖ Montage : [2]

- Une bague du roulement doit être ajustée avec le logement de diamètre (D) par H8 et demeure libre du côté de l'arbre
- par contre la deuxième bague doit être ajustée avec l'arbre de diamètre (d) par j6 et demeure libre du côté du logement

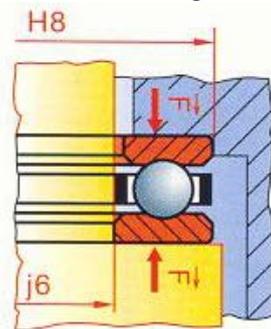


Fig.II.15 : Montage d'une butée [1]

Nous avons opté pour la série 2-12 de diamètre 80 qui correspond au diamètre du bras selon le tableau des roulements (annexe 2), le dimensionnement du roulement sera comme suit:

❖ Dimensionnement du roulement

$d = 80 \text{ (mm)}$

$D = 115 \text{ (mm)}$

$T = 28 \text{ (mm)}$

$C = 6100 \text{ (daN)}$

$C_0 = 17600 \text{ (daN)}$

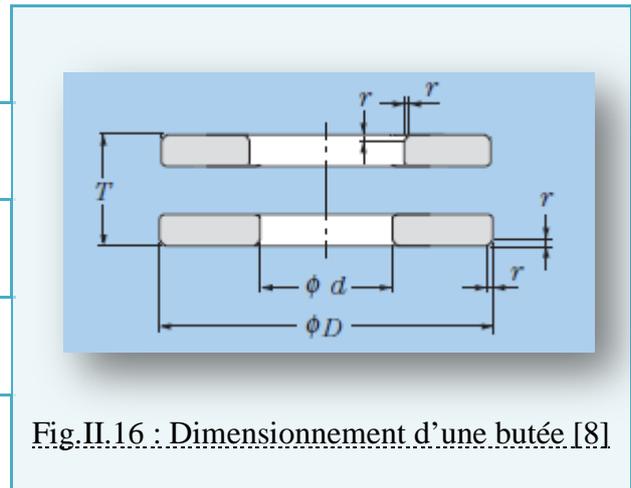


Fig.II.16 : Dimensionnement d'une butée [8]

II.3.4.Choix de guidage du chariot

Pour assuré le guidage du chariot à mouvement rectiligne, on a opté pour des glissières et pour que cette opération se réalise il faut : [1]

- que le jeu JA assure un guidage suffisamment précis.
- qu'il existe un jeu minimal JB au fond de la queue d'aronde, afin d'éviter les surabondances d'appui.
- que les surfaces en contact assurent une portée aussi parfaite que possible.

Nous avons réalisé une photo fig.II.18 par SolidWorks avec notre dimensionnement pour démontrer le choix de guidage

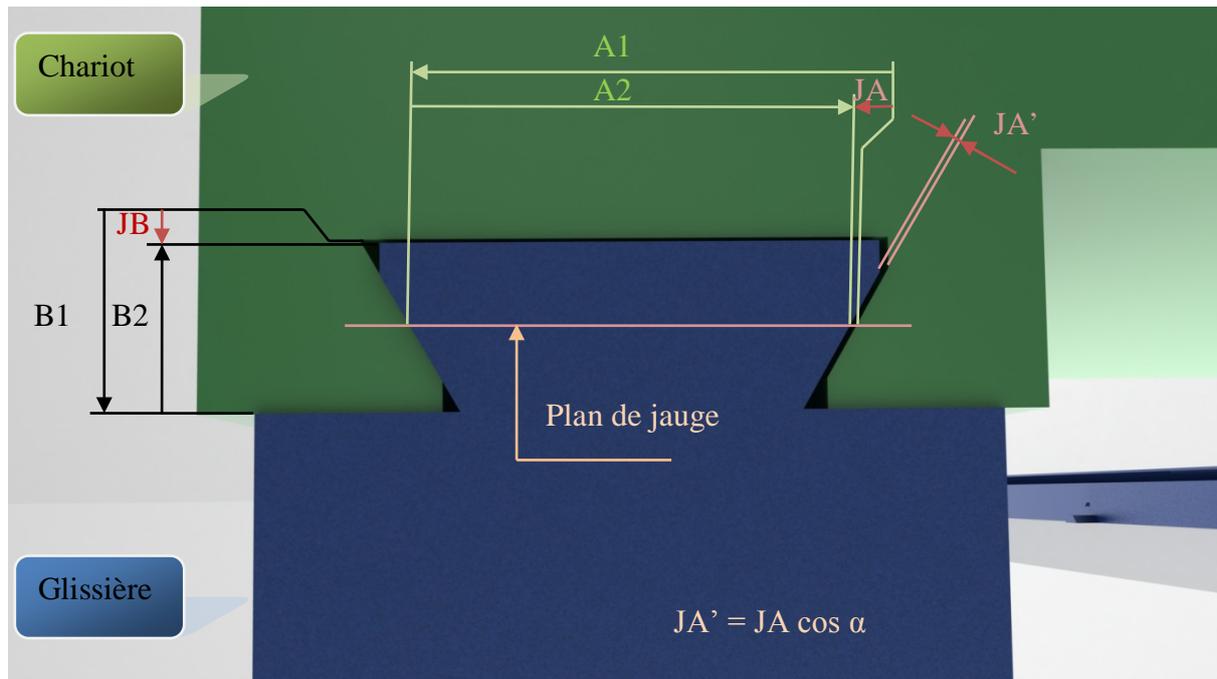


Fig.II.18 : Photo réalisé par SolidWorks pour assuré notre choix de guidage

### II.3.5.Choix des moteurs

Le choix des moteurs d'un robot est généralement une tâche fastidieuse. Il faut dans un premier temps déterminer avec suffisamment de précision le travail qui sera accompli par chacun des moteurs.

Évidemment, pour pouvoir valider un moteur, il faut connaître les spécifications que nous voulons atteindre. Il est ensuite possible d'utiliser une méthode itérative, afin de trouver le bobinage et l'engrenage, pour une certaine gamme de moteurs, qui permettront de répondre aux besoins.

Le problème est toutefois beaucoup plus simple lorsque nous connaissons les caractéristiques d'un moteur ainsi que le travail qu'il doit accomplir et que nous désirons le valider.

#### II.3.5.1.Choix de motoréducteur pour le déplacement du chariot :

##### ❖ Calcul de puissance et couple nécessaire du moteur :

Le calcul de puissance nécessite la proposition de la vitesse  $V'$ , le diamètre de pignon  $d$  et la force  $F_T$  alors :

Donnée :

Poids du bras + poids du chariot = 50 Kg

$V' = 40 \text{ m/min} = 0.66 \text{ m/s}$

$d_p = 64 \text{ mm} \Rightarrow R = 0.032 \text{ m}$

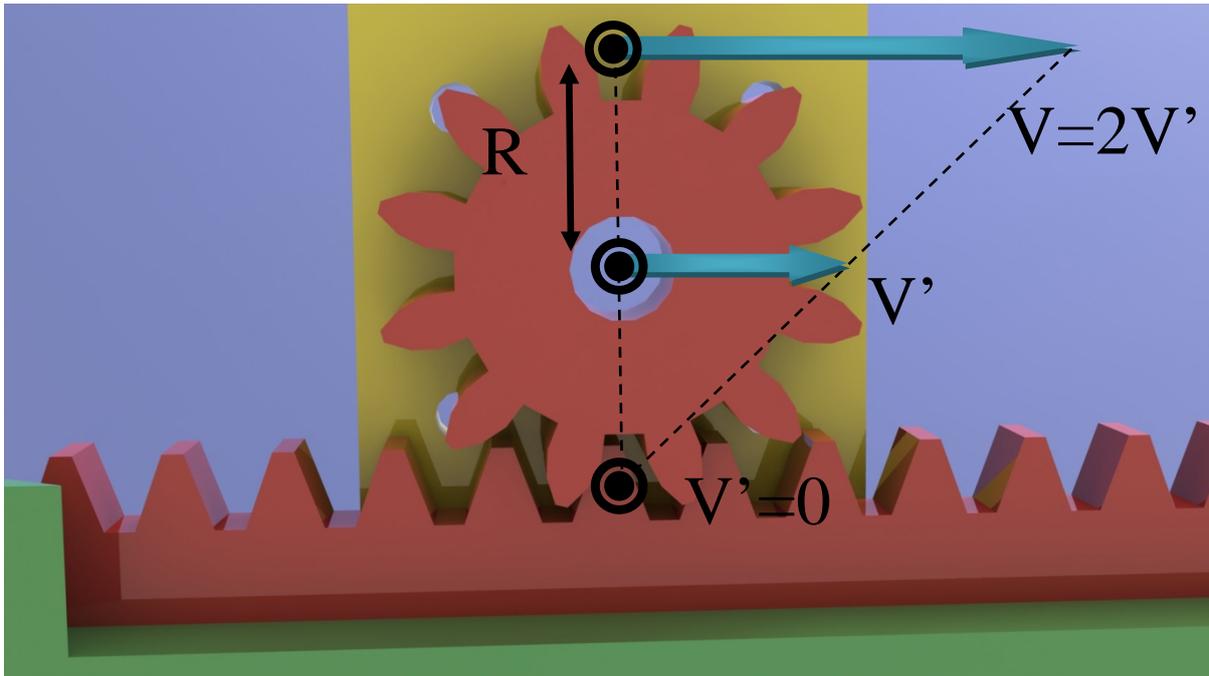


Fig.II.19 : Schéma descriptif réalisé par SolidWorks de la vitesse l'or du mouvement

D'après le schéma descriptif on observe que la vitesse  $V$  qui sera utilisé pour le calcul égal deux fois la vitesse proposé  $V'$

$$V = 2 * V' = 1.33 \text{ m/s}$$

La vitesse angulaire  $\omega = V/R$

Avec  $R$  : le rayon du pignon

Donc  $\omega = 1.33/0.032 = 41.56 \text{ (rad/s)}$

$$n_{\text{sortie accp}} = (\omega * 30)/\pi = (41.56 * 30)/\pi = 397.07 \text{ (tr/min)}$$

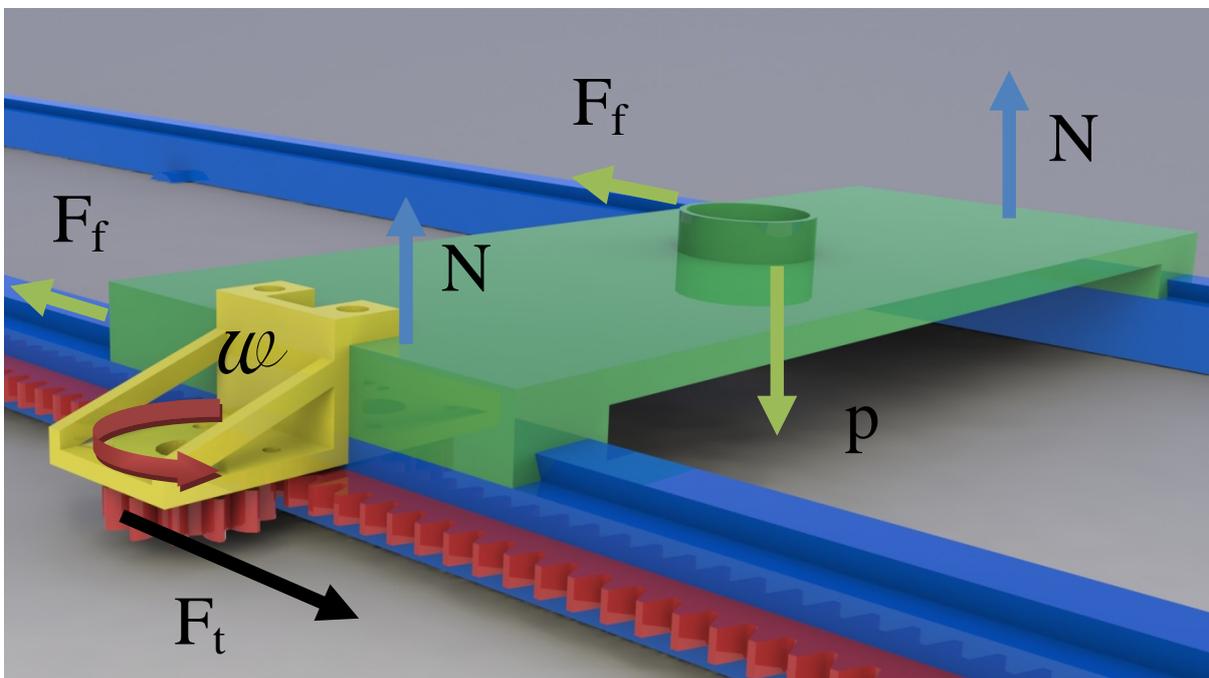


Fig.II.20 : Schéma descriptif réalisé par SolidWorks pour les forces

Calcul de la force tangentielle

La charge  $p = m * g$  (N)  
 Avec  $m$  : la masse  
 $g$  : la gravité  
 Donc  $p = 50.10 = 500$  (N)

D'après la fig  $p = 2 * N$

$F_T \geq 2 * F_f = 2 * C_f * N = C_f * p$   
 Avec  $F_T$  : la force tangentielle est supérieure à  $F_f$   
 $F_f$  : la force de frottement

Pour un contact mécanique entre acier-acier le coefficient de frottement pour des conditions de graissage du contact vaut  $C_f = 0.05$  [2]

Donc  $F_f = 0.05 * 500 = 25$   
 $F_T \geq F_f \Rightarrow F_T = 25$

Calcul du couple

$$C = F_t * R = 25 * 0.032 = 0.8 \text{ Nm}$$

Calcul de La puissance utile

$$P = C * W = 0.8 * 41.56 = 33.25 \text{ (w)}$$

❖ Choix du moteur électrique :

La puissance (W) :	100
Nombre de tours n (tr/min) :	1000
L'alimentation V (courant alternatif) :	230
Couple de transmission maximal (N.m) :	1.9

❖ Calcul de vérification :

Le rendement totale  $\eta_{total} = \eta_{accp} * \eta_p^2 * \eta_j^2 = 0.98 * 0.98^2 * 0.99^2 = 0.941$

$$P_{\text{sortie réducteur}} = P_m / \eta_{total} = 100 / 0.941 = 106.26 \text{ (W)}$$

On a :  $P_{\text{sortie réd}} = F * r * \frac{\pi n_{\text{sortie réd}}}{30} * \eta_{accp} = 50 * 0.032 * 0.1 * n_{\text{sortie réd}} * \eta_{accp}$

accp

$$P_{\text{sortie réd}} = 0.16 * n_{\text{sortie réd}} * \eta_{accp}$$

$$n_{\text{sortie réd}} = \frac{P_{\text{sortie réd}}}{0.16 * \eta_{accp}} = \frac{106.26}{0.16 * 0.98} = 677.67 \text{ (tr/min)}$$

$$n_{\text{sortie réd}} = 677.67 \text{ (tr/min)}$$

Alors le rapport de transmission de la réduction  $i$

$$i = \frac{n_{\text{mot}}}{n_{\text{sortie réd}}} = \frac{1000}{677.67} = 1.47$$

$$P_{\text{sortie accouplement}} = P_{\text{sortie réducteur}} * \eta_{\text{accouplement}} = 106.26 * 0.98 = 104.13 \text{ (W)}$$

$$P = F_t * V \Rightarrow F_t = P/V = 104.13 / 1.33 = 78.29 \text{ N} > F_f$$

Donc le moteur que nous avons choisi, avec ces caractéristiques est suffisant pour déplacer le chariot

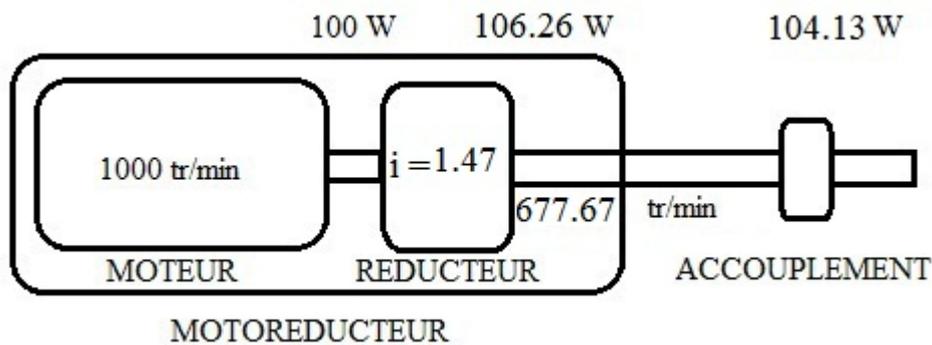


fig.II.21 : Motoréducteur choisi

II.3.5.2.Choix du moteur pour la rotation du bras:

Nous avons un poids P (poids du bras + poids du distributeur = 260N) au centre de gravité qui applique une force axial sur le roulement butée supporté par le chariot comme il est indiqué dans la fig.II.22.

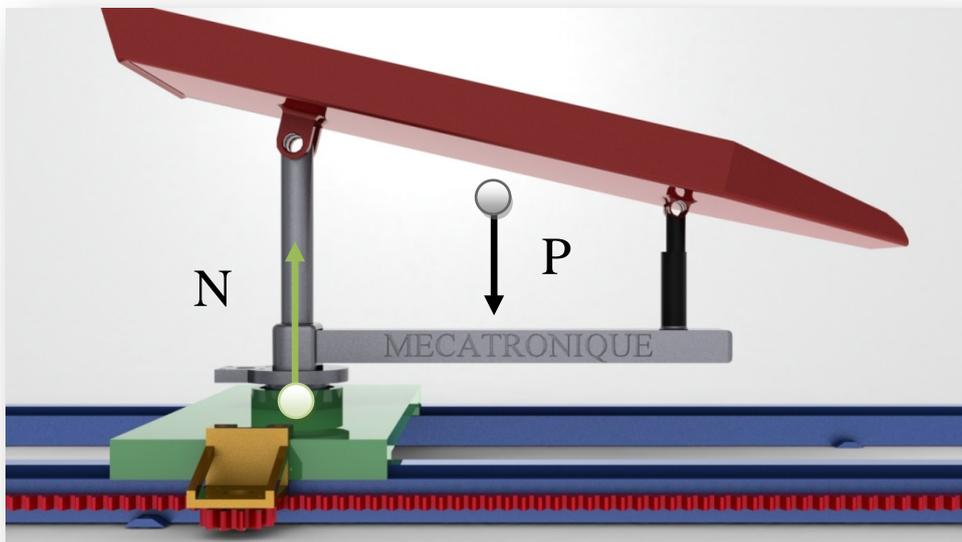


fig.II.22 : Présentation de forces appliquées

La rotation du bras par rapport au chariot crée un couple de frottement au diamètre d'application des billes de la butée (Fig.II.23).

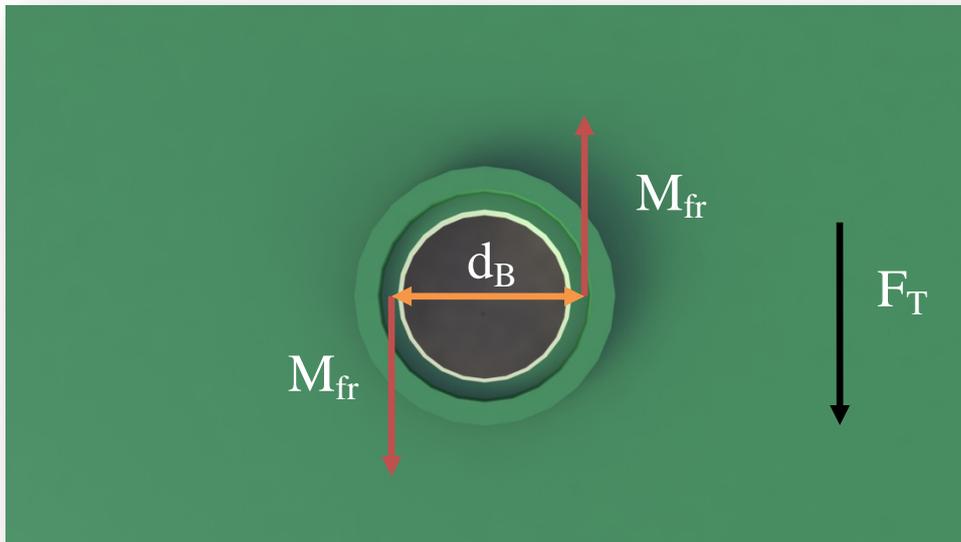


fig.II.23 : Présentation du couple de frottement

$$V = 20 \text{ m/min} = 0.066 \text{ m/s}$$

$$d_p = 64 \text{ mm} \Rightarrow r = 0.032 \text{ m}$$

$$d_r = 192 \text{ mm} \Rightarrow r = 0.096 \text{ m}$$

On a un diamètre extérieur de butée = 115mm et un diamètre intérieur = 80mm (Fig.II.22)

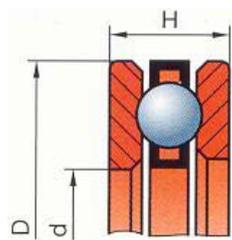


Fig.II.24 : Dimensionnement d'une butée

Le diamètre d'application des billes  $d_B = (D - d) / 2 = 97.5 \text{ mm}$

$$C_{mr} \geq C_{fr}$$

Où  $C_{mr}$  : le couple moteur de la roue

$$C_{fr} : \text{le couple de frottement} = 2 * F_{fr} * R_B$$

$$\text{Où } F_{fr} = (N/2) C_{fB}$$

$$\Rightarrow C_{fr} = (260) * 0.005 * 0.048 = 0.0624$$

Puissance de sortie  $P_2 = C_R * \omega_2 = 0.02 \text{ W}$   
 Le rendement totale  $\eta_t = \eta_E * \eta_P = 0.95 * 0.98 = 0.931$   
 La puissance du moteur  $P_1 = P_2 / \eta_t = 0.021 \text{ W}$   
 Le couple moteur  $C_m = P_1 / \omega_1$   
 Où  $\omega_1 = Z2 * \omega_2 / Z1 = 0.99$   
 $C_m = 0.021 / 0.99 = 0.021 \text{ Nm}$   
 Le couple adopté  $C_m = 2 * C_m = 0.042 \text{ Nm}$

## II.4. Dimensionnement des éléments du système :

### II.4.1. Le Distributeur :

#### ❖ Calcul de résistance :

Le distributeur a été conçu pour faire passer les pâtes, il est soumis à des efforts de flexion lors du passage des pâtes.

Nous avons utilisé le logiciel SolidWorks pour calculer et vérifier ces dimensions.

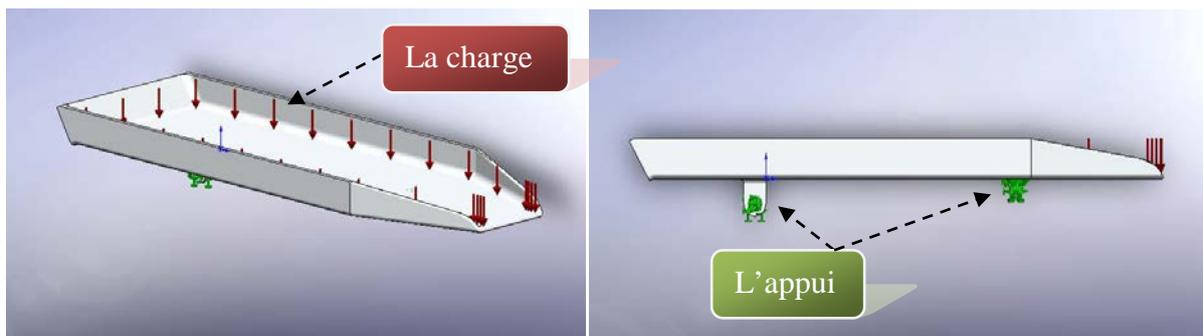


Fig.II.25 : représentation du problème

Nous avons constaté que la flèche max = 0.00126 mm qui est négligeable.

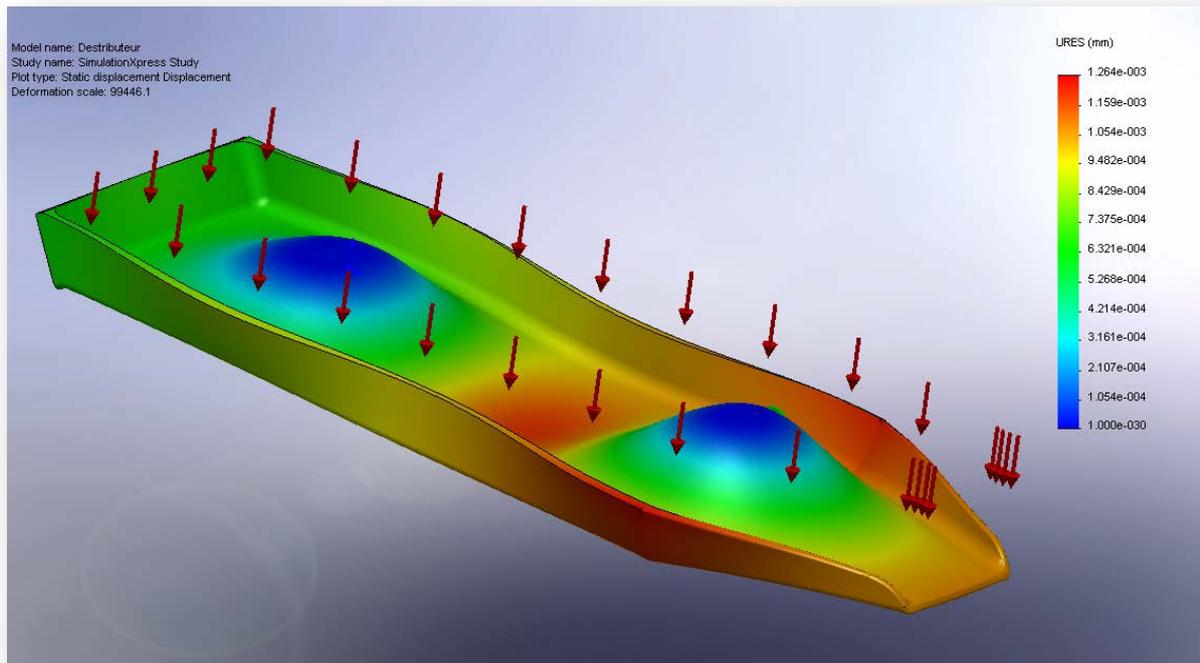


Fig.II.26 : résultat de déplacement U

❖ Dimensionnement du distributeur : voir annexe 4

### II.4.2. Le Bras :

Le bras conçu pour supporter le distributeur, il est soumis à des efforts de flexion

Nous avons utilisé le logiciel SolidWorks pour calculer et vérifier ces dimensions.

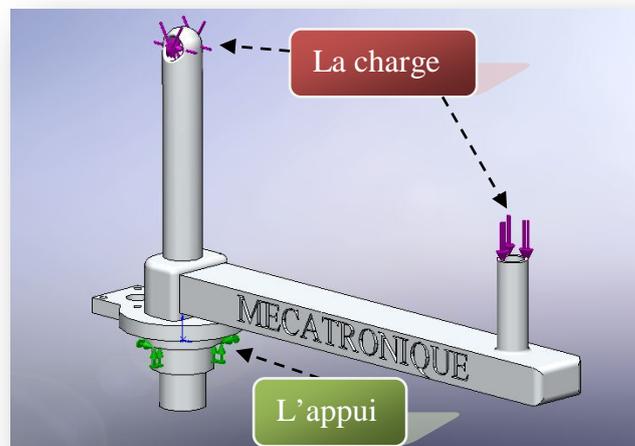


Fig.II.27 : représentation du problème

On a une flèche max = 0.4 mm qui est négligeable.

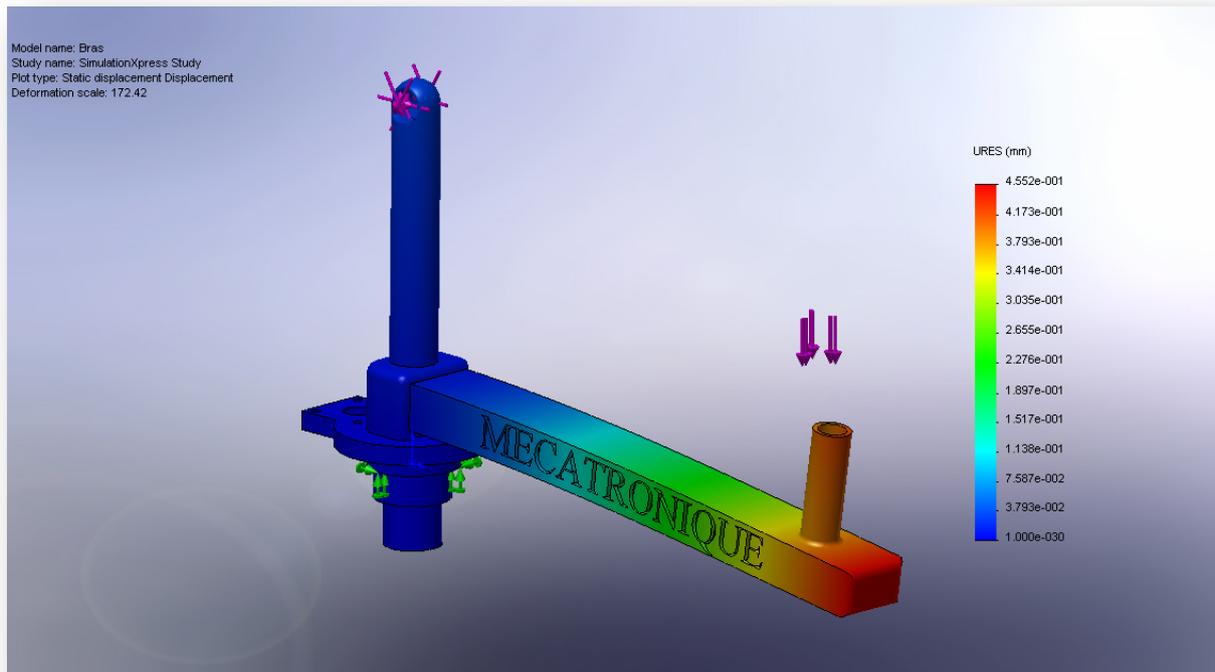


Fig.II.28 : résultat de déplacement U

❖ Dimensionnement du bras : voir annexe 5

### II.4.3. Le Chariot :

Le bras et le distributeur supportés par le chariot exercent sur lui une force qui génère une flexion.

Nous avons utilisé le logiciel SolidWorks pour calculer et vérifier ces dimensions.

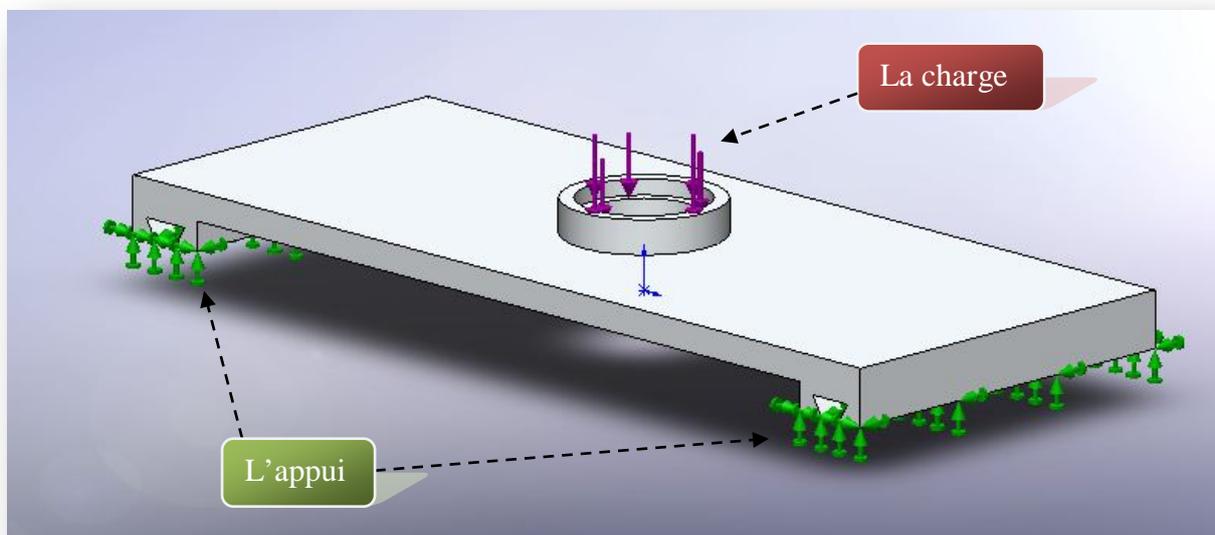


Fig.II.29 : représentation du problème

Nous avons une flèche = 0.016 qui est négligeable.

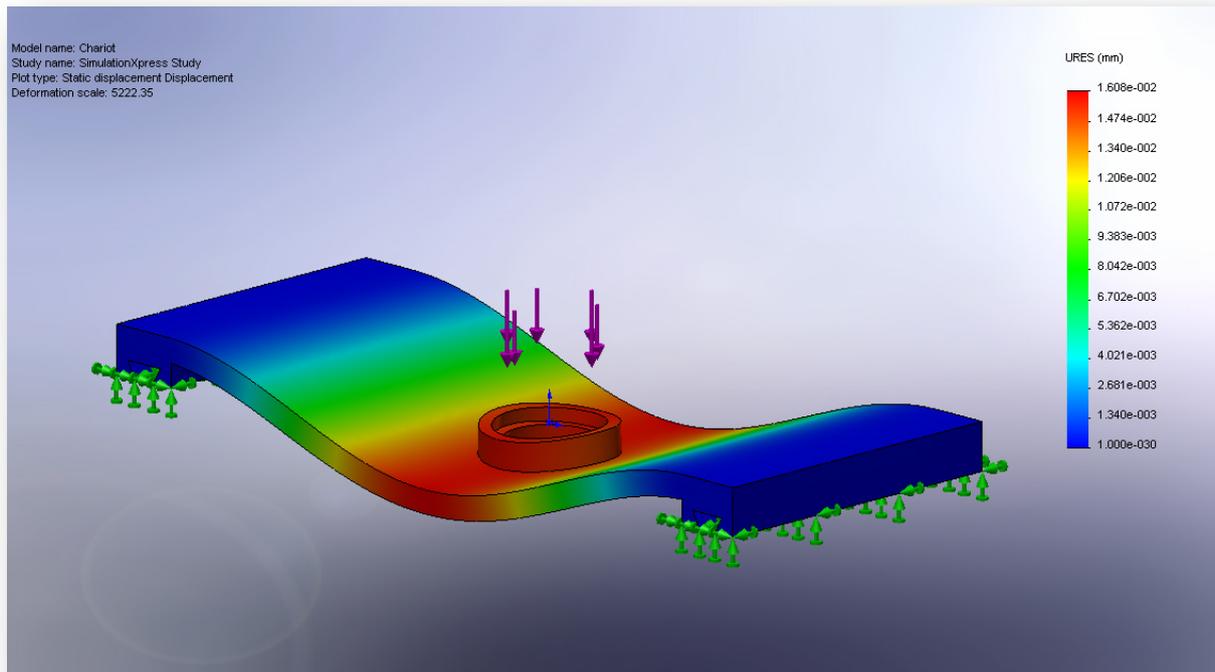


Fig.II.30 : résultat de déplacement U

- ❖ Dimensionnement du chariot : voir annexe 6

#### II.4.4.Support moteur

- ❖ Dimensionnement du chariot : voir annexe 7

#### II.4.5.Trémie

- ❖ Dimensionnement du chariot : voir annexe 8

#### II.4.6.Le Pignon et la couronne dentée

Nous avons proposé d'utiliser un pignon de diamètre primitif = 64 avec un module  $m=2$  pour cela nous avons un nombre de dent  $Z=32$

D'autre part nous avons choisi un rapport de transmission  $i=3= Zc/Zp$  donc la couronne dentée a un nombre de dent  $Z=96$

A partir des caractéristiques des pignons on a :

Le pignon :

$$D_p = 64\text{mm}$$

$$D_a = 68\text{mm}$$

$$D_f = 59\text{mm}$$

$$M = 2$$

La couronne dentée :

$$D_p = 192\text{mm}$$

$$D_a = 196\text{mm}$$

$$D_f = 187\text{mm}$$

#### II.4.7. Le Pignon et la Crémaillère

Nous avons proposé d'utiliser le même pignon avec les mêmes caractéristiques que de la couronne dentée donc :

$$D_p = 64\text{mm}$$

$$D_a = 68\text{mm}$$

$$D_f = 59\text{mm}$$

$$M = 2$$

Les caractéristiques de la crémaillère ont été détaillés dans la fig.II.7

#### II.5. Calcule et Choix de solution pour le montage

##### II.5.1. Distributeur-Bras

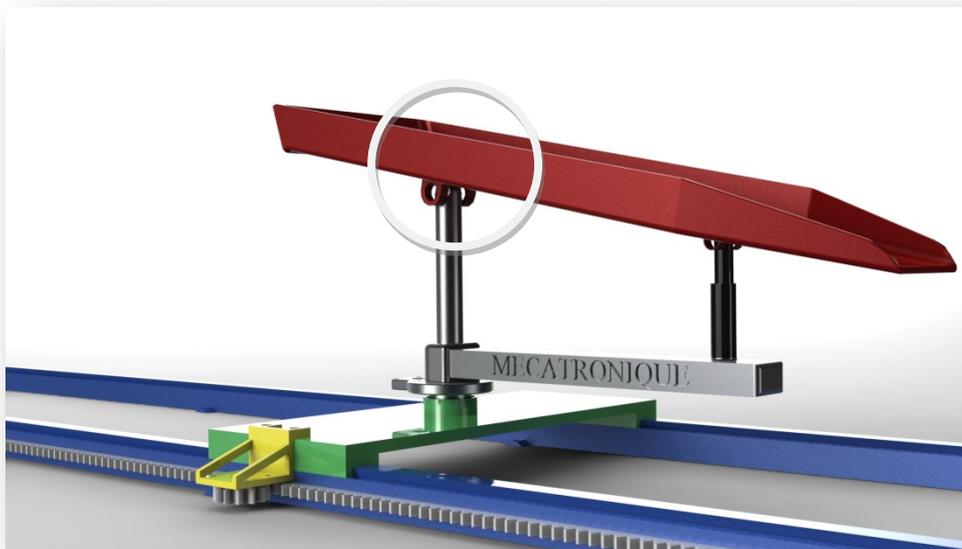


Fig.II.31 : Zone de montage, réalisé par SolidWorks

Nous avons une liaison rotoid entre le bras et le distributeur (la zone blanche dans fig.II.31), On utilise une goupille avec un ajustement H7j6, avec un épaulement d'un côté et un anneau élastique de l'autre.

La goupille a une longueur de 110 mm et 30mm de diamètre. Elle est soumise à des efforts de cisaillement, pour déterminer son diamètre on fait les calculs suivants:[6]

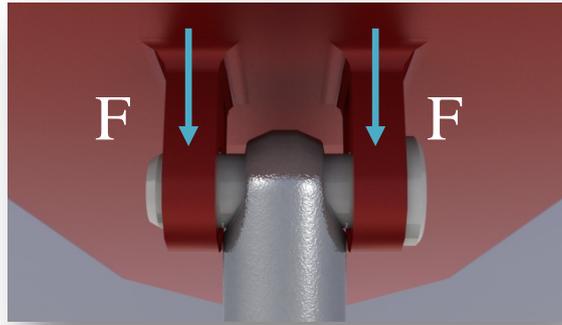


Fig.II.32 : Présentation des forces

$$\tau_c < [\tau_c]$$

$\tau_c$  : Contrainte de cisaillement calculée.

$[\tau_c]$ : contrainte admissible pour le XC48

$$[\tau_c] = \text{Reg}/S = 250/3 = 83.33 \text{ N/mm}^2$$

Où Reg : limite d'élasticité pour le glissement

S : coefficient de sécurité entre 2 et 5, nous allons prendre 3

$$\tau_c = F / (N * S)$$

Où F : la force radiale sur la goupille

S : La surface

N : Nombre de face de cisaillement = 2

$$S = (\pi * D^2) / 4$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * F}{[\tau_c] * 2 * \pi}} = \sqrt{\frac{4 * 170}{83.33 * 2 * \pi}} = 1.13$$

Pour des raisons de normalisation et d'assemblage, nous avons choisi de mettre une goupille de diamètre 30 mm.

L'assemblage distributeur-bras se fait comme suit dans la fig.II.33

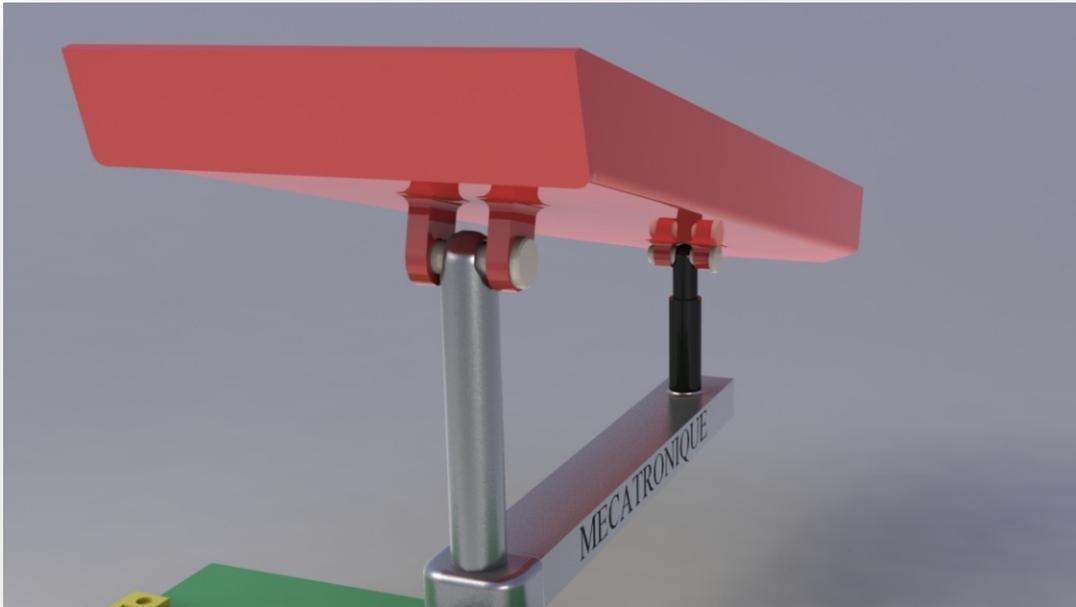


Fig.II.33 : Le montage distributeur-bras, réalisé par SolidWorks

### II.5.2.Vérin-Bras

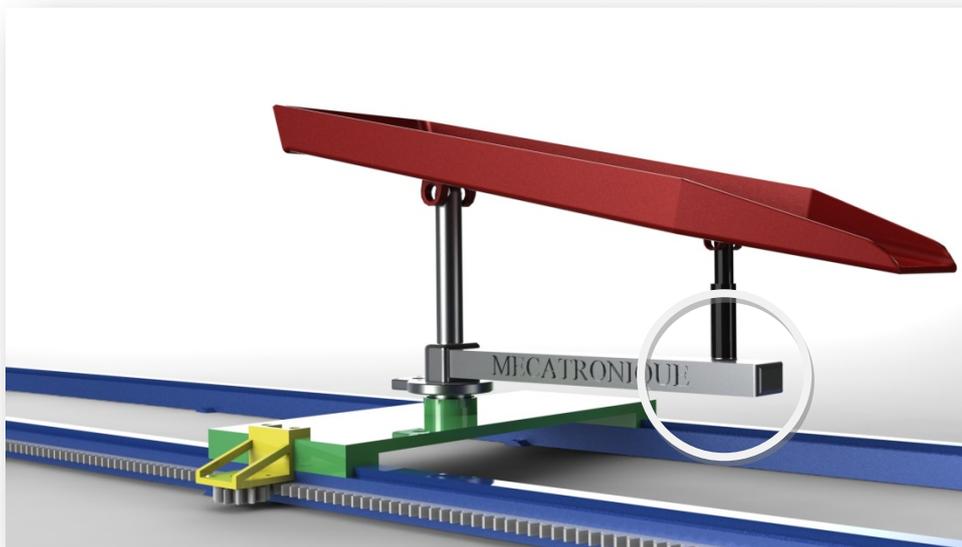


Fig II.34 : Zone de montage, réalisé par SolidWorks

A l'aide de plusieurs types d'accessoires de montage standards il est possible de monter un vérin d'une manière simple.

La figure Fig.II.35 donne un aperçu des types de montages pour un vérin normalisé.

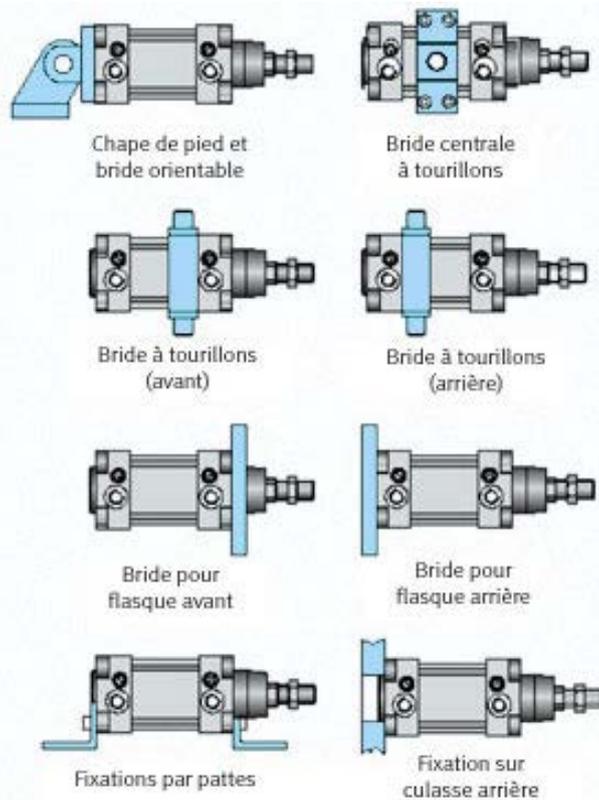


Fig.II.35 : Types d'accessoires de montage [7]

Nous avons choisi le montage par chape de pied car notre vérin est monté verticalement.

L'assemblage vérin-chape de pied se fait par un axe et deux cerclips.

Le montage chape de pied-bras assuré par de deux vis comme il est présenté dans la fig.VI.29

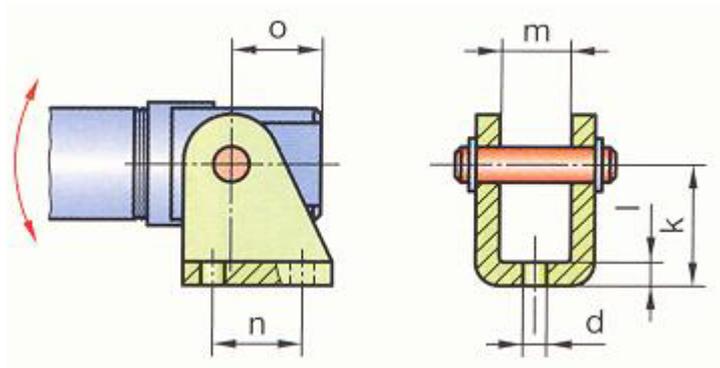


Fig.II.36 : Fixation par flasque arrière [1]

II.5.3. Vérin-Distributeur



Fig.II.37 : Zone de montage, réalisé par SolidWorks

Afin de permettre le montage de la tige du piston sur le distributeur, il existe plusieurs types d'accessoires de montage.

Les accessoires les plus courants sont la chape à rotule, la chape de tige, l'accouplement articulé et la flasque d'accouplement (fig.II.38)



Fig.II.38 : Accessoire pour fixations des tiges du piston [7]

Nous avons opté pour la chape à rotule avec les caractéristiques présentées sur la fig.II.39

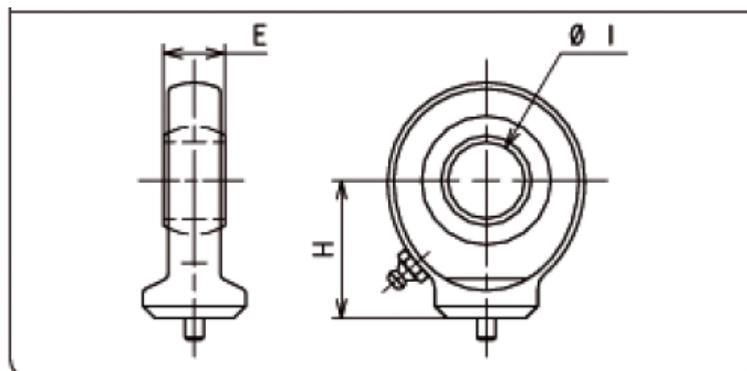


Fig.II.39 : La chape à rotule ou rotule industrielle

Pour notre distributeur la rotule à une référence : GK 30 DO voir tableau ci-dessous

REFERENCE REFERENZ REFERENCE	DESIGNATION BESCHREIBUNG DESIGNATION	ENCOMBREMENT			
		MASS			
		DIMENSION			
		I	H	E	L
GK 20 DO	ROTULE INDUSTRIELLE	20	38	16	
GK 25 DO	INDUSTRIE KUGELAUGEN	25	45	20	
GK 30 DO		30	51	22	
GK 35 DO	INDUSTRIAL BALL AND SOCKET	35	61	25	

Tab.II.3 : Caractéristiques de la rotule normalisée

Le montage :

La rotule industrielle assemblée avec le distributeur par une goupille garnie d'un épaulement d'un côté et d'un anneau élastique de l'autre. (cerclipse)

La goupille a une longueur de 80 mm et 22mm de diamètre. Elle est soumise à des efforts de cisaillement, pour déterminer son diamètre on fait les calculs suivants: [6]

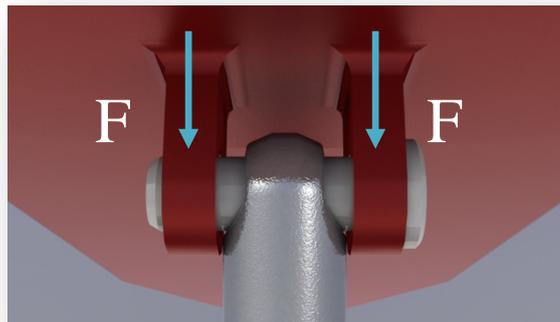


Fig.II.41 : Présentation des forces

$$\tau_c < [\tau_c]$$

$\tau_c$  : Contrainte de cisaillement calculée.

$[\tau_c]$ : contrainte admissible pour le XC48

$$[\tau_c] = \text{Reg}/S = 250/3 = 83.33 \text{ N/mm}^2$$

Où Reg : limite d'élasticité pour le glissement

S : coefficient de sécurité entre 2 et 5, nous allons prendre 3

$$\tau_c = F / (N * S)$$

Où F : la force radiale sur la goupille

S : La surface

N : Nombre de face de cisaillement = 2

$$S = (\pi * D^2)/4$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * F}{[\tau c] * 2 * \pi}} = \sqrt{\frac{4 * 170}{83.33 * 2 * \pi}} = 1.13$$

Pour des raisons de normalisation et d'assemblage, nous avons choisi de mettre un axe de diamètre 22 mm.

L'assemblage vérin-distributeur se fait comme suit dans la fig.II.42

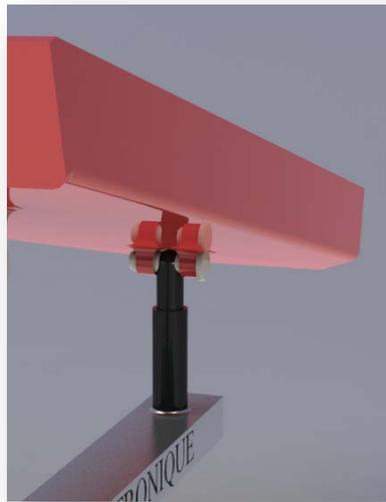


Fig.II.42 : Le montage vérin-distributeur, réalisé par SolidWorks

#### II.5.4.Bras-Chariot

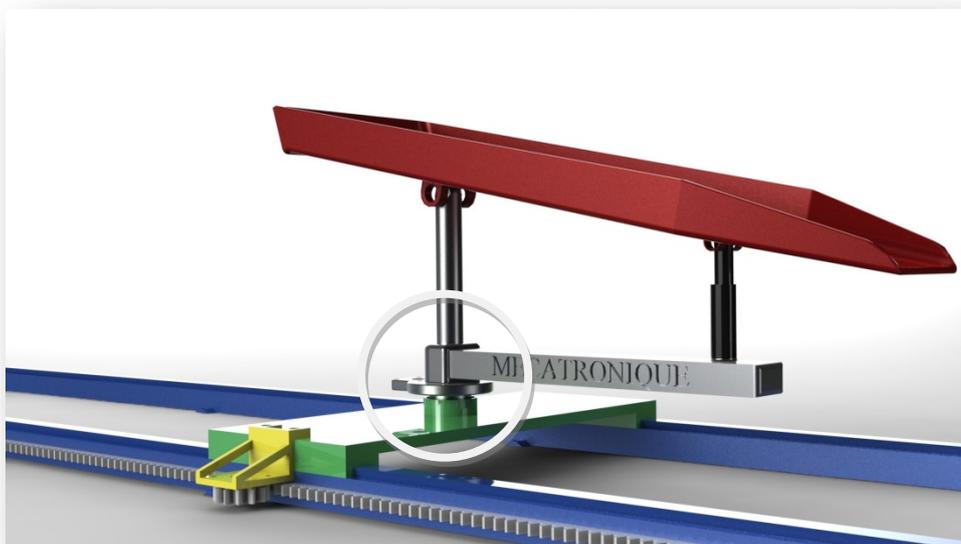


Fig.II.43 : Zone de montage, réalisé par SolidWorks

Pour assuré la rotation du bras par rapport au chariot il faut absorber la grande force axiale appliquée par le poids du bras et du distributeur et aussi la force radiale.

Pour cela nous avons choisi le roulement à butée et le roulement à une rangée de billes. Nous avons proposé une solution de montage démontrer dans la fig.II.44 :

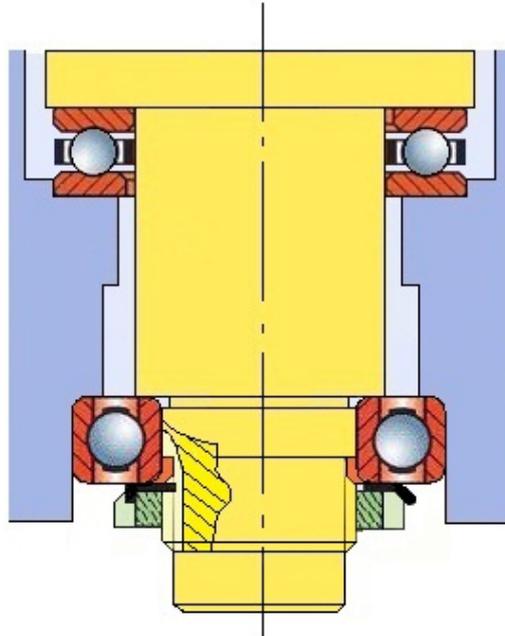


Fig.II.44 : solution de montage

### II.5.5.Support moteur-Chariot :

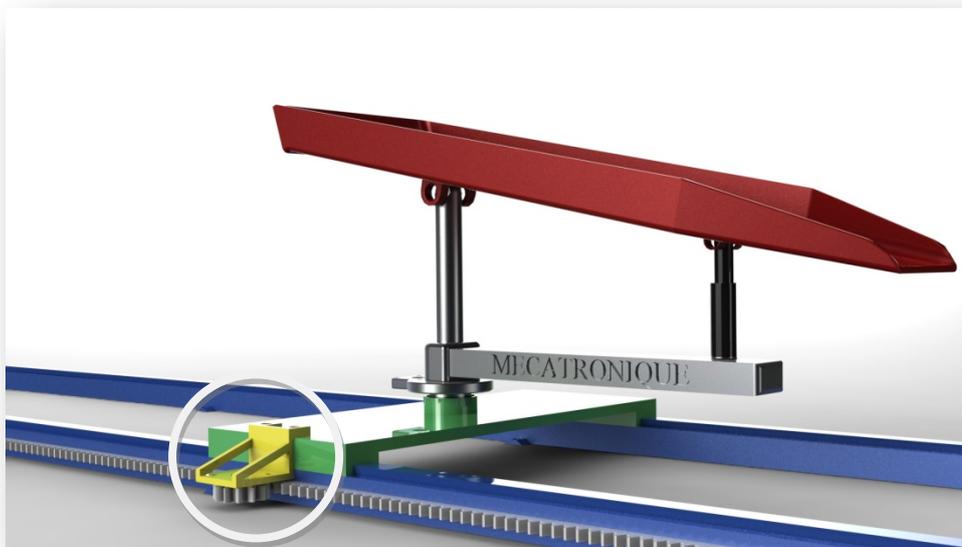


Fig.II.45 : Zone de fixation, réalisé par SolidWorks

Nous avons choisi deux vis tête cylindrique bombée M8 avec une longueur  $L = 35\text{mm}$  et une longueur filetée  $l = 32\text{mm}$

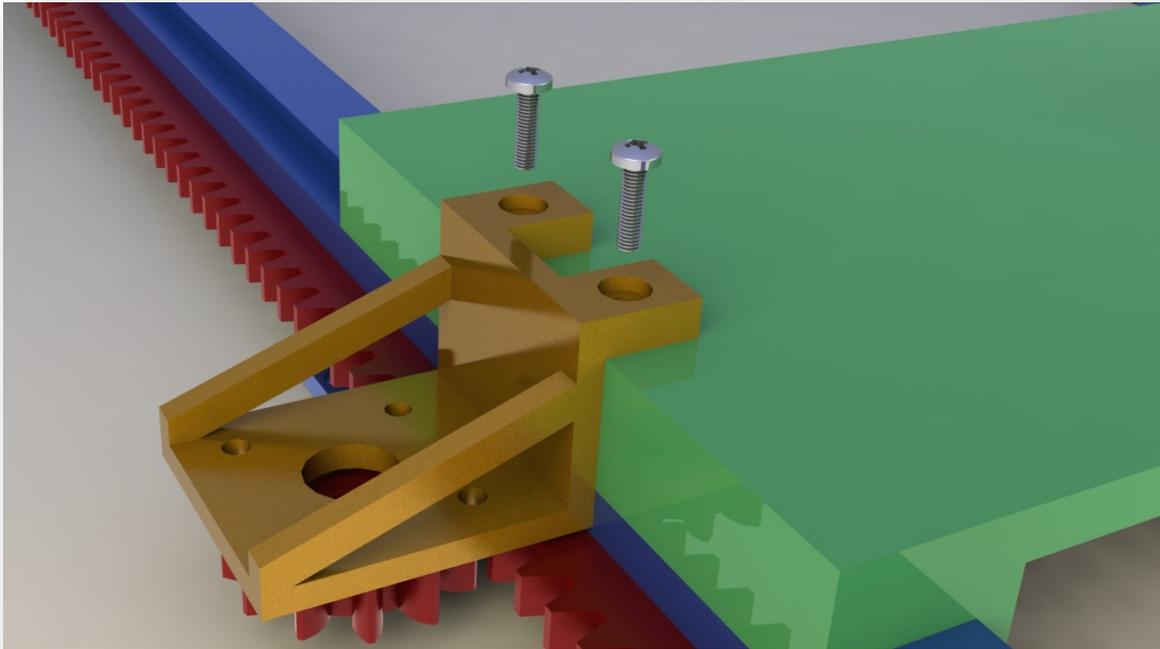


Fig.II.46 : fixation support moteur, réalisé par SolidWorks

### II.5.6.Fixation de la crémaillère



Fig.II.48 : Zone de fixation, réalisé par SolidWorks

Comme nous ne pouvons pas d'utiliser une seule crémaillère de 4000 mm, nous utiliserons deux crémaillères de 2000 mm

Pour fixer la crémaillère sur la glissière on a opté pour des vis à têtes bombées en A33 d'usage générale et de mettre deux vis par crémaillère.

Pour déterminer le diamètre des vis, nous faisons ce calcul d'après les conditions de résistance.

Le calcul: [3]

$$\tau = F/S < [\tau]$$

Où  $[\tau]$  : condition de cisaillement admissible  $[\tau] = 0.8 [\sigma]$

F : l'effort tangentiel sur la dent

S : section cisailée

$$\text{Avec } S = \frac{\pi * D^2 * Z * N}{4}$$

Z : nombre de surface cisailé =1

N : nombre de vis =3

$$\frac{4 * F}{\pi * D^2 * Z * N} < [\tau] \Rightarrow D \geq \sqrt{\frac{4 * F}{\pi * [\tau] * Z * N}}$$

$$[\sigma] = \frac{Re}{S}$$

Re: la limite élastique (A33) = 240N/mm<sup>2</sup>

S : Coef De sécurité entre 1 et 5, on prend S =4

$$[\sigma] = \frac{240}{4} = 60\text{N/mm}^2$$

$$D \geq \sqrt{\frac{4 * 25}{\pi * 60 * 1 * 3}}$$

$$D \geq 1.33 \text{ mm}$$

Pour des raisons de normalisation, nous avons choisi de mettre des vis M6 qui satisfassent aux conditions de résistance, en plus de deux doigts de positionnement par crémaillère.

### II.5.7. Fixation du pignon avec l'arbre moteur

Nous utilisons une clavette (Fig.II.49)

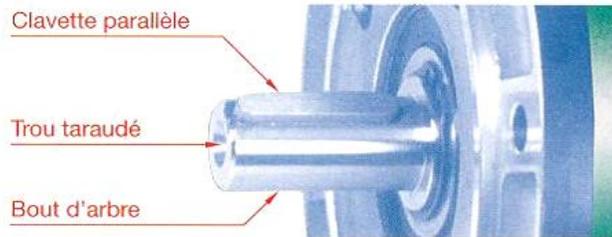


Fig.II.49 : Arbre moteur

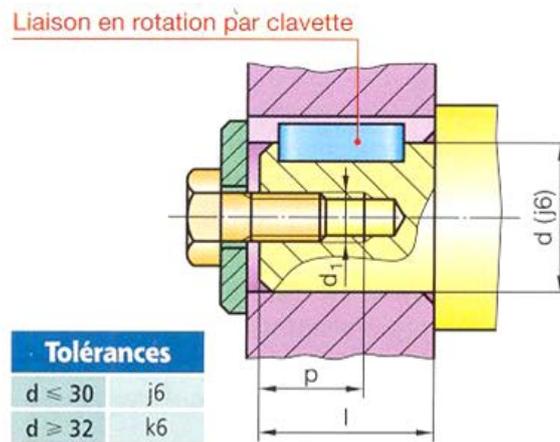


Fig.II.50 : dessin descriptif d'une liaison en rotation par clavette

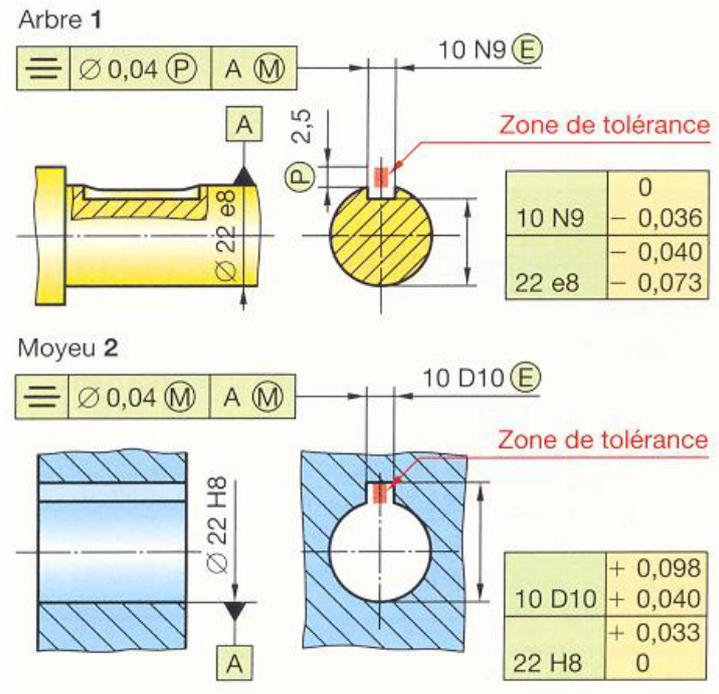


Fig.II.51 : Dessin de définition partiel [1]

Calcul d'une clavette [2]

La largeur d'une clavette étant liée, par normalisation, au diamètre de l'arbre, il convient de calculer la longueur de la clavette.

Soit une clavette parallèle, à bouts droits, utilisée pour la liaison en rotation d'un moyeu sur un arbre.

On a le taux de rotation  $w$  est constant, le couple transmis sera calculé:

$$C = N.m$$

L'effort tranchant  $T$ , applique sur la clavette est :

$$T = 2 C/d \text{ (en N)} = 2 P/dw$$

La section de la clavette, à la condition de résistance au cisaillement, appelant  $T$  la résistance limite tangentielle du matériau constituant la clavette, sera :

$$S \geq T/\tau \text{ (en mm}^2 \text{ si } T \text{ en N et } \tau \text{ en N/mm}^2\text{)}$$

La longueur de la clavette est donc donnée par la relation :

$$l \geq S/a = T/\tau a = 2 P/d\omega\tau a \text{ (en mm)}$$

Ou  $P$  s'exprime en  $W$

$d$  en  $m$

$w$  en  $rad/s$

$T$  en  $N/mm$

$a$  la largeur de la clavette en  $mm$ .

Il convient de plus de vérifier la condition de non-matage de la clavette. Appelant  $\sigma_{mat}$  cette pression limite à ne pas dépasser et  $b$  la hauteur totale de la clavette en  $mm$  :

$$l \geq \frac{4 P \text{ (en N/mm}^2\text{)}}{d \cdot \omega \cdot \sigma_{mat} b} \text{ (en mm) .}$$

Les matériaux recommandés pour les clavettes doivent avoir une charge de rupture supérieure a  $600 N/mm^2$ .

Les contraintes de cisaillement admissibles varient généralement en fonction du type d'assemblage (rigide ou mobile) et de l'allure de la charge.

Allure de la charge		
douce	à coups faibles	dynamique
120	90	55

Tab.II.4 : valeurs de  $t$  admissible

Les valeurs des pressions admissibles doivent être prises sur le matériau ayant les caractéristiques les plus faibles (soit l'arbre, soit le moyeu) :

$$e_{r_{mat}} = 150 N/mm^2 \text{ pour acier doux et fonte}$$

$$e_{r_{mat}} = 200 N/mm^2 \text{ pour acier coule.}$$

	Clavetage		
	Libre	Normal	Serré
Sur l'arbre	H9	N9	P9
Sur le moyeu	D10	Js9	P9

Les tolérances sont indiquées en micromètres ( $\mu\text{m}$ ).

Tab.II.5 : Tolérances sur a

### II.5.8 : Accouplement

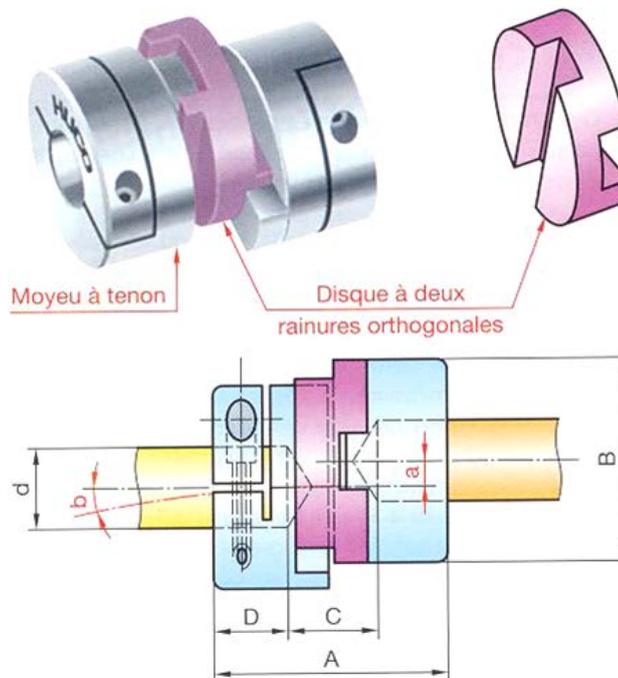


Fig.II.52 : Accouplement

Les calculs :

On pose que le diamètre d'arbre de sortie réducteur (avant l'accouplement) et le diamètre d'arbre de sortie accouplement (arbre récepteur) sont égaux.

Le couple d'accouplement  $C_{\text{accouplement}} = K * C_{\text{mot}} \leq C_{t \text{ max}}$  (N.m)

K : facteur de service

$C_{t \text{ max}}$  : couple max pouvant être supporté par l'accouplement (donner par le constructeur sur son catalogue)

$C_{\text{accouplement}} = 1.3 * 0.8 = 1.09 \leq 1.9$  est vérifié



# Chapitre III

## Instrumentation

III20 III10191011

### III.1. Les capteurs :

#### III.1.1. Introduction :

Les capteurs sont les premiers éléments rencontrés dans une chaîne de mesure. Ils transforment les grandeurs physiques ou chimiques d'un processus ou d'une installation en signaux électriques au départ presque toujours analogiques.

Cette transformation doit être le reflet aussi parfait que possible de ces grandeurs. Cet objectif n'est atteint que si l'on maîtrise en permanence la réponse des capteurs qui peut être affectée par des défauts produits par les parasites qui se superposent au signal, par les conditions d'utilisation, par le processus lui-même et par le milieu qui l'entoure.

Nous abordons dans ce chapitre quelques-uns des principes qui permettent de mettre correctement en œuvre les capteurs.

Les bases de ces principes reposent sur l'étalonnage, l'évaluation des incertitudes, le calcul des temps de réponse et le conditionnement.

Notre propos vise surtout à donner au lecteur un guide assez général, certains calculs et de nombreux problèmes d'instrumentation ou de traitement du signal ne sont que cités, le lecteur trouvera dans la suite de cet ouvrage les développements nécessaires.

#### III.1.2. Généralités

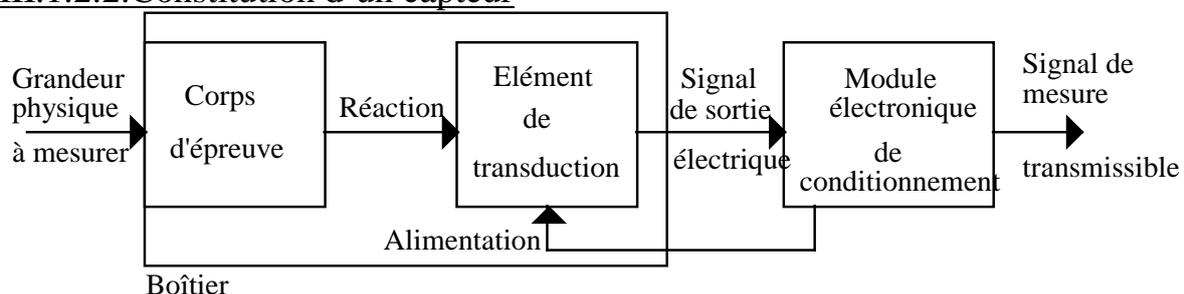
##### III.1.2.1. Définitions fondamentales

La quantité que l'on cherche à mesurer sera appelée le mesurande, soit  $m$ . Le but assigné au capteur est de convertir  $m$  en une grandeur électrique que l'on appellera  $s$ .

La mesure  $s$  peut être une impédance, une charge électrique, un courant ou une différence de potentiel. La relation qui lie  $s$  à  $m$ , soit  $s = F(m)$ , dépend :

- ❖ De la loi physique régissant le capteur
- ❖ De la construction pratique du capteur
- ❖ De l'environnement du capteur

##### III.1.2.2. Constitution d'un capteur



- ❖ Corps d'épreuve : élément mécanique qui réagit sélectivement à la grandeur à mesurer (appelée aussi mesurande).  
But: transformer la grandeur à mesurer en une autre grandeur physique dite mesurable.
- ❖ Élément de transduction : élément sensible lié au corps d'épreuve. Il traduit les réactions du corps d'épreuve en une grandeur électrique constituant le signal de sortie.
- ❖ Boîtier : élément mécanique de protection, de maintien et de fixation du capteur.
- ❖ Module électronique de fonctionnement : il a, selon les cas, les fonctions suivantes :
  - alimentation électrique du capteur ( si nécessaire )
  - mise en forme et amplification du signal de sortie
  - filtrage, amplification
  - conversion du signal (CAN,...)

### III.1.2.3.Mode de fonctionnement des capteurs :

Les capteurs fonctionnent selon deux principes de base suivant l'origine du signal électrique de sortie. On distingue :

- les capteurs actifs fonctionnant en générateur
- les capteurs passifs fonctionnant en modulateur.

Dans les capteurs actifs; une partie de l'énergie physique prélevée sur la mesurande est transformée directement en une énergie électrique qui constitue le signal de sortie. Ce signal est un courant, une tension ou une quantité d'électricité. Les signaux de sortie délivrés par les capteurs actifs sont de faible puissance. Ils sont dits de bas niveau et doivent être amplifiés pour pouvoir être ensuite transmis à distance.

Dans les capteurs passifs, c'est l'impédance du capteur qui est sensible aux variations du mesurande. Ces variations d'impédance ne sont mesurables que par l'intermédiaire d'un circuit électronique de préconditionnement. Les capteurs passifs doivent être alimentés par une source d'énergie extérieure. Cette source peut être une tension continue ou modulée en fréquence.

Ces modes de fonctionnement correspondent à des principes de base et s'adapte essentiellement aux capteurs à sortie analogique. Le mode de fonctionnement des capteurs à sortie numérique et logique sont des cas particuliers.

#### III.1.2.4. Classification suivant type de sortie :

Les capteurs et leur conditionneur peuvent aussi faire l'objet d'une classification par type de sortie

##### III.1.2.4.1. Capteurs analogiques:

La sortie est une grandeur physique dont la valeur est proportionnelle à la grandeur physique mesurée par le capteur. La sortie peut prendre une infinité de valeurs continues.

Le signal des capteurs analogiques peuvent être du type:

- ✓ sortie tension
- ✓ sortie courant
- ✓ régie graduée, cadran, jauge (avec une aiguille ou un fluide)
- ✓ ...etc.,

##### III.1.2.4.2. Capteurs numériques :

La sortie est une séquence d'états logiques qui, en se suivant, forment un nombre. La sortie peut prendre une infinité de valeurs discrètes. Le signal des capteurs numériques peuvent être du type :

- ✓ train d'impulsions, avec un nombre précis d'impulsions ou avec une fréquence précise
- ✓ code numérique binaire
- ✓ bus de terrain
- ✓ ...etc.

##### III.1.2.4.3. Capteurs logiques :

Ou capteurs TOR. La sortie est un état logique que l'on note 1 ou 0. La sortie peut prendre deux de valeurs, évidemment discrètes. Le signal des capteurs logiques peuvent être du type :

- ✓ courant présent/absent dans un circuit
- ✓ potentiel, souvent 5V/OV
- ✓ DEL allumée/éteinte
- ✓ signal pneumatique (pression normale/forte pression)
- ✓ ...etc.

### III.1.3.Choix d'un capteur

Le choix d'un capteur approprié s'effectue en vérifiant que ses caractéristiques métrologiques sont compatibles avec les conditions imposées par le cahier des charges. Ces conditions sont de deux types :

- conditions sur la mesurande
- conditions sur l'environnement de mesure.

#### III.1.3.1. Critères de choix :

Parmi les principaux et nombreux facteurs qui interviennent dans le choix d'un détecteur, citons :

- ✓ les conditions d'exploitation, caractérisées par la fréquence de manœuvres, la nature, la masse et la vitesse du mobile à contrôler, la précision et la fidélité exigées.
- ✓ l'effort nécessaire pour actionner le contact.
- ✓ la nature de l'ambiance, humide, poussiéreuse, corrosive, ainsi que la température.
- ✓ le niveau de protection recherché contre les chocs, les projections de liquides.
- ✓ le nombre de cycles de manœuvres.
- ✓ la nature du circuit électrique,
- ✓ le nombre et la nature des contacts.
- ✓ la place disponible pour loger, fixer et régler l'appareil.

La démarche d'aide au choix s'établit en deux temps :

Phase 1 : détermination de la famille de détecteurs adaptée à l'application

Phase 2 : détermination du type et de la référence du détecteur recherché

- l'environnement: température, humidité, poussières, projections diverses.
- la source d'alimentation : alternative ou continue.
- le signal de sortie : électromécanique, statique.
- le type de raccordement: câble, bomier, connecteur.

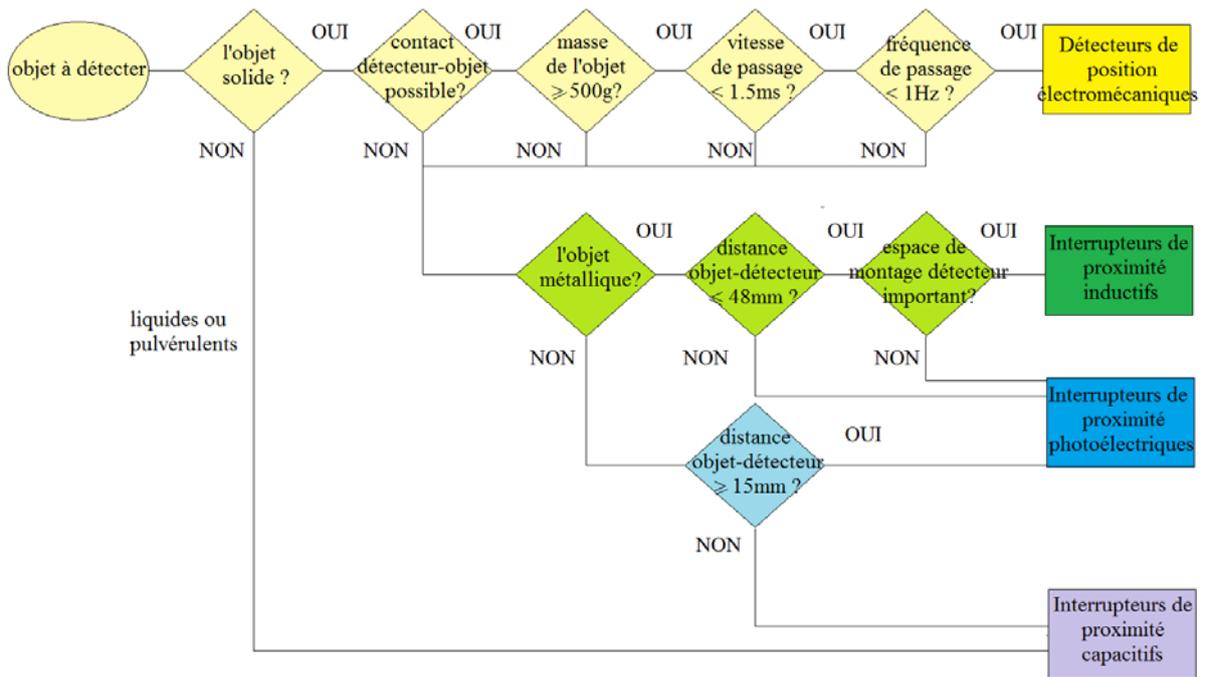


Fig.III.1: Méthode de choix du capteur

### III.1.3.2. Les détecteurs de position :

#### Caractéristiques:

Les capteurs mécaniques de position, appelés aussi interrupteurs de position, sont surtout employés dans les systèmes automatisés pour assurer la fonction détecter les positions. On parle aussi de détecteurs de présence.

Ils sont réalisés à base de microcontacts placés dans un corps de protection et muni d'un système de commande ou tête de commande.

On peut appeler aussi Les interrupteurs fin de course servent souvent à limiter les déplacements des mécanismes du processus. Ils sont aussi destinés à protéger les mécanismes contre les ruptures de leurs éléments en cas de dépassement des limites admissibles. Pour limiter le déplacement

#### Avantage:

- ✓ sécurité de fonctionnement élevée : fiabilité des contacts et manœuvre positive d'ouverture.
- ✓ bonne fidélité sur les points d'enclenchement (jusqu'à 0,01 mm).
- ✓ séparation galvanique des circuits.
- ✓ bonne aptitude à commuter les courants faibles, combinée à une grande endurance électrique.
- ✓ tension d'emploi élevée.
- ✓ mise en œuvre simple, fonctionnement visualisé.

- ✓ grande résistance aux ambiances industrielles.

Utilisations :

Les plus significatives se rencontrent dans la mécanique et la machine-outil (usinage, manutention, levage), dans l'agro-alimentaire et la chimie (conditionnement, emballage), sur des types d'applications relevant de :

- la détection de pièces machines (comes, butées, pignons).
- la détection de balancelles, chariots, wagons.
- la détection directe d'objets.

Principe:

C'est un commutateur, commande par le déplacement d'un organe de commande (corps d'épreuve). Lorsque le corps d'épreuve est actionné, il ouvre ou ferme un contact électrique.

De nombreux modèles peuvent être associés au corps : tête a mouvement rectiligne, angulaire ou multidirection associée a différents dispositifs d'attaque (a poussoir, a levier, a tige).

La tête de commande et le dispositif d'attaque sont déterminés a partir de :

- la forme de l'objet: came 30°, face plane, forme quelconque.
- la trajectoire de l'objet: frontale, latérale, multidirectionnelle.
- la précision de guidage.

L'information donnée par ce type de capteur est de type tout ou rien et peut être électrique ou pneumatique.



Fig.III.2: Gamme des capteurs de position

### III.1.3.3. Les interrupteurs de proximité inductifs :

#### Caractéristiques :

Ce type de capteur est réservé à la détection sans contact d'objets métalliques.

L'objet est donc à proximité du capteur mais pas en contact contrairement à un détecteur de position.

#### Avantage :

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

#### Utilisations:

Machine-outil, robotique, chimie fine, agro-alimentaire, domaines d'applications de l'usinage, manutention, assemblage, convoyage.

#### Principe:

La technologie des détecteurs de proximité inductifs est basée sur la variation d'un champ magnétique à l'approche d'un objet conducteur du courant électrique. Il produit à l'extrémité de leur tête de détection un champ magnétique oscillant, ce champ est généré par une self et une capacité montée en parallèle.

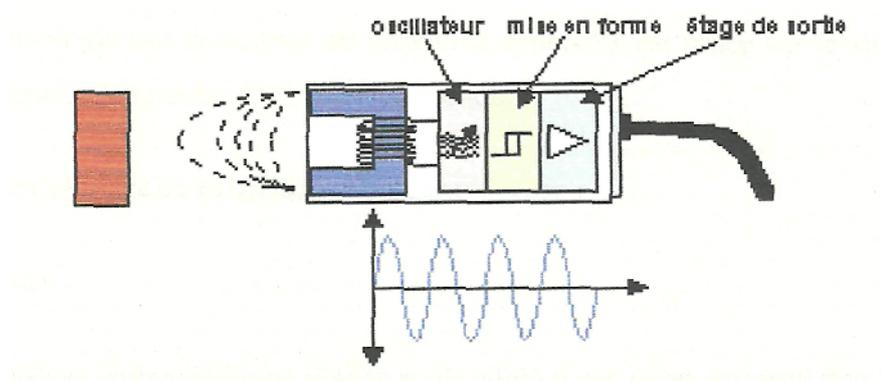


Fig.III.3: Principe de capteur de proximité inductif

#### III.1.3.4. Les interrupteurs de proximité capacitifs:

##### Caractéristiques:

Les interrupteurs capacitifs présentent l'avantage de pouvoir détecter a courte distance la présence de tous types d'objets. L'objet est donc a proximité du capteur mais pas en contact contrairement a un détecteur de position.

##### Avantage :

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

##### Utilisations :

- contrôle de remplissage de liquides dans des flacons ou des cuves.
- détection de la présence de matériaux pulvérulents dans des trémies.

Les domaines d'utilisation les plus significatifs se rencontrent dans l'agroalimentaire, la chimie, la transformation des matières plastiques, le bois, les matériaux de construction.

##### Principe:

La technologie des détecteurs de proximité capacitifs est basée sur la variation d'un champ électrique a l'approche d'un objet quelconque.

#### III.1.3.5. Les interrupteurs de proximité photoélectriques:

##### Caractéristiques :

Un détecteur photoélectrique réalise la détection d'une cible, qui peut être un objet ou une personne, au moyen d'un faisceau lumineux. Les détecteurs photoélectriques se composent essentiellement d'un émetteur de lumière associe a un récepteur photosensible. La détection est effective quand l'objet pénètre dans le faisceau lumineux et modifie suffisamment la quantité de lumière reçue par le récepteur pour provoquer un changement d'état de la sortie.

Elle est réalisée selon deux précédés :

- ✓ biocage du faisceau par la cible.
- ✓ renvoi du faisceau sur le récepteur par la cible.

Avantage:

- ✓ pas de contact physique avec l'objet détecté.
- ✓ détection d'objets de toutes formes et de matériaux de toutes natures.
- ✓ détection a très grande distance.
- ✓ sortie statique pour la rapidité de réponse ou sortie à relais pour la commutation de charges jusqu'a 2 A.
- ✓ généralement en lumière infrarouge invisible, indépendante des conditions d'environnement

Utilisations :

- détection d'objets et de produits dans la manutention et le convoyage.
- détection de pièces dans les secteurs de la robotique.
- détection de personnes, de véhicules ou d'animaux dans les secteurs des ascenseurs et du bâtiment en général.

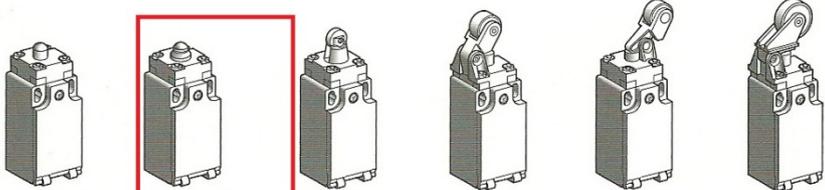
III.1.4.Choix de nos capteurs

A partir de la méthode de choix du capteur présenté dans la fig.III.1 nous avons choisi nos capteurs comme suit :

➤ Capteurs pour les fins de courses

Nous avons deux capteurs qui sont positionnés à l’extrémité de la glissière placés avec précision et à un endroit bien déterminé.

Nous avons une gamme de type XCK-P en plastique à double isolations, conforme CENELEC EN 50047 avec tête à mouvement rectiligne.



Dispositif de commande	A poussoir métallique	A poussoir en acier avec soufflet en caoutchouc	A poussoir à galet en thermo-plastique	A levier à galet en thermoplastique, 1 sens d'attaque latérale	A levier à galet en thermoplastique, 1 sens d'attaque verticale	A levier à galet en thermoplastique, 2 sens d'attaque latérale et verticale
Références ( ⊕ contact "O" à manœuvre positive d'ouverture)						
Contact bipolaire "O + F" à action brusque	XCK-P110 ⊕	XCK-P111 ⊕	XCK-P102 ⊕	XCK-P121 ⊕	XCK-P127 ⊕	XCK-P128 ⊕
Contact bipolaire "O + F" décalés à action dépendante	XCK-P510 ⊕	XCK-P511 ⊕	XCK-P502 ⊕	XCK-P521 ⊕	XCK-P527 ⊕	XCK-P528 ⊕
Masse (kg)	0,055	0,055	0,055	0,060	0,060	0,060

Fig.III.4 : La gamme XCK-P du mouvement rectiligne [5]

Nous avons choisi le capteur de type XCK-P111 a poussoir en acier avec soufflet en caoutchouc et a contact bipolaire à action brusque. Ce capteur avec son caractéristique et structure géométrique capable de jouer son rôle suffisamment.

En plus, nous avons 5 capteurs fixés sur le bras pour nous permettre de le positionner exactement sur les ouvertures des silos.

Nous avons une gamme de type XCK-P en plastique à double isolations, conforme CENELEC EN 50047 avec tête à mouvement angulaire.

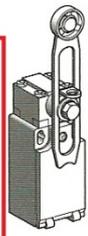
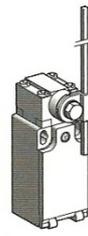
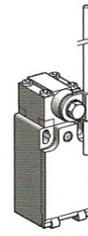
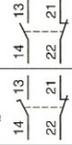
Avec tête à mouvement	Angulaire				Multi-directions
					
Dispositif de commande	A levier à galet en thermoplastique (1)	A levier à galet en thermoplastique de longueur variable (2)	A tige carrée $\varnothing 3$ mm en acier (2)	A tige ronde $\varnothing 3$ mm en fibre de verre (2)	A tige souple à ressort
	(1) Réglage sur 360° de 5 en 5° ou tous les 90° par retournement de la rondelle crantée (2) Réglage sur 360° de 5 en 5°				
<b>Références</b> (⊖ contact "O" à manœuvre positive d'ouverture)					
Contact bipolaire "O + F" à action brusque	 XCK-P118 ⊖	XCK-P145 ⊖	XCK-P154 ⊖	XCK-P155	XCK-P106
Contact bipolaire "O + F" décalés à action dépendante	 XCK-P518 ⊖	XCK-P545 ⊖	XCK-P554 ⊖	XCK-P555	XCK-P506
Masse (kg)	0,070	0,080	0,075	0,060	0,065

Fig.III.5 : La gamme XCK-P du mouvement angulaire [5]

Nous avons opté pour le capteur XCK-P118 à levier à galet en thermoplastique à contact bipolaire à action dépendante. Ce capteur avec son caractéristique et structure géométrique capable de jouer son rôle suffisamment.

➤ Capteurs de niveau:

Nous avons opté pour 8 photocellules, pour nous donner le niveau de chargement de chaque silo.

Nous avons opté pour la photocellule de mark Osiris de type XUL et de système de proximité a 0.7 m



Système	Réflex 1	Réflex polarisé 1	Proximité 2
Type d'émission	Infrarouge	Rouge	Infrarouge
Portée nominale (Sn)	6 m (avec réflecteur Ø 80 mm)	4 m (avec réflecteur Ø 80 mm)	0,7 m
Références des connecteurs à raccordement par câble			
Type 2 fils	Fonction claire	XUL-A06021	XUL-A040219
Type 2 fils	Fonction sombre	XUL-A06011	XUL-A040119
Masse (kg)	0,195	0,195	0,195
Références des connecteurs à raccordement par connecteur			
Type 2 fils	Fonction claire	XUL-A06021K	XUL-A040219K
Type 2 fils	Fonction sombre	XUL-A06011K	XUL-A040119K
Masse (kg)	0,135	0,135	0,135

Fig.III.6 : Catalogue de photocellules [5]

### III.1.5.Fixation de capteurs

Nous avons choisi des interrupteurs de fin de course actionnés par poussoir, la force doit être appliquée autant que possible dans le prolongement de l'axe du poussoir.

Pour cela nous avons réalisé une butée fixée à côté du poussoir et une butée mobile avec le chariot dans le même axe

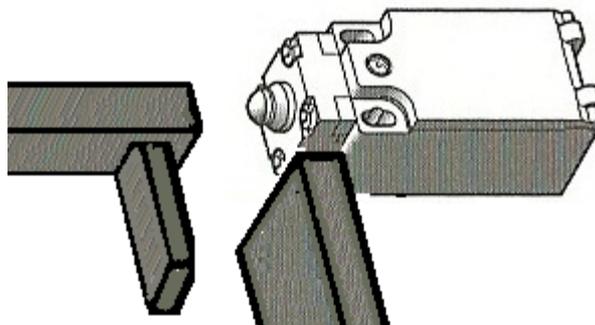


Fig.III.7 : montage de capteur

Les deux capteurs seront fixés horizontalement aux deux extrémités de la glissière.

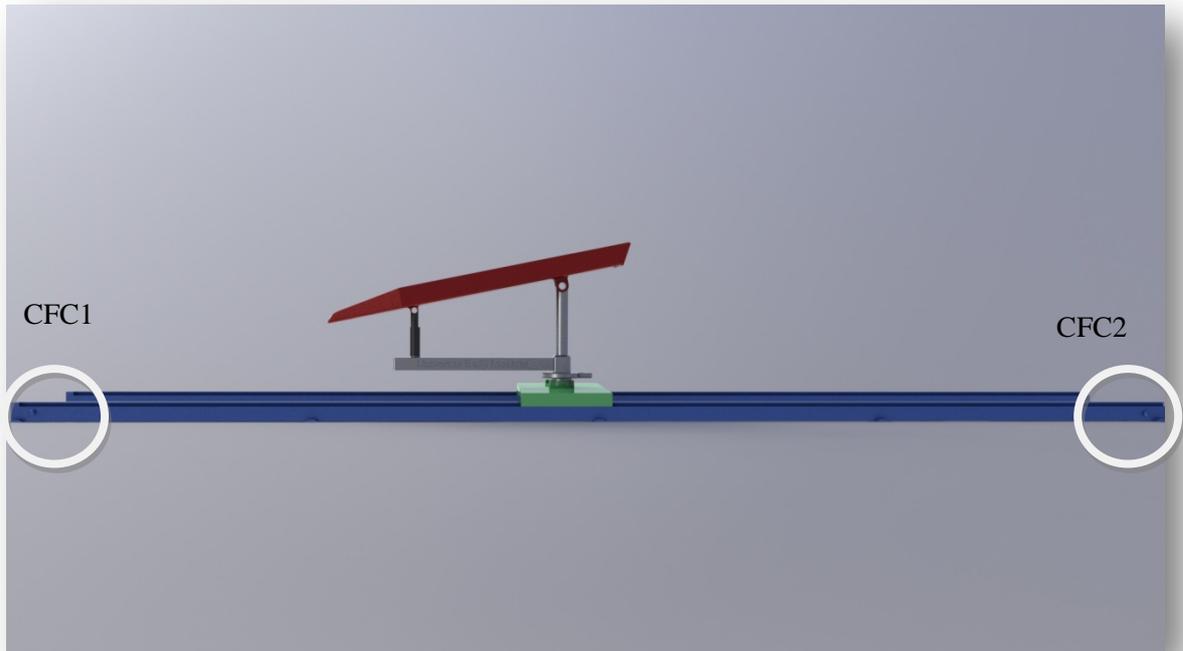


Fig.III.8 : Zone d'installation, réalisé par SolidWorks

On a 5 capteurs de fin de course de bras, (CP1, CP2, CP3, CP4) ils seront fixés de façon à se qu'ils assurent le positionnement du bras au niveau des ouvertures des silos, (CP0) fixé au milieu du chariot pour mettre le bras a sa position initiale.

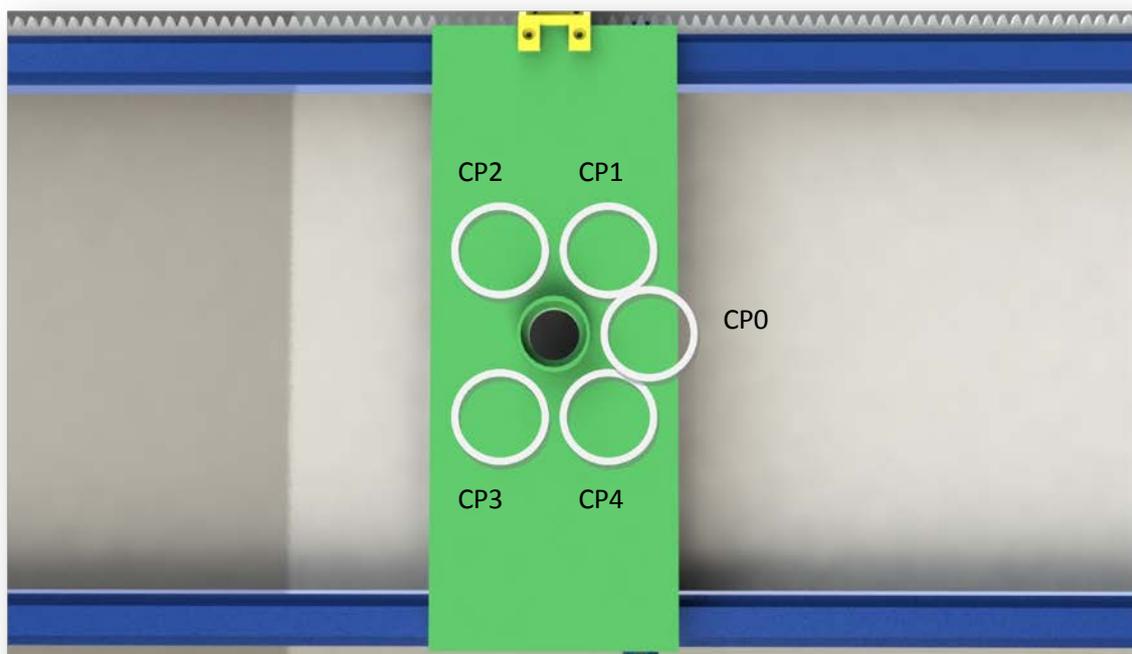


Fig.III.9 : Zone d'installation, réalisé par SolidWorks

La photocellule sera fixée au capot du silo

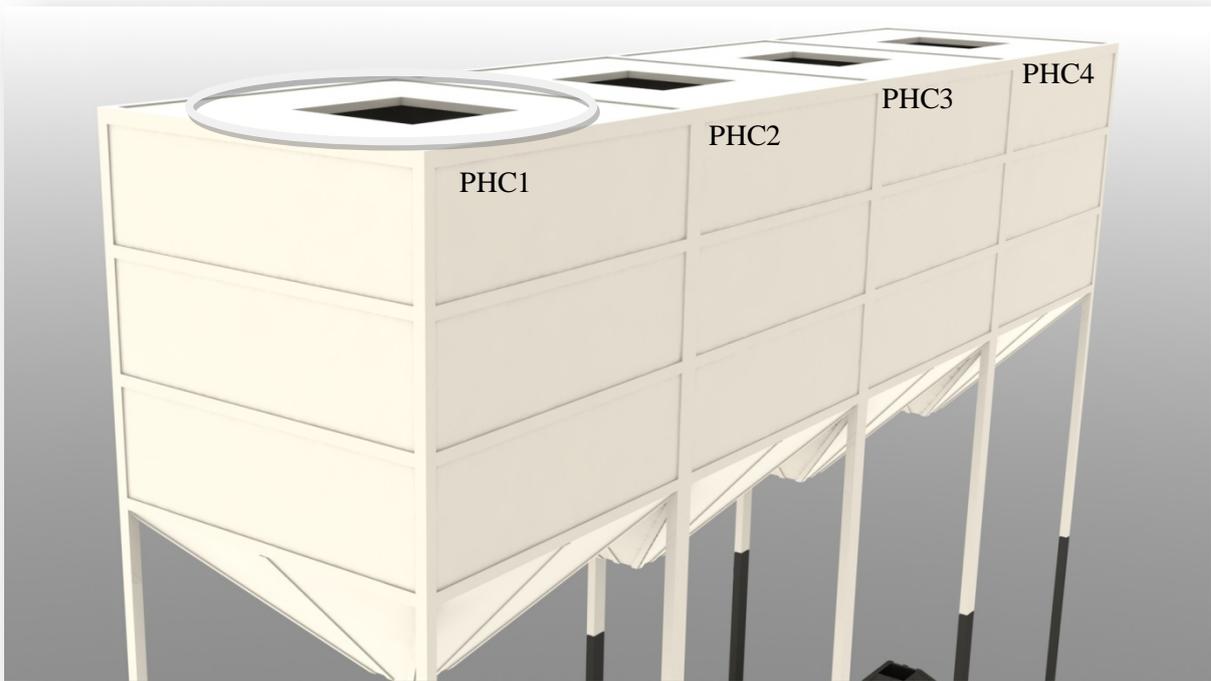


Fig.III.10: Zone d'installation, réalisé par SolidWorks

### III.2. Les vérin :

Quand on veut réaliser un mouvement linéaire avec un actionneur électrique cela engendre généralement des coûts élevés et beaucoup d'entretiens.

Si on cherche des actionneurs moins cher et simple à l'utilisation, les actionneurs pneumatiques offrent une solution! Ces actionneurs linéaires sont également appelés "vérins pneumatiques" ou "vérins à air comprimé".

#### III.2.1. Les types de vérins

Les vérins sont classés par type et par fonction. Fig.III.11, ci-dessous, reprend les différentes exécutions mentionnées dans ce dossier.

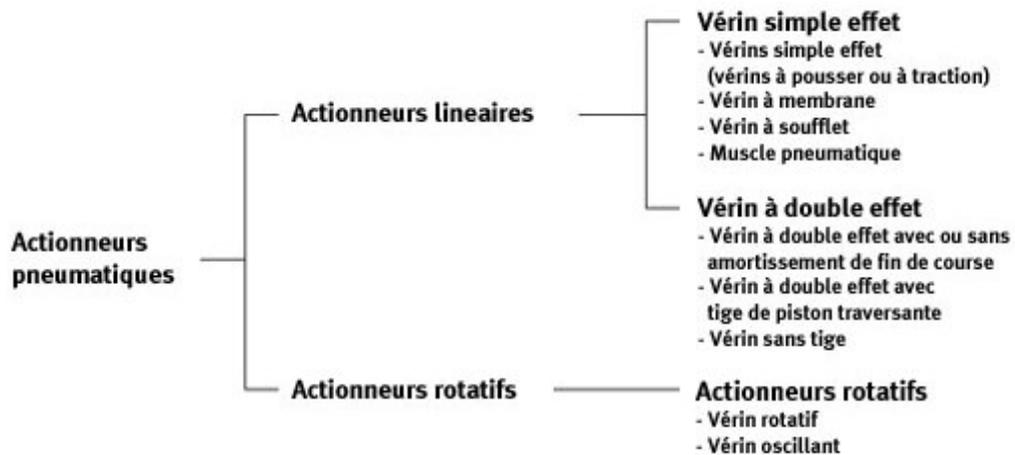


Fig.III.11 : les types des vérins

#### III.2.2. Construction du vérin pneumatique

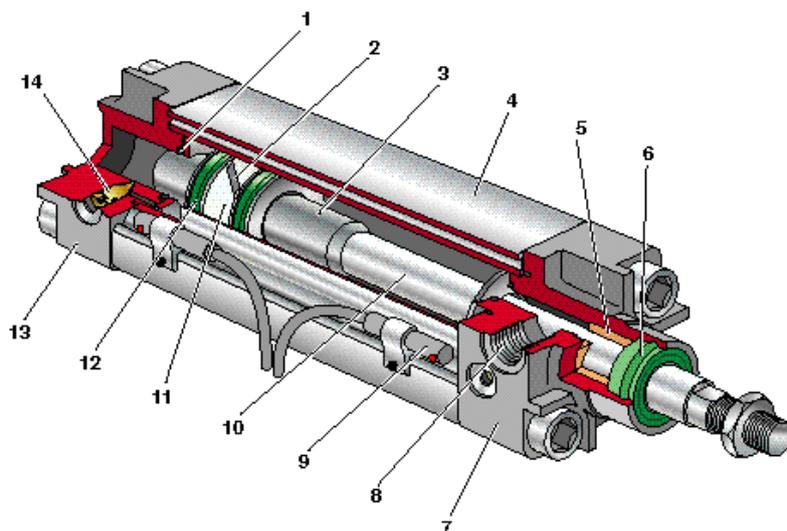


Fig.III.12 : Les composants d'un vérin

Composants:

1 Joint d'amortisseur	8 Orifice côté tige
2 Aimant	9 Capteur magnétique
3 Douille d'amortisseur	10 Tige
4 Tube	11 Bague de guidage
5 Douille-guide	12 Joint de piston
6 Joint de tige et racleur	13 Flasque arrière
7 Flasque avant	14 Vis de réglage d'amortisseur

Le vérin se compose d'un tube, d'une culasse arrière et avant, d un piston avec joints, d une tige de vérin, d un coussinet et d un joint racleur. A cela s'ajoutent des éléments de liaison et des joints statiques.

Le corps du vérin (4) est généralement constitué d'un tube en acier étiré sans soudure.

Pour augmenter la longévité du joint du piston, la surface intérieure du tube est minutieusement finie.

Le corps de vérin peut également être fabriqué en aluminium, en laiton ou en acier avec des surfaces de glissement chromées.

Les culasses avant (7) et arrière (13) sont d'ordinaire en matériau de fonderie (alliages légers coulés par injection). Leur fixation sur le cylindre se fait au moyen de tirants, de filetages ou de brides.

La tige de vérin (10) est pratiquement toujours en acier inoxydable.

Le coussinet (5), en bronze fritté ou en matériau synthétique, assure le guidage de la tige de vérin.

Devant le coussinet se trouve un joint racleur avec joint à lèvres intégré (6). Le joint racleur empêche la poussière et la saleté de s'infiltrer, le joint à lèvres assure l'étanchéité entre la tige du piston et la culasse avant.

Le piston est également équipé d'un double joint à lèvres (12), qui assure l'étanchéité entre les deux chambres du vérin, et une bague de guidage (11).

Les modèles des vérins varient selon les constructeurs. Cela signifie qu'il existe énormément de vérins différents. Cependant il existe également des vérins normalisés suivant la norme internationale ISO-VDMA.

Ces normes définissent par exemple les cotes d'encombrements, le diamètre du vérin, tout comme le filetage sur la tige de vérin et le taraudage des raccords pneumatiques. Grâce à cela, les vérins normalisés des différents constructeurs sont interchangeables.

Les vérins à simple effet sont appelés de cette façon, parce que l'air comprimé n'effectue une pression que sur un côté du piston, qui se met alors en mouvement grâce à la force exercée par la pression sur le piston.

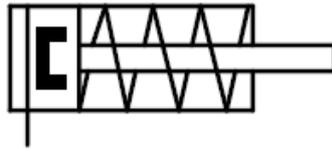


Fig.III.13 : Symbole d'un vérin simple effet à pousser doté d'un aimant permanent sur le piston.

Nous parlons d'un vérin à pousser (fig.III.9) quand l'air comprimé occasionne la course sortante et d'un vérin à traction (Fig.III.10) quand l'air comprimé occasionne la course rentrante du vérin.

Le piston retourne à sa position initiale au moyen d'un ressort interne ou d'une force externe.



Fig.III.14: Symbole du vérin à traction.

La course des vérins simple effet avec ressort de rappel incorporé est limitée par la longueur du ressort.

Nous utilisons principalement les vérins simple effet pour clamer, éjecter et comprimer des pièces.

### III.2.2.1.Le vérin à pousser

Le vérin à piston est l'exécution la plus courante des vérins à simple effet. La pression exerce une force sur le piston.

Suite à cette force le piston fait sortir la tige du piston hors du vérin. Quand la pression chute le ressort incorporé du vérin fait retourner le vérin en position de repos (Fig.III.15).

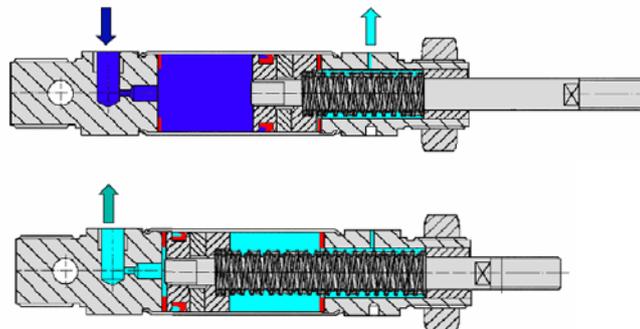


Fig.III.15 : Vérin simple effet à pousser



Fig.III.16 : Vérin simple effet

### III.2.2.2.Le vérin à traction

Ce type de vérin est principalement utilisé sur les systèmes de freinage pour les camions. Lors de la chute de pression, les vérins de freinage agissent sous la pression du ressort, ce qui augmente la sécurité !

Ci-dessous tu peux voir la coupe d'un vérin à simple effet à traction (Fig.III.17). Le fonctionnement est précisément à l'opposé de celui du vérin à pression à simple effet.

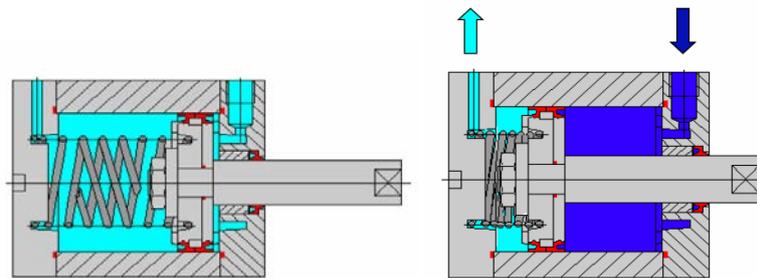


Fig.III.17 : Vérin simple effet à traction



Fig.III.18 : Vérin simple effet à traction

### III.2. 3.Choix de vérin

Nous avons choisi pour notre tache un vérin simple effet à traction avec deux capteurs de position sur le vérin pour indiquer, à la partie commande, la position de la tige.

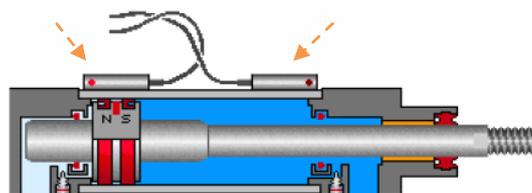


Fig.III.19 : les capteurs du vérin

Chaque vérin est associé à un distributeur et pour notre vérin (simple effet) c'est un distributeur de type 3/2

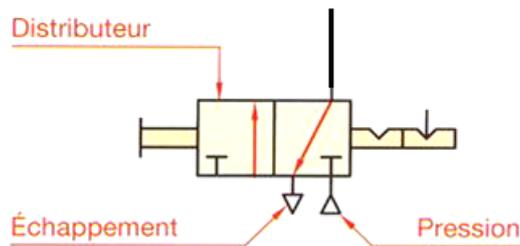


Fig.III.20 : Distributeur 3/2

Nous avons choisi l'air comprimé à 6 bars (pneumatique) au lieu de l'huile (hydraulique) car nous n'avons pas de grandes charges, mais le problème qui se pose c'est que le pneumatique est plus rapide par contre notre tâche ne nécessite pas une telle rapidité.

Pour résoudre le problème nous avons utilisé un régulateur de vitesse du vérin qui s'appelle étrangleur avec une pression de 6 bars c'est suffisant pour notre système.

### III.2. 3.1.Circuit pneumatique

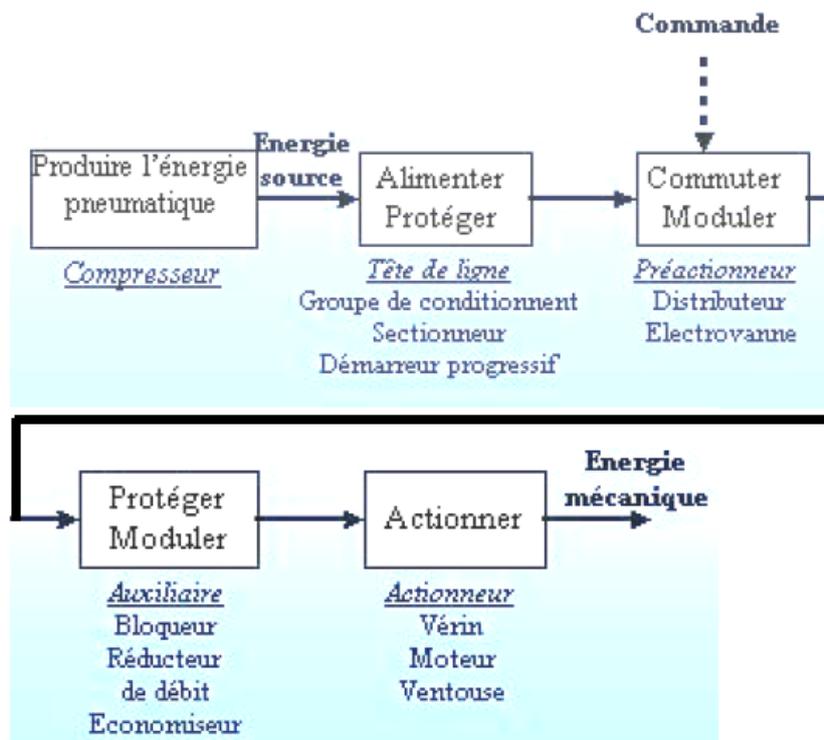


Fig.III.21 : Synoptique d'un circuit pneumatique [10]

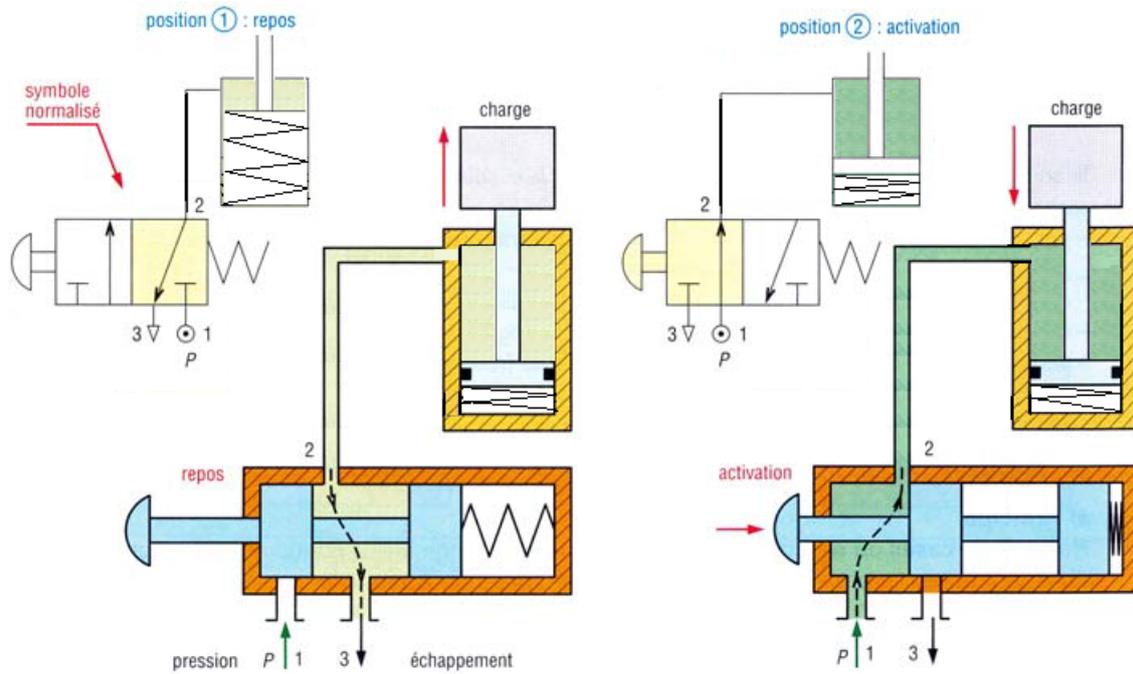


Fig.III.22 : représentation et symbolisation des pistons en repos et en activation avec un distributeur 3/2 [11]

### Calcul des forces

Une fois le type choisi (vérin simple effet, vérin double effet, vérin spécial, ...), à partir des données, il va falloir déterminer le diamètre  $D$  de l'alésage. Le diamètre de tige  $d$  dépend de  $D$  (normes).

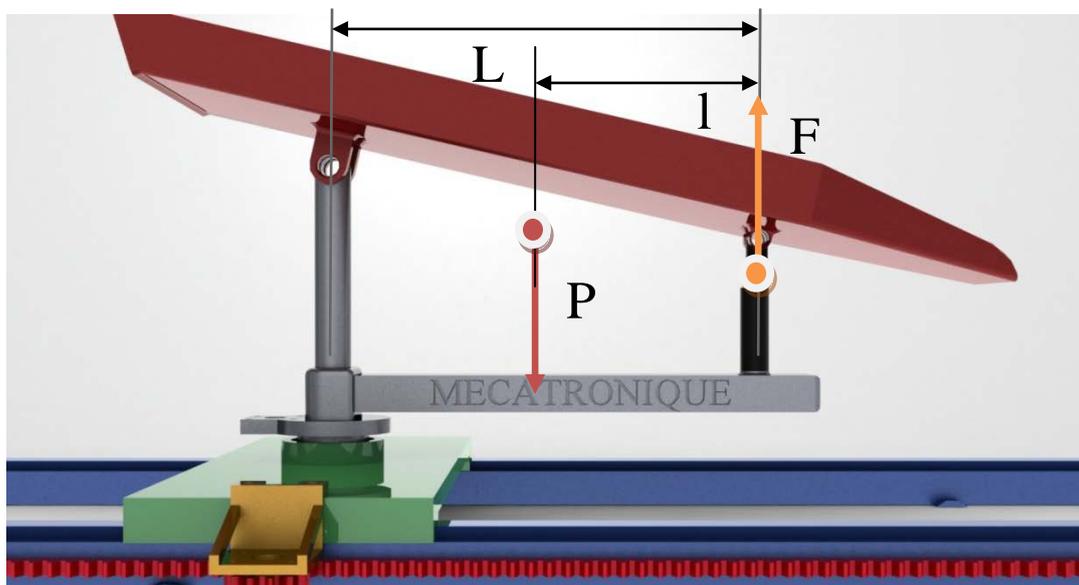


Fig.III.23 : Présentation des forces

$$\Sigma M = 0 = Mf - Mp$$

On a  $M_F = F * L$

$M_P = P * l$  où  $P = 175 \text{ N}$

Et avec SolidWorks peut faire sortir les longueurs  $L, l$

Donc  $L = 590 \text{ mm}$  et  $l = 275 \text{ mm}$

Alors  $F = (P * l) / L = 81.56 \text{ N}$

C'est ici que le taux de charge  $t$  entre en jeu. Le taux de charge usuel est de 0,5, c'est à dire que le vérin va travailler à 50 % de ses capacités.

$$F_{nécessaire} = \frac{F}{t}$$

Le vérin devra être capable de développer en poussant :  $F_{nécessaire} = 163.12 \text{ N}$

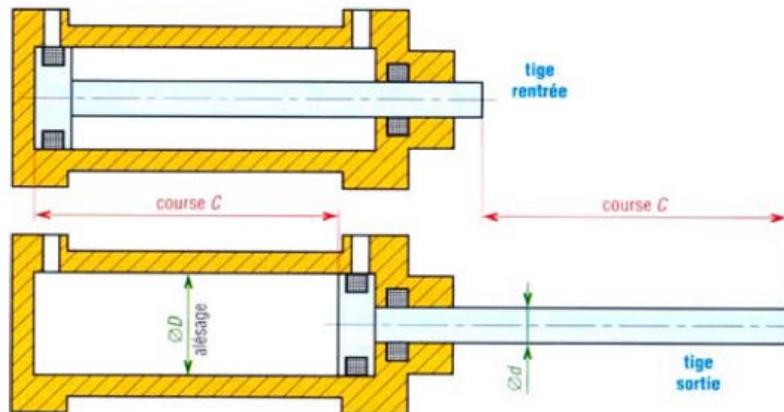


Fig.III.24 : Alésage et course d'un vérin [11]

Calcul de diamètres et course :

- La course du vérin est fonction de la longueur de déplacement désirée. On peut limiter extérieurement la course d'un vérin trop long, par une butée, fixe ou réglable, ou par le travail à réaliser (serrage, marquage, ...).
- Pour calculer le diamètre  $D$  de l'alésage, il faut d'abord calculer la section  $S$ , avec  $F_{nécessaire}$  et la pression  $p$  de l'air comprimé qui égal à 6 bar :

$$S = \frac{F_{nécessaire}}{p} = 27.33$$

La section  $S$  s'écrit en fonction du diamètre  $D$  :

$$S = \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

On en déduit le diamètre

$$D = \sqrt{\frac{4 \times S}{\pi}}$$

$$\Rightarrow D = 34.62$$

Il va ensuite falloir choisir le diamètre parmi les diamètres normalisés. Deux solutions sont possibles :

- soit on choisit un diamètre légèrement inférieur, et le taux de charge sera plus grand,
- soit on choisit un diamètre légèrement supérieur, et le taux de charge sera plus petit. Mais à mêmes caractéristiques, un vérin de diamètre supérieur coûtera plus cher.

Il faudra décider au cas par cas, en faisant en sorte que le taux de charge ne soit pas trop différent de celui spécifié par le cahier des charges.

<b>D Vérin (mm)</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>32</b>	<b>40</b>
<b>D Tige (mm)</b>	4	4	6	6	10	12	12	18
<b>D Vérin (mm)</b>	<b>50</b>	<b>63</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	<b>125</b>	<b>160</b>	<b>200</b>	<b>250</b>
<b>D Tige (mm)</b>	18	22	22	30	30	40	40	50

Tab.III.1 : Diamètres normalisés des vérins [12]

Nous choisirons un diamètre D égal à 40, ce qui nous donnera un taux de charge :

$$t = \frac{F}{p \times S} = \frac{F}{p \times \pi \times \frac{D^2}{4}}$$

$$\Rightarrow t = 0.01$$

### III.3.L'API :

#### III.3.1.Définition et historique :

On appelle Automate Programmable Industriel, API (en anglais Programmable Logic Controller, PLC) un ordinateur spécialisé pour automatiser des processus industriels comme la commande des machines sur une chaîne de montage dans une usine. Là où les systèmes automatiques plus anciens employaient des centaines ou des milliers de relais et de cames, le simple automate suffit maintenant. À l'origine, de par leur langage spécialisé, leur programmation relevait du technicien en électronique industrielle plutôt que de l'informaticien. Cependant, la complexité des nouvelles machines et surtout, leur intégration dans des processus de plus en plus complexes, ont poussé l'évolution de ces langages, ce qui a obligé ce technicien à acquérir de nouvelles habiletés en programmation.

L'automate programmable est apparu à la fin des années 60. À l'origine c'était un ordinateur dont on avait amélioré la mécanique et le blindage pour travailler dans l'usine près des moteurs. Les ordinateurs de l'époque avaient encore besoin de bureaux climatisés. Dick Morley ([www.bam.org](http://www.bam.org)) serait le premier à avoir conçu le principe (et le brevet) du PLC et de bien d'autres inventions : machine à référence parallèle, film magnétique... Il fonda la firme Modicon en 1968 qui produisit les premiers automates programmables de série pour la General Motor.

Actuellement, il existe plus d'une quarantaine de fabricants pour un total de 200 modèles (voir la liste en annexe).



Fig.III.25. Automate dans une armoire électrique

III.3.2. Structure :

En reprenant le schéma classique de la structure d'un automatisme, l'automate programmable est une technologie particulière de la partie commande.

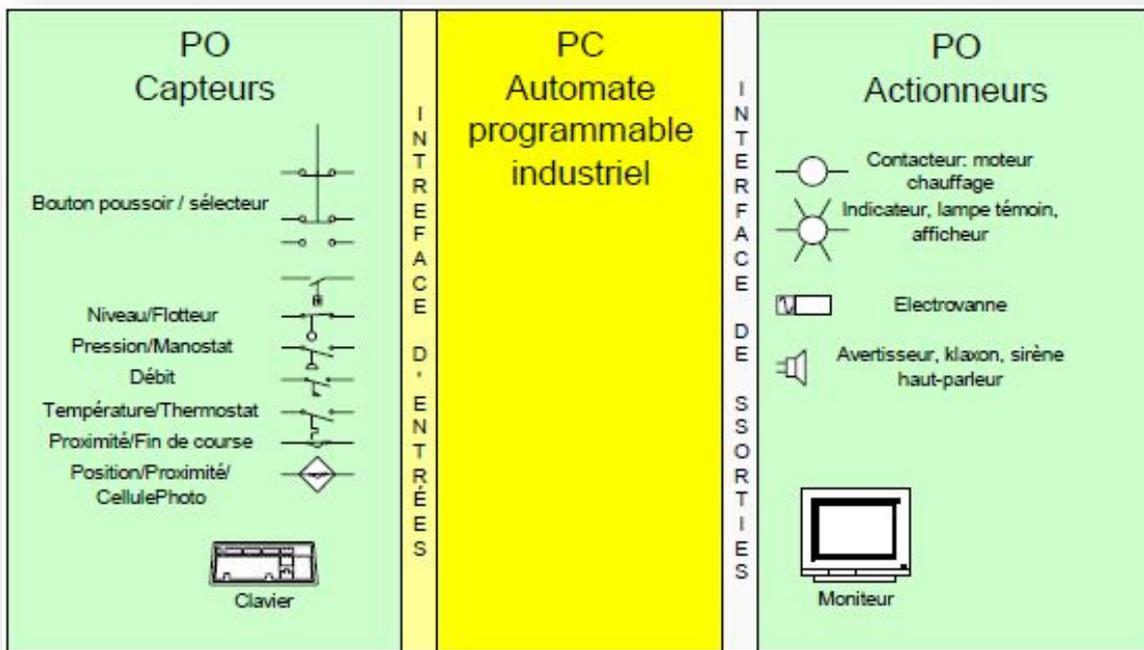


Fig.III.26. la structure d'un automatisme

La partie opérative d'une machine est divisée en deux:

- L'ensemble des capteurs qui donnent les intonations à la partie commande sur l'état du processus.
- L'ensemble des actionneurs qui reçoivent les ordres élaborés par la logique de la partie commande.

Cette division partie commande - partie opérative n'est pas toujours aussi évidente: le démarreur fait-il partie du côté opérative avec le moteur ou du côté commande ? Le convertisseur du capteur fait-il partie du coté opérative avec le capteur ou de la partie commande avec l'interface ? C'est au moment de la conception, en discussion avec les autres intervenants côté mécanique et/ou procédé que l'on place clairement la barrière.

L'API pour sa part est une structuré autour d'une unité de calcul ou processeur (en anglais Central Processing Unit, CPU), d'une alimentation (depuis des tensions AC ou DC) et de modules suivants les besoins de l'application, tels que:

- des cartes d'entrées-sorties Tout ou Rien (ToR, Digitales) (en anglais, discrete, Input-Output). Les entrées pour brancher des capteurs, boutons poussoirs, ... Les sorties pour brancher des actionneurs, voyants, vannes, ...
- cartes d'entrées-sorties analogiques pour raccorder des convertisseurs d'instruments ou des commandes (vanne, entraînement...)
- des modules de communication sur différents réseaux pour dialoguer avec d'autres automates, des entrées/sorties déportées, des systèmes de supervisions ou autres interfaces homme-machine (HIM, en anglais Human Machine Interface, Hlvii), ... et atteindre les différents niveaux de la pyramide de la réseautique industrielle (voir liste et caractéristiques des principaux réseaux).
- des modules spécialisés pour le contrôle de procédé: PID, logique floue
- des modules dédiés métiers, tels que de comptage rapide, de pesage...
- des modules d'interface pour la commande de mouvement, dits modules Motion, tels que démarreurs progressifs, variateur de vitesse, commande d'axes.

Liste non exhaustive de réseaux d'automatisation:

ModBus, ModBus Plus, Profibus, InterBus, JBus, DeviceNet, ControlNet LonWorks, Ethernet, FIPIO, FIPWAY, WorldFip, AS-i, CANopen, P-Net, SyNet, SyLink, Tlway, Ethway, ProfiNet, GeniusIO...

### III.3.3.Constitution:

Un automate est donc constitue comme un ordinateur conventionnel :

- une unité centrale de traitement (CPU),
- de la mémoire (RAM, ROM, EPROM...) et
- des périphériques : interfaces d'entrées/sorties, ports de communication, avec
- une alimentation comme source d'énergie.

Devant fonctionner dans des environnements hostiles, boîtiers, circuits, composants sont particulièrement « endurcis » : protections thermiques, magnétiques, électrostatiques..., surdimensionnement, redondances, batteries de secours... le design doit être à la hauteur des exigences : fonctionnement sur 24/24, 365/365 pendant des dizaines d'années, à côté de démarreurs et de moteurs de plusieurs centaines de chevaux, de transformateurs de plusieurs centaines de kVA, par des températures entre 0 et 50°C et des degrés d'humidité parfois élevés.

Le système d'exploitation doit être « en temps réel » : quand la fin de course est activée, il faut s'arrêter... vite... et bien sûr, ne pas se planter. Et il n'y a pas de bouton Reset, ni « Reboot »... même pas de bouton marche - arrêt!!!

Les premiers automates avaient un UT câblé: tout en logique TTL ou CMOS... gros comme un ordinateur de table personnel d'aujourd'hui. La mémoire prenait le même volume, l'alimentation aussi quand aux interfaces...

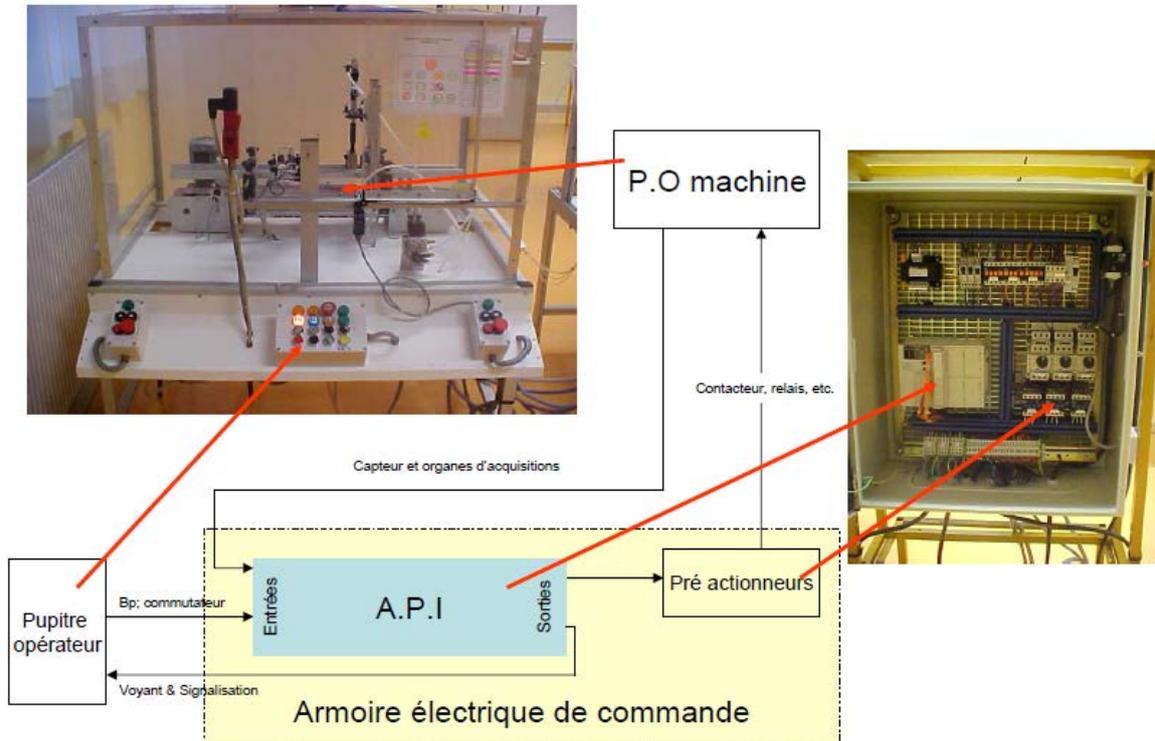


Fig.III.27.Deux L'antique (1980...) CPU du TI PM550 et son alimentation, les racks des E/S sont à la même mesure...

L'arrivée des microprocesseurs a réduit de beaucoup les dimensions. Pour le contrôle de procédés analogiques, très rapidement, on utilisera des systèmes à multiprocesseurs dédiés : un microprocesseur mono bit pour la logique, un processeur mathématique pour les calculs et un microprocesseur général pour gérer le tout.

Enfin l'arrivée des microcontrôleurs a favorisé la spécialisation de chacun des modules qui ont chacun leur niveau d'intelligence. L'automate moderne est en réalité un ensemble de microcontrôleurs qui échangent leurs informations sur le bus du châssis, voire sur un réseau d'E/S pour ceux de taille moyenne, mais d'un seul microcontrôleur avec quelques dizaines d'E/S pour les monoblocs (shoebox).

III.3.4. Mise en situation :



III.3.5. Fonctionnement:

Le principe de fonctionnement interne d'un automate peut-être schématisé selon la figure 4 çï-dessous

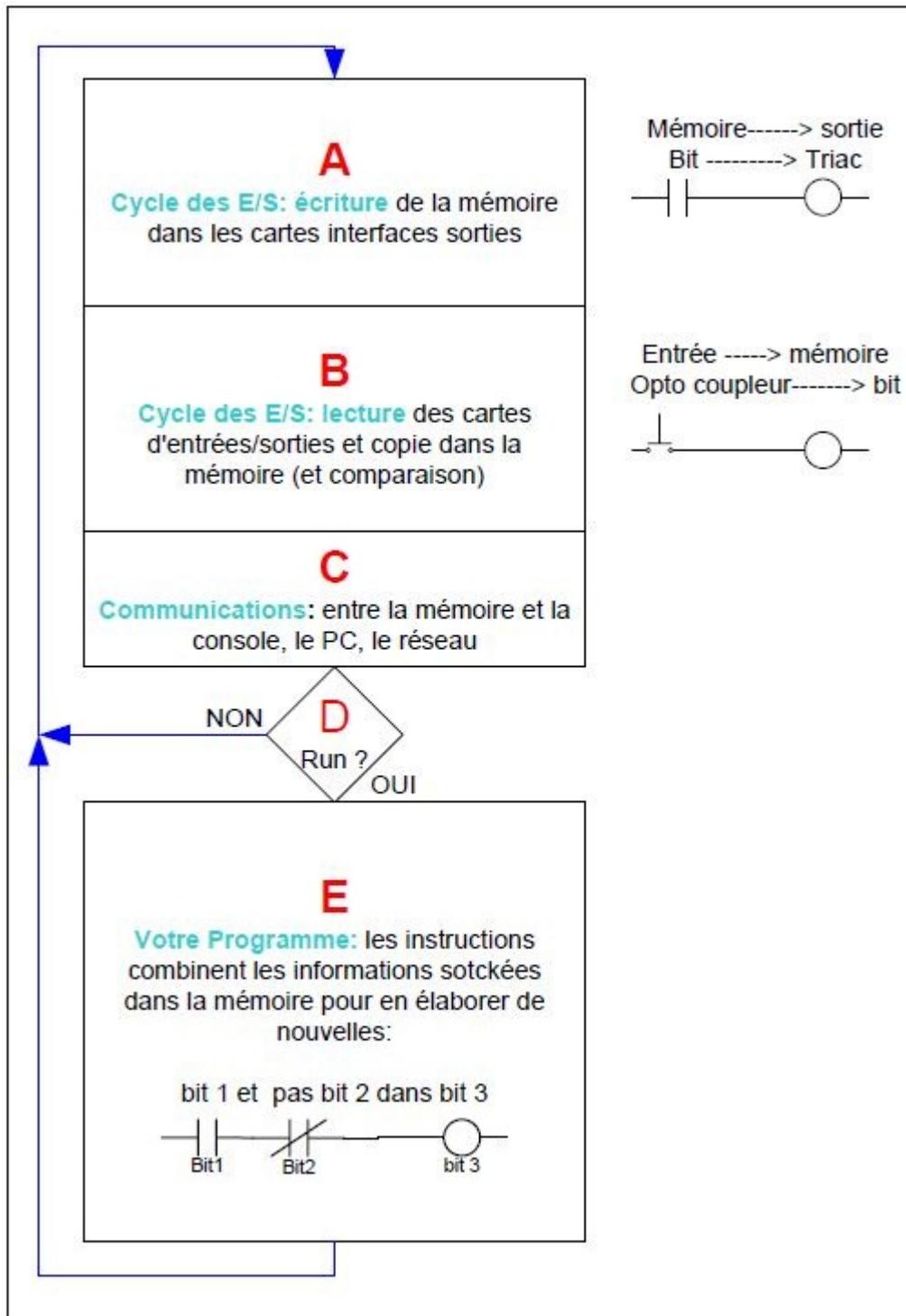


fig.III.28: fonctionnement du programme de l'automate

On examine chacune des phases de fonctionnement en considérant que l'on reviendra plus tard sur ce qu'il se passe plus en détail lors de la mise sous tension et de la perte de tension. Cette structure de programme est ni plus ni moins que le BIOS de l'automate et est stockée dans un ROM ou un EEPROM. Ce BIOS peut-être mis à niveau par le manufacturier et un programme de chargement.

L'automate dispose aussi de mémoire vive: RAM qui a les fonctions de :

- stocker les informations temporaires d'états et de calculs, variables et constantes: en particulier des images des E/S.
- éventuellement de stocker le programme usager : votre programme de logique de contrôle.

Cette mémoire est secourue par batterie. Votre programme de logique de contrôle peut avoir une copie stockée sur une cartouche séparée EEPROM.

**A** → Cycle des E/S en écriture: le circuit d'interface de l'automate écrit l'image de la mémoire dans les cartes de sorties. Les triacs, relais ou transistors sont actives ou désactivées contrôlant alors les actionneurs de la partie opérative.

**B** → Cycle des E/S en lecture : le circuit d'interface de l'automate lit toutes les écritures d'entrées et de sorties et recopie les valeurs dans la mémoire. il compare en passant pour les cartes de sorties, ce qu'il vient d'y écrire au cycle A. On verra plus tard ce qu'il fera en cas de différence.

**C** → Cycle de communications : selon les requêtes des différentes périphériques qui sont branchés Si les ports de communication, il y a des échanges (lecture et/ou écriture) d'informations entre la mémoire et ces périphériques: poli série ou USB pour la console de programmation, ou des interfaces spécialisées comme des lectures de code barre ou des claviers, port-Ethernet pour d'autres automates ou ordinateurs de supervision, ports spécialises pour des réseaux d'automates ou de champs (E/S).

**D** → Le système est-il en mode exécution ou non (run ?)

- S'il n'est pas en mode d'exécution, l'automate recommence au point A et ainsi de suite jusqu'a ce que l'on demande l'exécution du programme de la logique de contrôle.

Cette demande peut arriver pour la console de programmation (ou PC) ou d'un interrupteur extérieur programmé à cet effet.

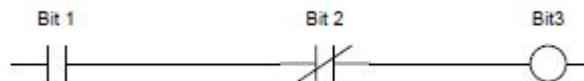
- S'il est en mode exécution ,l'automate lit et exécute les instructions de votre programme LES UNES APRES LES AUTRES en fonction de la mémoire et NON DES ENTREES/SORTIES.

Quand il exécute votre programme, il ne voit que la mémoire ou il a mis une 'photo' des E/S, mais pas les E/S elles-mêmes.

E → Mais qu'elles peuvent être ces instructions?

A l'origine et encore maintenant la plus part du temps, se sont des instructions très simples et logiques. Quelque soit le langage qui ait été utilisé pour élaborer ce programme de contrôle, il sera traduit en instructions que seul l'UT peut interpréter

Prenons l'exemple suivant: en langage ladder, on a programmé le schéma suivant:



Mais en réalité, l'automate va exécuter les instructions suivantes (enfin si on oublie le passage en langage machine...01001101...) les unes après les autres.

LDA bit 1                      copie dans l'accumulateur de l'état du bit 1 de la mémoire

ANDNOTbit2                  fait un ET logique avec le complément du bit 2 de la mémoire et l'accumulateur et place le résultat dans l'accumulateur

OUTbit3                        copie dans le bit 3 de la mémoire, l'état de l'accumulateur

On regardera en ce sens l'écriture de l'équation du circuit. Et on verra plus tard que ce langage là existe dans tous les automates (IL, *Instructions List* ou liste d'instructions) et qu'il est accessible. Il fait partie de l'ensemble des langages de programmation des automatismes selon la norme CEI61131.

Cependant, il est loin d'être aussi explicite que les autres langages que nous utiliserons, mais il ne faudra pas oublier que quelque soit le langage utilisé pour programmer, c'est finalement ce langage là que la machine exécutera.

Quand il a terminé la dernière instruction de votre programme, il recommence au point A : il va écrire le résultat de toute sa mémoire dans les sorties : allumer OU éteindre les triacs et/ou les relais des sorties, puis faire la partie B, lire les entrées et les mettre dans la mémoire, puis la partie C.... et ainsi de suite jusqu'à ce que l'on stop ( $nm = 0$ ). Le temps mis pour exécuter les 5 parties (ABCDE) s'appelle le Scan Time ou temps de scrutation total. Il dépend de la vitesse de l'UT de l'automate et de la longueur et de la complexité de votre programme.

Par exemple, sur un TSX 57 103, pour 1000 instructions booléennes de votre programme (E), il prendra environ  $0,660 \text{ ms} + 1,5 \text{ ms}$  pour la gestion générale (parties ABCD).

### III.3.6. Différents langages de programmation

Il existe différents langages de programmation définis par la CEI 61131-3 :

IL (Instruction List), le langage List est très proche du langage assembleur on travaille au plus près du processeur en utilisant l'unité arithmétique et logique, ses registres et ses accumulateurs

ST (Structured Text), Ce langage structuré ressemble au langage C utilisé pour les ordinateurs

LD (Leader Diagram), le langage Leader (échelle en anglais) ressemble aux schémas électriques, permet de transformer rapidement un ancien programme fait de relais électromécaniques, cette façon de programmer permet une approche visuelle du problème (Le plus fréquent en industrie). On parle également de langage à contacts ou de schéma à contacts pour désigner le langage Leader.

FBD (Function Block Diagram), le FBD se présente sous forme diagramme : suite de blocs, reliables entre eux, réalisant des opérations, simples ou très sophistiquées.

Dans la programmation d'un automate, il est possible de choisir de programmer en SFC, de façon très proche du GRAFCET. Derrière chaque action est associé un programme écrit en IL, ST, LD ou FBD.

### III.3.7 .Différentes marques et modèles

- Allen Bradley - Rockwell Automation : Modèles ControlLogix, CompactLogix, FlexLogix, GuardPLC, Micrologix, PLC5, SLC500
- Crouzet (marque de Schneider Electric) : Modèle Millenium II+ et Millenium III (programmation par icons)
- Festo

- Foxboro
- Honeywell FSC
- Keba
- Matsushita : Modèles FP-Serie FP0/FP-Sigma/FP-M/FP1/FP2/FP10SH
- Omron : Modèles CPM1A, CPM2A, CPM2C, CQM1, CJ1
- Panasonic : Modèles FP serie
- Siemens : Modèles SIMATIC S5 & S7

### III.3.8.Choix et description de l'automate utilisé

#### III.3.8.1.L'automate siemens S200

La famille S7--200 est constituée de micro--automates programmables pouvant commander une large gamme d'appareils afin de répondre à vos besoins en matière d'automatisation.

Le S7--200 surveille les entrées et modifie les sorties conformément au programme utilisateur, qui peut contenir des opérations booléennes, des opérations de comptage, des opérations de temporisation, des opérations arithmétiques complexes et des opérations de communication avec d'autres unités intelligentes. Sa forme compacte, sa configuration souple et son important jeu d'opérations en font une solution idéale pour la commande d'applications très variées.

#### III.3.8.2.CPU S7-200 :

La CPU S7-200 combine un microprocesseur, une alimentation intégrée, des circuits d'entrée et des circuits de sortie dans un boîtier compact afin de créer un puissant micro--automate (voir fig.III.29).

Une fois que vous avez chargé votre programme, le S7-200 contient la logique nécessaire au contrôle et à la commande d'unités d'entrée et de sortie dans votre application.

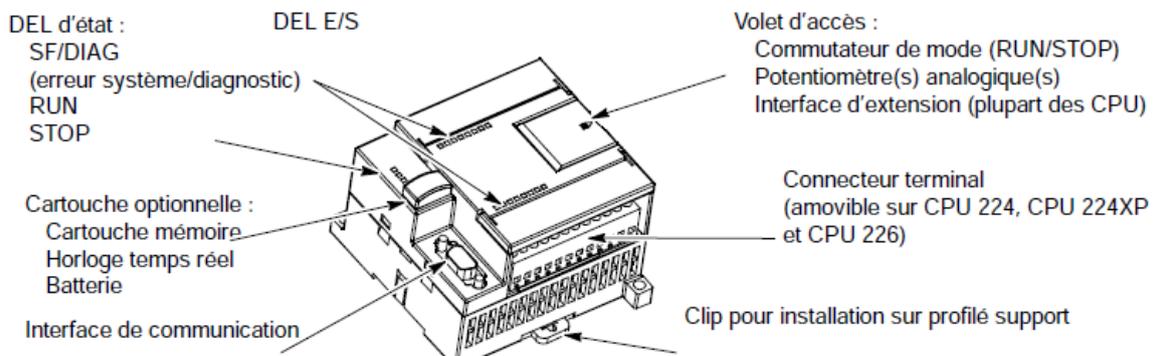


Fig.III.29 : Micro automate S7-200

Siemens fournit des modèles de CPU S7-200 différents, disposant de divers éléments et fonctions afin de vous aider à créer des solutions efficaces pour vos applications variées.

Le tableau Tab.III.2 compare brièvement certaines caractéristiques des différentes CPU.

Caractéristique	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 224XP CPU 224XPsi	CPU 226
Dimensions (mm)	90 x 80 x 62	90 x 80 x 62	120,5 x 80 x 62	140 x 80 x 62	190 x 80 x 62
Mém. de programme avec édition à l'état Marche	4096 octets	4096 octets	8192 octets	12288 octets	16384 octets
sans édition à l'état Marche	4096 octets	4096 octets	12288 octets	16384 octets	24576 octets
Mémoire de données	2048 octets	2048 octets	8192 octets	10240 octets	10240 octets
Sauvegarde de la mémoire	50 heures, typique	50 heures, typique	100 heures, typique	100 heures, typique	100 heures, typique
E/S internes locales TOR	6 E/ 4 S	8 E/ 6 S	14 E/ 10 S	14 E/10 S	24 E/ 16 S
Analogiques	-	-	-	2 E/1 S	-
Modules d'extension	0 module	2 modules <sup>1</sup>	7 modules <sup>1</sup>	7 modules <sup>1</sup>	7 modules <sup>1</sup>
Compteurs rapides Une phase	4 à 30 kHz	4 à 30 kHz	6 à 30 kHz	4 à 30 kHz	6 à 30 kHz
Deux phases	2 à 20 kHz	2 à 20 kHz	4 à 20 kHz	2 à 200 kHz 3 à 20 kHz 1 à 100 kHz	4 à 20 kHz
Sorties d'impulsions (CC)	2 à 20 kHz	2 à 20 kHz	2 à 20 kHz	2 à 100 kHz	2 à 20 kHz
Potentiomètres analogiques	1	1	2	2	2
Horloge temps réel	Cartouche	Cartouche	Intégrée	Intégrée	Intégrée
Interfaces de communication	1 RS-485	1 RS-485	1 RS-485	2 RS-485	2 RS-485
Virgule flottante	Oui				
Taille de la mémoire image d'E/S TOR	256 (128 entrées, 128 sorties)				
Vitesse d'exécution booléenne	0.22 microseconde/opération				

Tab.III.2 : Comparaison des modèles de CPU S7—200

### III.3.8.3. Le logiciel Step 7

#### Démarrage de STEP 7--Micro/WIN

Cliquez sur l'icône STEP 7--Micro/WIN pour ouvrir un nouveau projet. La Fig.III.30 montre un nouveau projet.

- ❖ Examinez la barre d'exploration : vous pouvez vous servir de ses icônes pour ouvrir des éléments du projet STEP 7--Micro/WIN.

Cliquez sur l'icône Communication dans la barre d'exploration pour afficher la boîte de dialogue "Communication" qui sert à configurer la communication pour STEP 7 Micro/WIN.

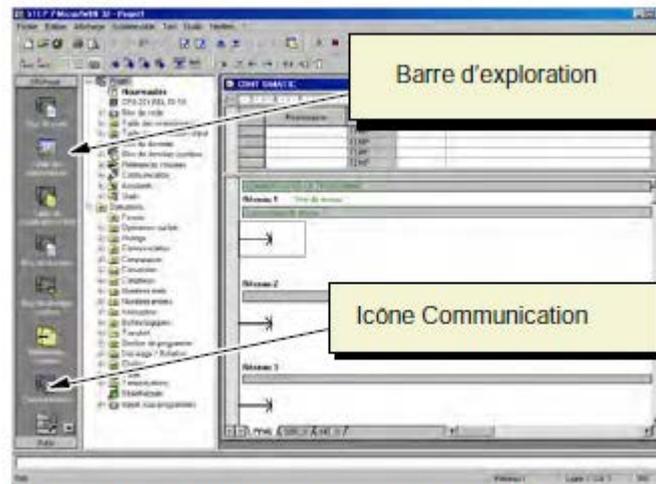


Fig.III.30 : Nouveau projet STEP 7

❖ Vérification des paramètres de communication pour STEP 7--Micro/WIN

Le projet--exemple utilise les paramètres par défaut pour STEP 7--Micro/WIN et le câble RS--232/PPI multi--maître.

❖ Procédez comme suit pour vérifier ces paramètres :

1. Vérifiez que l'adresse du câble PC/PPI dans la boîte de dialogue "Communication" est définie à 0.
2. Vérifiez que l'interface pour le paramètre de réseau est définie à "PC/PPI câble (COM1)".
3. Vérifiez que la vitesse de transmission est définie à 9,6 kbps.

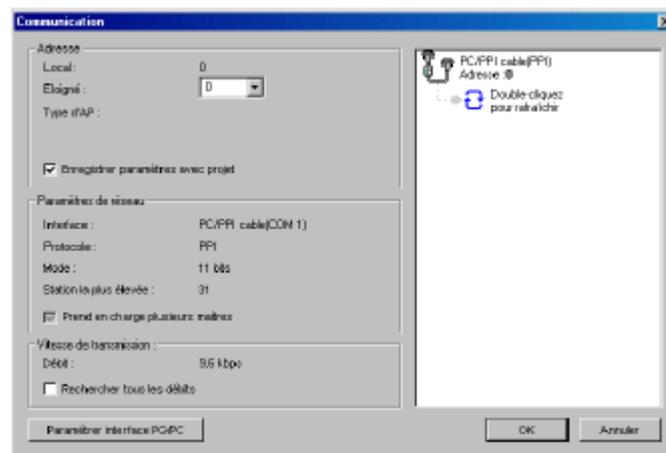


Fig.III.31 : Vérification des paramètres de communication

❖ Etablissement de la communication avec le S7—200

Servez--vous de la boîte de dialogue "Communication" pour effectuer la connexion à votre CPU S7--200 :

1. Double--cliquez sur l'icône de rafraîchissement dans la boîte de dialogue "Communication".

STEP 7--Micro/WIN recherche la station S7--200 et affiche une icône CPU pour la station S7—200 connectée.

2. Sélectionnez le S7--200 et cliquez sur OK.

Si STEP 7--Micro/WIN ne trouve pas votre CPU S7--200, vérifiez les valeurs des paramètres de communication et répétez ces étapes.

Une fois la communication avec le S7--200 établie, vous pouvez créer et charger le programme--exemple.

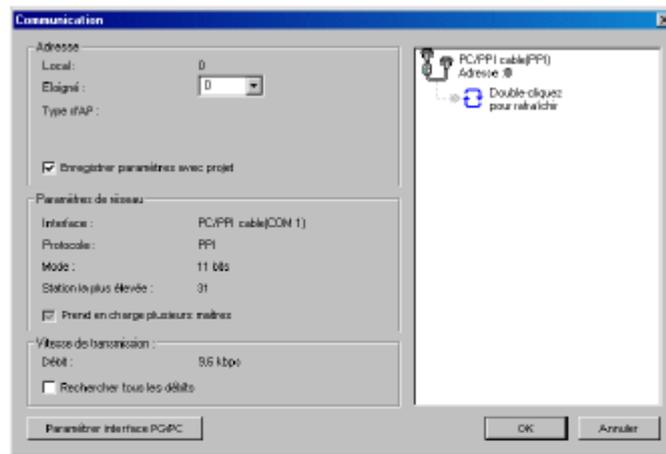


Fig.III.32 : Etablissement de la communication avec le S7-200



# Chapitre IV

## Automatisation et programmation

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

## IV.1.Introduction

Un système automatisé se compose de deux parties indépendantes qui dialoguent entre elles :

- Une partie commande PC : gérant les informations.
- Une partie opérative PO : réalisant le processus.

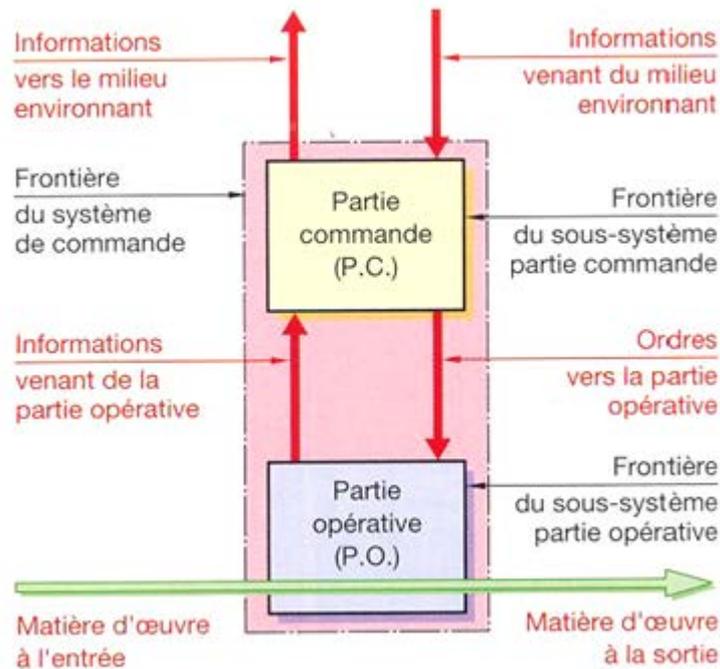


Fig.IV.1 : composant d'un système automatisé [1]

La conception, l'étude et la réalisation d'un automatisme nécessite une démarche structurée qui fait appel à un outil de description des systèmes automatisés séquentiels dans l'ordre chronologique des étapes tels que : le chronogramme, l'organigramme et le GRAFCET

## IV.2.Le GRAFCET:

### IV.2.1.Définition

Le GRAFCET (GRAphe Fonctionnel de Commande par Etapes et Transitions) est un diagramme fonctionnel dont le but est de décrire graphiquement, suivant un cahier des charges, les différents comportements de l'évolution d'un automatisme séquentiel.

Il est parfois simple à utiliser et rigoureux sur le plan formel et constitue un unique outil de dialogue entre toutes les personnes collaborant à la conception, à l'utilisation ou à la maintenance de la machine à automatiser.

### IV.2.2.Cahier des charges

Au sens strict du terme, il s'agit des conditions imposées au réalisateur (concepteur et fournisseur), par le client (demandeur et acheteur) en vue de création ou de modification d'une installation automatisée.

C'est le client qui indique les objets à atteindre en précisant :

- Quelle est la valeur ajoutée au produit traité ?
- Quelle est la cadence de production à atteindre ?
- Quel est le budget disponible ou coût maximal à ne pas dépasser ?
- etc.

Le cahier des charges ne peut se limiter à la partie technique ; des clauses d'ordres commercial, juridique et financier y sont également consignées.

### IV.2.3.Les concepts de base d'un GRAFCET

Le GRAFCET se compose d'un ensemble :

- d'étapes auxquelles sont associées des actions (activités) ;
- de transitions auxquelles sont associées des réceptivités ;
- des liaisons orientées reliant les étapes aux transitions et les transitions aux étapes.

#### IV.2.3.1.Etape

Une étape est une situation dans laquelle les variables d'entrée et de sortie de la partie commande restent inchangées.

Autrement dit, l'étape représente un état du système dans lequel les informations d'entrée (consignes et comptes-rendus) et les informations de sortie (ordres et visualisations) de la partie commande restent identiques à elles-mêmes.

L'étape est représentée par un carré repéré numériquement (fig.IV.2). Les actions associées sont marquées en clair dans un rectangle à droite du carré représentant l'étape.

La situation initiale d'un système automatisé est indiquée par une étape dite étape initiale et représentée par un carré double.

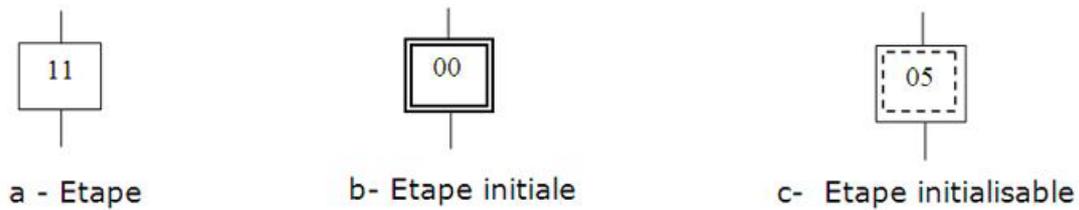


Fig.IV.2 : Représentation d'une étape.

Remarque : Dans un GRAFCET il doit y avoir au moins une étape initiale.

IV.2.3.2.Actions associées aux étapes

D'une façon générale dans un GRAFCET une action est associée à chaque étape, mais on peut rencontrer aussi une même action associée à plusieurs étapes ou plusieurs actions associées à la même étape

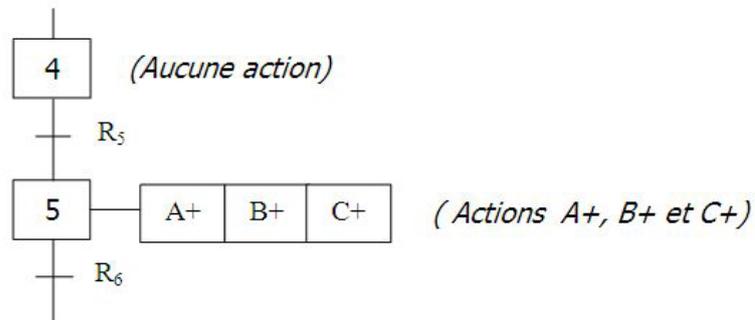


Fig.IV.3 : Représentation normalisée des actions.

IV.2.3.3.Transition

Elle est située entre deux étapes consécutives ; elle indique l'évolution d'une étape vers l'étape suivante.



Fig.IV.4 : Transition.

A chaque transition est associée une condition logique appelée réceptivité. La réceptivité qui est une information d'entrée (expression logique) est fournie par :

- l'opérateur : pupitre de commande ;
- la partie opérative : états des capteurs ;
- d'autres systèmes : dialoguent entre systèmes.

IV.2.3.4.Liaisons orientées

Elles relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes. Elles sont normalement orientées de haut vers le bas.

Une flèche est nécessaire dans le cas contraire ou pour une meilleure compréhension.

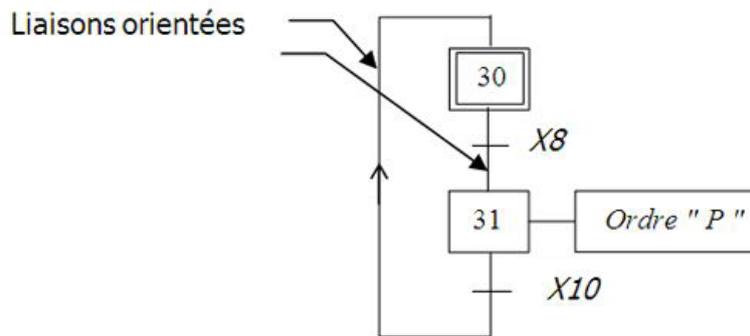


Fig.IV.5 : Liaisons orientées.

#### IV.2.4. Différents points de vue d'un GRAFCET :

La représentation d'un système automatisé par un grafcet prend en compte le "point de vue" selon lequel l'observateur s'implique au fonctionnement de ce système.

On distingue trois "points de vue" :

- GRAFCET du point de vue système ;
- GRAFCET du point de vue partie opérative ;
- GRAFCET du point de vue partie commande.

##### IV.2.4.1. GRAFCET du point de vue système :

C'est un graphe qui décrit le fonctionnement global du système. Il traduit le cahier des charges sans préjuger de la technologie adoptée.

Il permet de dialoguer avec des personnes non spécialistes (fournisseurs, décideurs ...) Son écriture, en langage clair, permet donc sa compréhension par tout le monde.

##### IV.2.4.2. GRAFCET du point de vue partie opérative :

Dans ce type de grafcet on spécifie la technologie de la partie opérative ainsi que le type de ses informations reçues (ordres) et envoyées (comptes-rendus).

L'observateur de ce point de vue étant un spécialiste de la partie opérative, la partie commande ne l'intéresse que par ses effets.

##### IV.2.4.3. GRAFCET du point de vue partie commande :

Ce grafcet est établi en spécifiant la technologie des éléments de dialogue :

- entre PC et PO ;
- entre PC et opérateur ;
- entre PC et autre système.

C'est un grafcet établi par un spécialiste, c'est la version qui lui permet d'établir les équations et éventuellement les schémas de réalisation (électrique, pneumatique...)

IV.2.5.Mise en équation d'un grafcet :

IV.2.5.1.Règle générale :

Pour qu'une étape soit activée il faut que :

- l'étape immédiatement précédente soit active.
- la réceptivité immédiatement précédente soit vraie.
- l'étape immédiatement suivante soit non active.
- Après activation l'étape mémorise son état.

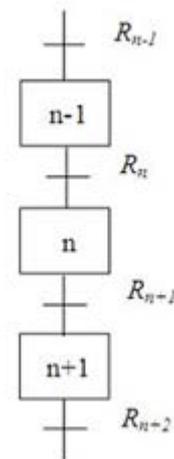
$X_{(n)}$  : équation d'activation de l'étape de rang n.

$x_{(n-1)}$  : l'étape (n-1) est active.

$R_{(n)}$  : réceptivité (n) est vraie.

$x_{(n)}$  : mémorisation de l'étape (n).

Not( $X_{(n+1)}$ ) : l'étape (n+1) est non active.



$$X_n = (X_{n-1} \cdot R_n + X_n) \cdot \bar{X}_{n+1}$$

Fig.IV.6 : Règle générale.

IV.3.Description de cycle de travail

IV.3.1.Description du cycle automatique :

- ❖ Mettre le robot en position initial :

Quand le produit est prêt pour son chargement dans les silos une alarme et le moteur de l'élévateur (M0) se déclenche et quand j'appui sur le bouton de la commande automatique (BCA), le robot doit être en position initiale (CP0 et CFC1), s'il ne l'est pas, il actionne le moteur du bras (M1) jusqu'à (CP0) et celui du chariot (M2) marche avant jusqu'à ce qu'ils atteignent la position initiale (CFC1), à ce moment le distributeur est en position élevée c'est-à-dire le vérin en haut.

- ❖ L'allumage des lampes des silos :

Avec les photocellules on détecte le niveau du chargement quand les silos plein ou pas et allume les lampes des silos plein (LS1, LS2, LS6, LS5).

❖ Le remplissage des 4 premiers silos :

Dans le cas ou, un des silos (1-2-6-5) est vide (LS1,LS2,LS6,LS5 est éteint) le moteur du bras (M1) s'enclenche et se positionne au niveau de ce silo (CP1 ou CP2 ou CP3 ou CP4), le vérin incline le distributeur (vérin fermé), le moteur du tapis (M3) se met en marche-avant afin que le produit passe au tapis roulant, en seconde étape au bras de chargement du produit.

En fin de chargement le vérin sort, le distributeur revient a la position initial et en cas ou un autre silo est détecté vide, les mêmes opérations de remplissage s'enclenchent automatiquement pour charger ce silo mais sans revient a la position initial.

❖ Le revient à la position initiale et passer aux 4 derniers silos:

Quand les silos (1-2-6-5) ont atteint leur capacité de chargement (LS1, LS2, LS6, LS5 sont allumé), le distributeur est en position élevée (vérin ouvert). Le bras (M1) revient à sa position initiale (CP0), le moteur du chariot (M2) se met en marche-arrière jusqu'à (CFC2) pour passer aux silos (3-4-7-8).

❖ Le remplissage des 4 derniers silos :

Les mêmes opérations effectuées pour le chargement des 4 premiers silos seront réalisées une deuxième fois pour les silos (3-4-8-7) sauf que pour cette fois-ci le moteur du tapis roulant (M3) est actionné en marche-arrière.

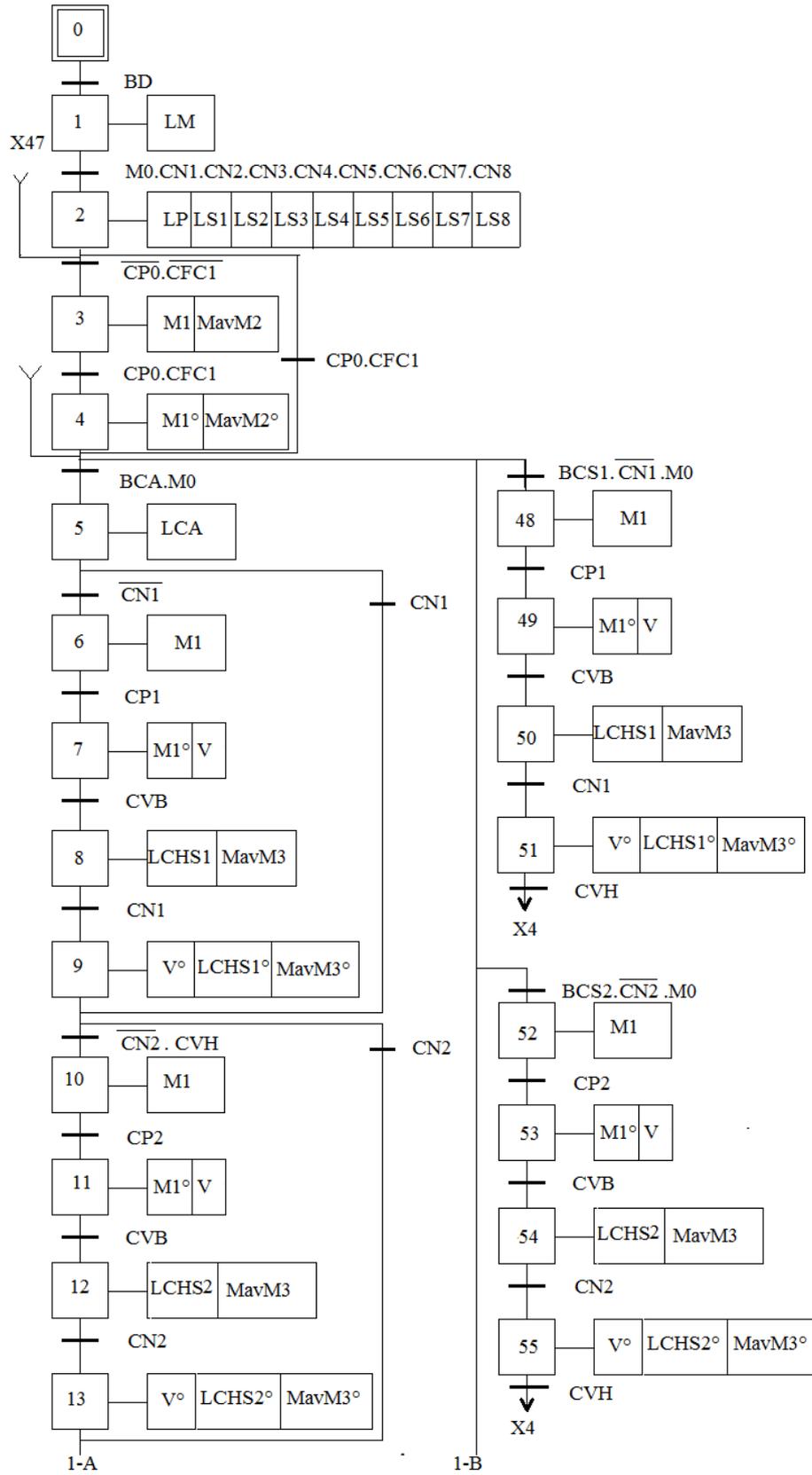


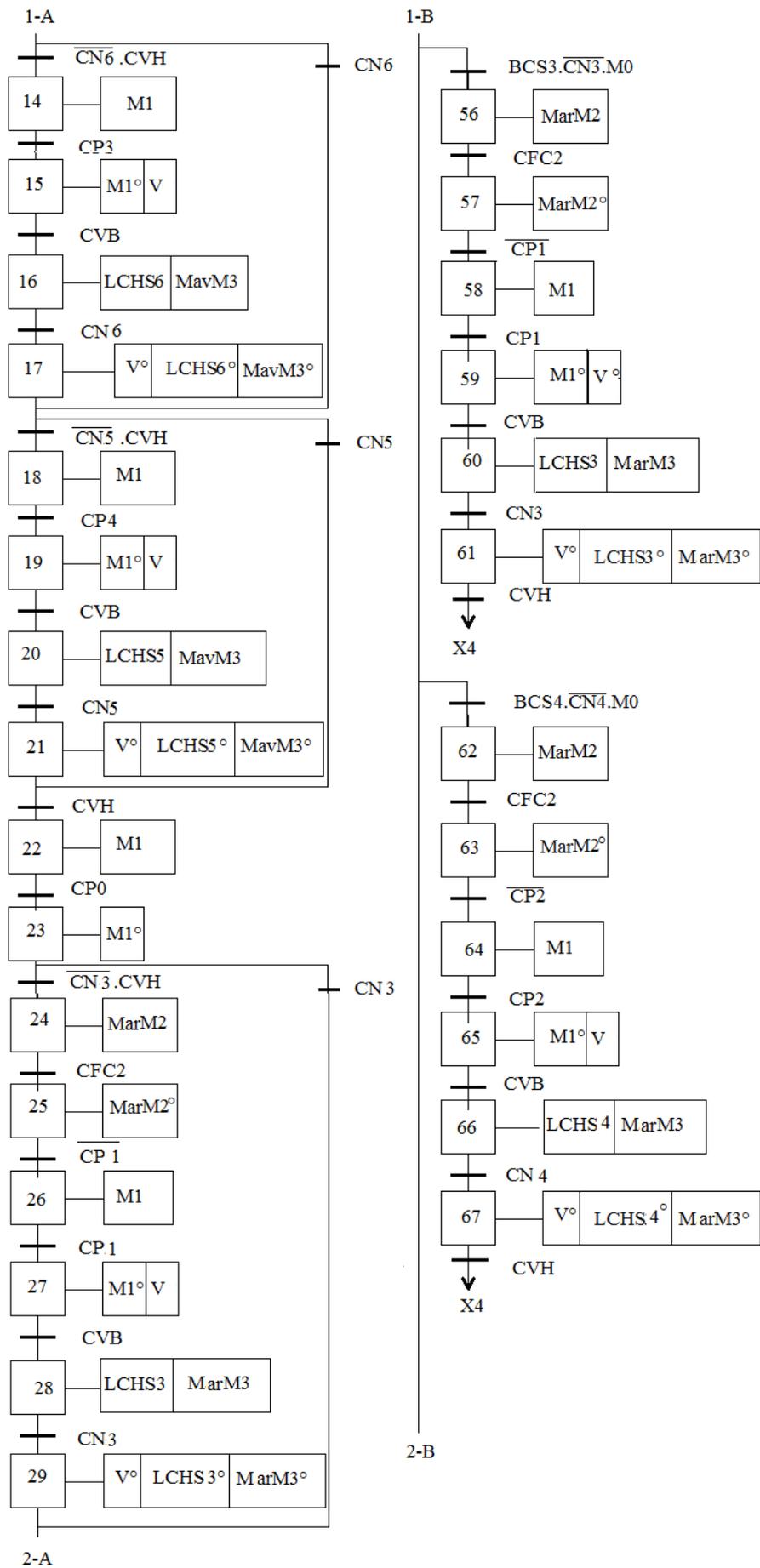
Quand tous les silos sont pleins le bras (M1) revient en position initiale (CP0).

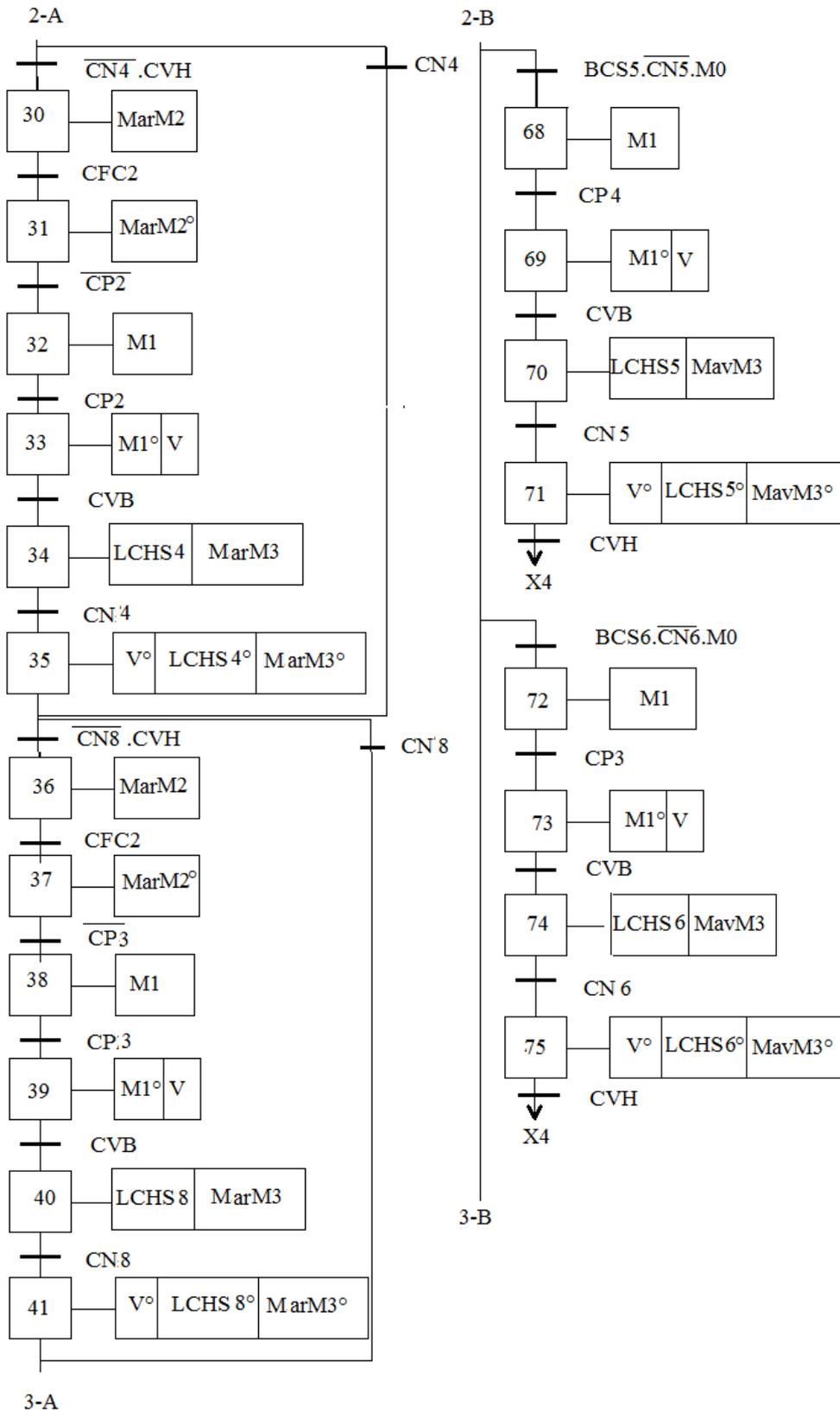
#### IV.3.2.Description du cycle individuel :

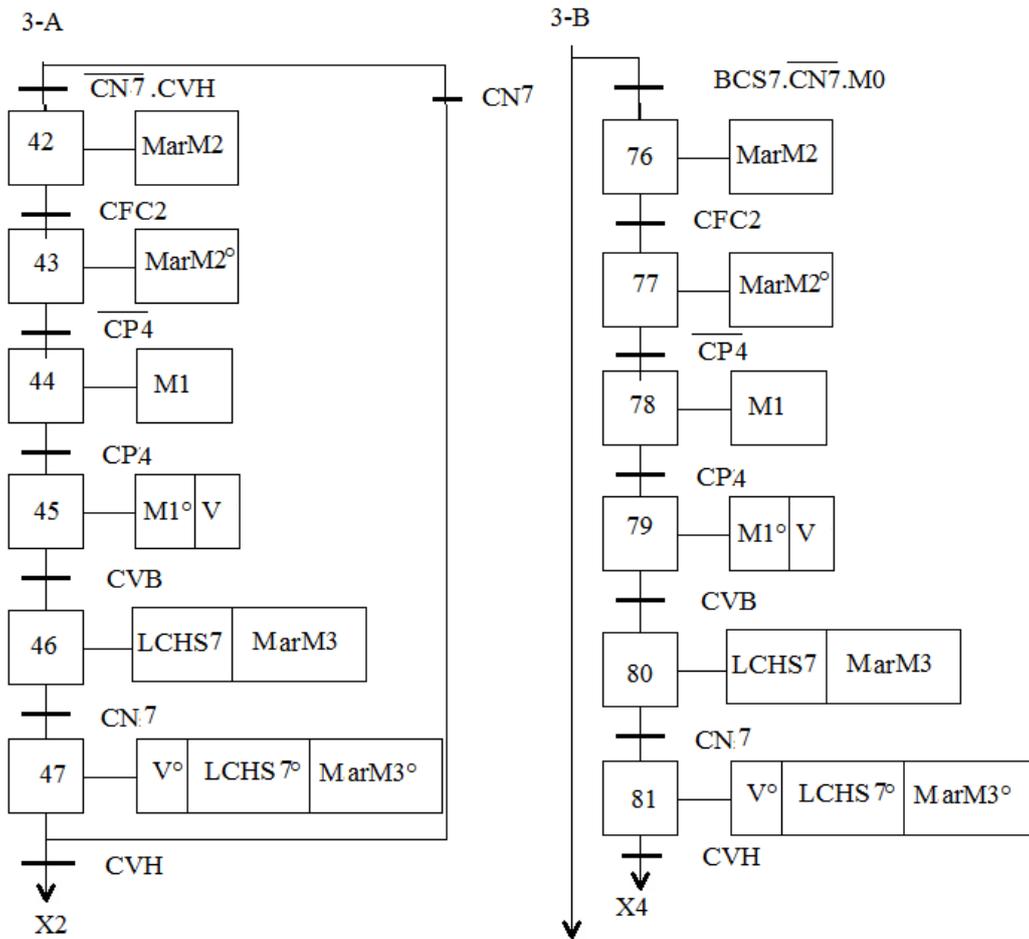
Ces les mêmes opérations que l'automatique sauf que pour chaque silo il a un bouton (BCS1, BCS2, BCS3, BCS4, BCS5, BCS6, BCS7, BCS8) qui commande les opérations.

IV.4. Notre GRAFCET









## IV.5. Notre programme

### IV.5.1. Table mnémorique :

Symbole	Adresse	Commentaire
CP0	I0.0	Capteur de position initial (M1)
CP1	I0.1	Capteur de position 1 (M1)
CP2	I0.2	Capteur de position 2 (M1)
CP3	I0.3	Capteur de position 3 (M1)
CP4	I0.4	Capteur de position 4 (M1)
BD	I0.5	Bouton de démarrage
M0	I0.6	Moteur de l'élévateur
BCA	I0.7	Bouton de commande automatique
BCS8	I1.0	Bouton de commande silo 8
BCS1	I1.1	Bouton de commande silo 1
BCS2	I1.2	Bouton de commande silo 2
BCS3	I1.3	Bouton de commande silo 3
BCS4	I1.4	Bouton de commande silo 4
BCS5	I1.5	Bouton de commande silo 5
BCS6	I1.6	Bouton de commande silo 6
BCS7	I1.7	Bouton de commande silo 7
CN8	I2.0	Capteur de niveau de silo 8 (ouvert au repos)
CN1	I2.1	Capteur de niveau de silo 1 (ouvert au repos)
CN2	I2.2	Capteur de niveau de silo 2 (ouvert au repos)
CN3	I2.3	Capteur de niveau de silo 3 (ouvert au repos)
CN4	I2.4	Capteur de niveau de silo 4 (ouvert au repos)
CN5	I2.5	Capteur de niveau de silo 5 (ouvert au repos)
CN6	I2.6	Capteur de niveau de silo 6 (ouvert au repos)
CN7	I2.7	Capteur de niveau de silo 7 (ouvert au repos)
BU	I3.0	Bouton d'urgence (fermé au repos)
CFC1	I3.1	Capteur de fin de course pos-int (M2)
CFC2	I3.2	Capteur de fin de course pos-fin (M2)
CVH	I3.3	Capteur de vérin en haut
CVB	I3.4	Capteur de vérin en bas
M1	Q0.0	Moteur pour la rotation du bras
MavM2	Q0.1	Marche avant Moteur pour le déplacement du chariot
MarM2	Q0.2	Marche arrière Moteur pour le déplacement du chariot
MavM3	Q0.3	Marche avant Moteur pour le tapie roulant
MarM3	Q0.4	Marche arrière Moteur pour le tapie roulant
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit
LCA	Q0.7	Lampe de commande automatique
LCHS8	Q1.0	Lampe de silo 8 en charge
LCHS1	Q1.1	Lampe de silo 1 en charge

LCHS2	Q1.2	Lampe de silo 2 en charge
LCHS3	Q1.3	Lampe de silo 3 en charge
LCHS4	Q1.4	Lampe de silo 4 en charge
LCHS5	Q1.5	Lampe de silo 5 en charge
LCHS6	Q1.6	Lampe de silo 6 en charge
LCHS7	Q1.7	Lampe de silo 7 en charge
LS8	Q2.0	Lampe de Silo 8
LS1	Q2.1	Lampe de Silo 1
LS2	Q2.2	Lampe de Silo 2
LS3	Q2.3	Lampe de Silo 3
LS4	Q2.4	Lampe de Silo 4
LS5	Q2.5	Lampe de Silo 5
LS6	Q2.6	Lampe de Silo 6
LS7	Q2.7	Lampe de Silo 7
EV	Q3.0	Electrovalve pour le vérin

IV.5.2. Le programme :

Présentation d'une image du programme

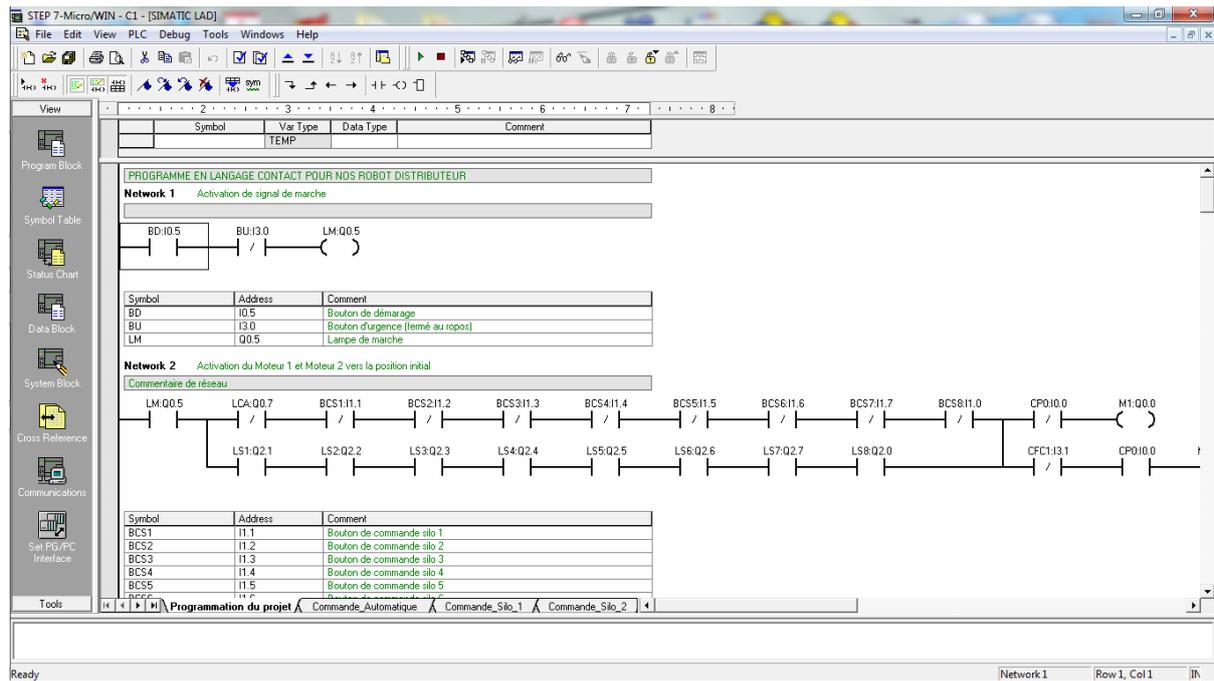


Fig.IV.7 : Image sur notre programme

Pour voir le programme complet reportez vous à l'annexe A

### IV.6.Simulation

Nous avons utilisé pour la simulation de notre programme un logiciel spécialement conçu pour l'automate Siemens S7-200.

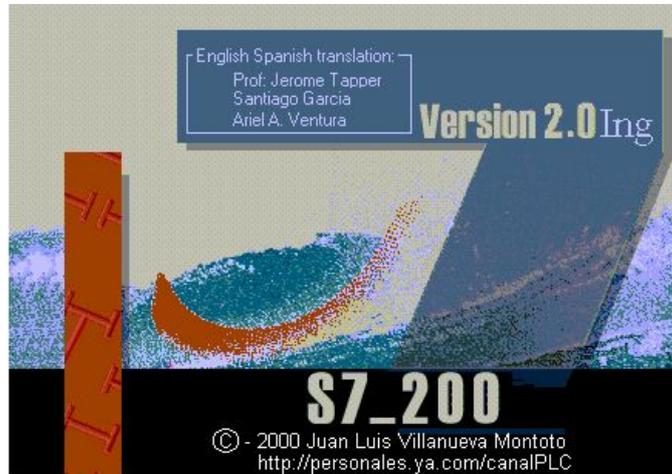


Fig.IV.8 : Le programme de simulation

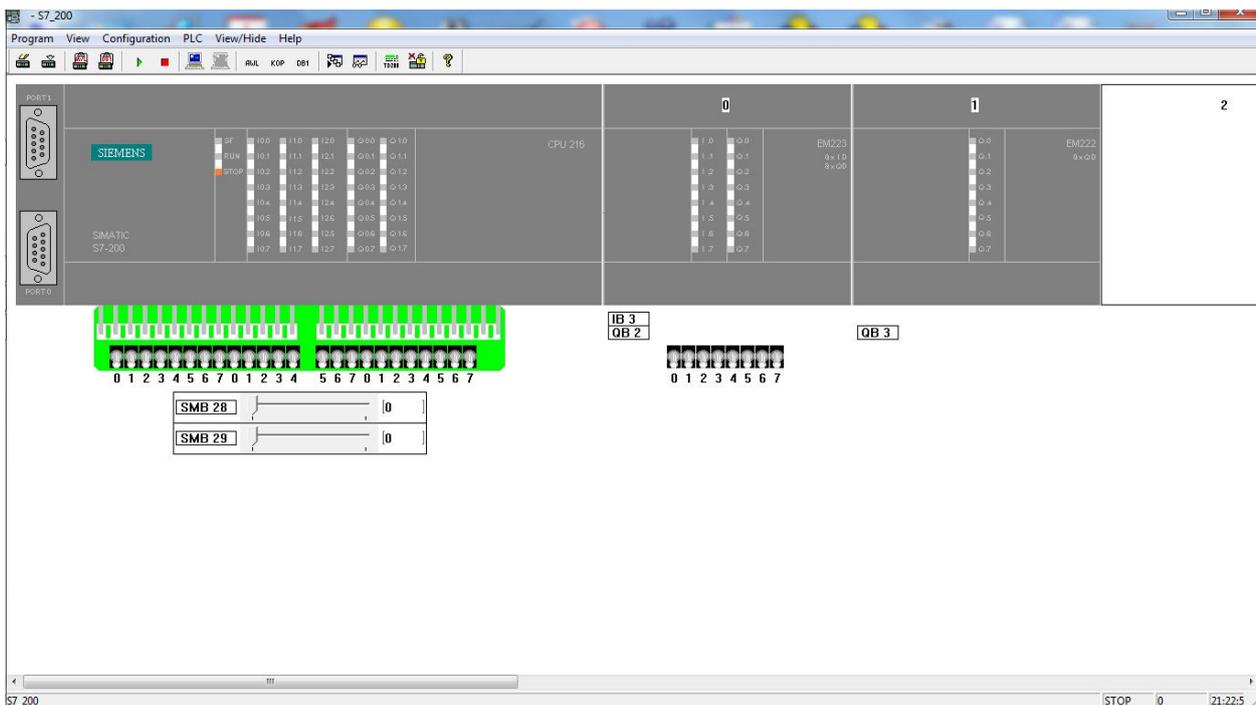


Fig.IV.9 : L'interface du programme

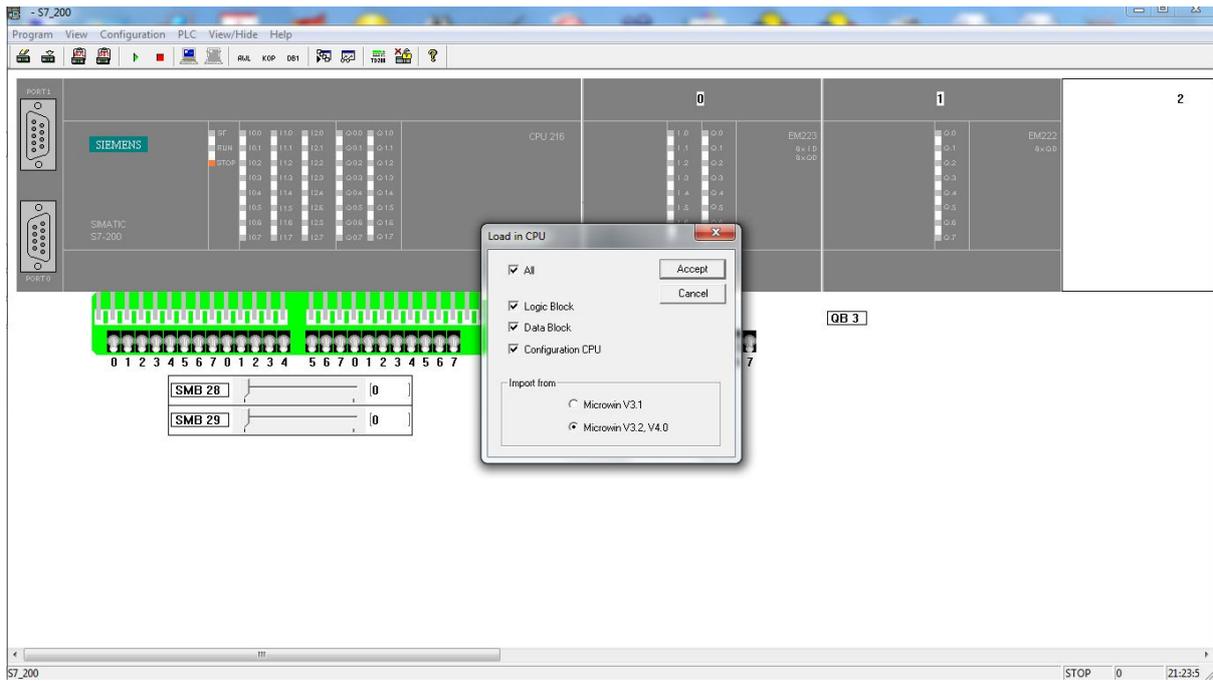


Fig.IV.10 : Chargement du programme a simulé.

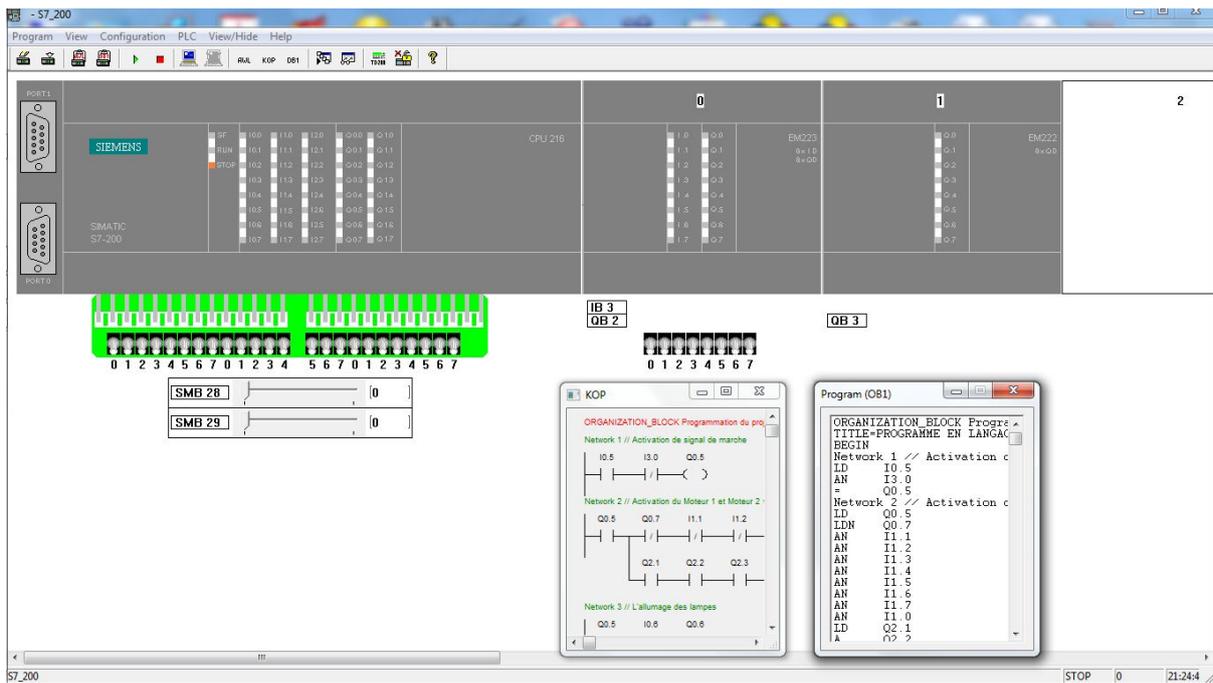


Fig.IV.11 : L'ouverture du programme a simulé

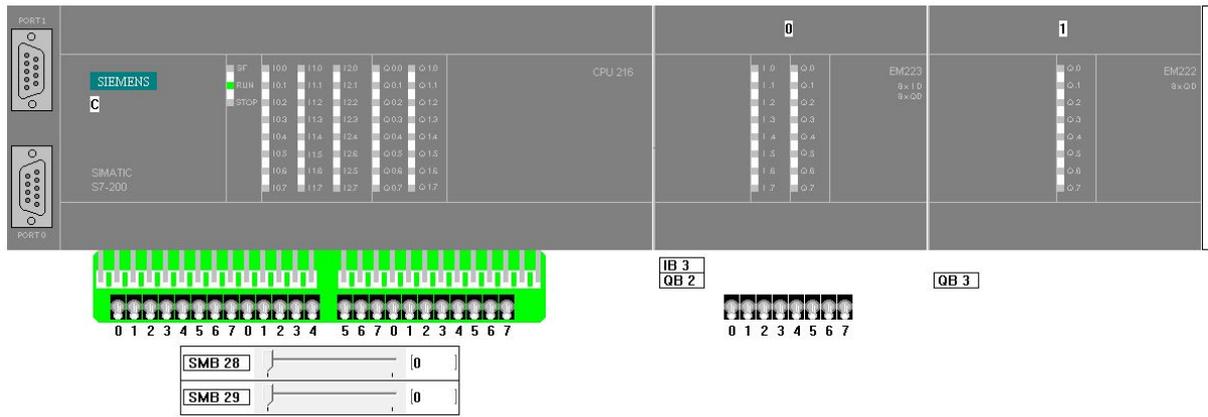


Fig.IV.12 : Démarrage de simulation (RUN)



## Conclusion Générale

Le travail que nous venons de présenter et l'aboutissement d'une réflexion portant sur des aménagements au niveau des installations de Pasta Zina, dans le but d'améliorer les conditions de travail et de réduire les risques d'accidents.

Notre contribution consiste en la mise en place d'un robot qui effectue les mêmes travaux de manutention qu'un employé qui encourt des risques d'accident et engendre une perte de temps considérable.

Après des recherches et des études pour déterminer les matériaux nécessaires et la sélection de pièces à utiliser nous avons réalisé cet avant projet.

Nous avons construit l'automatisation du système et pour cela nous avons défini le matériel et équipement de manière à ce qu'ils soient les plus appropriés.

Nous espérons que par ce travail nous avons apporté une réelle contribution à l'amélioration des conditions de travail.



### Les transformations de mouvements

#### 1. Généralités

Il existe deux types de mouvements élémentaires :

- La translation.
- La rotation.

Tous les mouvements ne sont qu'association ou combinaison des deux.

Une transformation de mouvement se caractérise par une différence entre le mouvement moteur et le mouvement récepteur. Cette différence peut être simple ou multiple parmi les suivantes :

- Nature du mouvement.
- Direction du mouvement.
- Sens du mouvement.
- Vitesse du mouvement.

#### 2. Principales transformations de mouvements

a) Rotation en rotation :

- Particularités :

Les mouvements peuvent être d'axes parallèles, perpendiculaires, quelconques. Les axes peuvent être concourants ou non.

- Principaux types :

- Engrenages.
- Poulies courbes.
- Roue dentées et chaînes.
- Friction.

Rotation en translation et inversement :

- Particularités :

Les transformations de mouvement peuvent être réversibles ou non.

# ANNEXES

Annexe 1 :

d	Série 3-03		Charge de base				Série 4-04		Charge de base				n tr/min
			à billes		à rouleaux				à billes		à rouleaux		
	D	B	C daN	C <sub>0</sub> daN	C daN	C <sub>0</sub> daN	D	B	C daN	C <sub>0</sub> daN	C daN	C <sub>0</sub>	
10	35	11	620	375			37	12					20 000
12	37	12	750	465			42	13					19 000
15	42	13	880	540			52	15					17 000
17	47	14	1 040	655	1 560	865	62	17	1 760	1 180			12 000
20	52	15	1 220	780	2 040	1 160	72	19	2 360	1 660			10 000
25	62	17	1 730	1 140	2 600	1 500	80	21	2 750	1 960			9 000
30	72	19	2 160	1 460	3 400	2 000	90	23	3 350	2 400	5 500	3 400	8 500
35	80	21	2 550	1 800	4 300	2 700	100	25	4 250	3 100	6 800	4 400	7 000
40	90	23	3 150	2 240	5 100	3 250	110	27	4 900	3 650	8 800	5 700	6 000
45	100	25	4 050	3 000	6 950	4 550	120	29	5 850	4 550	10 400	6 950	5 600
50	110	27	4 750	3 600	8 000	5 200	130	31	6 700	5 200	12 700	8 650	5 000
55	120	29	5 500	4 150	10 000	6 700	140	33	7 650	6 300	12 900	8 650	5 000
60	130	31	6 300	4 800	11 200	7 650	150	35	8 300	6 950	15 300	10 600	4 300
65	140	33	7 100	5 600	12 500	8 500	160	37	9 150	7 800	18 000	12 700	4 000
70	150	35	8 000	6 300	14 600	10 200	180	42	11 000	10 400	22 400	16 300	3 600
75	160	37	8 650	7 200	17 600	12 500	190	45	11 800	11 400	24 000	17 300	3 400
80	170	39	9 500	8 000	17 600	12 500	200	48			27 500	20 000	3 200
85	180	41	10 200	9 000	20 400	14 600	210	52			31 000	22 800	3 000
90	190	43	11 000	9 800	22 000	18 300	225	54			34 500	26 000	2 800
95	200	45	11 800	11 000	25 000	19 000	240	55			37 500	28 000	2 600
100	215	47	13 400	13 200	29 000	22 000	250	58			41 500	32 000	2 400
105	225	49	14 000	14 300	33 500	25 500	260	60			45 500	34 500	2 200
110	240	50	15 600	16 600	37 500	29 000	280	65			50 000	39 000	2 000

Annexe 2 :

Diamètre d'alésage <i>d</i>	Série 1-11		Charge de base		Série 2-12		Charge de base		<i>n</i> tr/min
	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>C</i> daN	<i>C</i> <sub>0</sub> daN	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>C</i> daN	<i>C</i> <sub>0</sub> daN	
10	24	9	765	1 120	26	11	980	1 370	6 000
12	26	9	780	1 220	28	11	1 020	1 530	5 600
15	28	9	815	1 340	32	12	1 200	2 000	5 300
17	30	9	880	1 560	35	12	1 250	2 160	5 300
20	35	10	1 160	2 160	40	14	1 700	3 050	4 300
25	42	11	1 400	2 850	47	15	2 120	4 050	3 800
30	47	11	1 430	3 200	52	16	2 240	4 750	3 600
35	52	12	1 530	3 800	62	18	3 000	6 300	3 200
40	60	13	2 080	5 100	68	19	3 400	7 500	2 800
45	65	14	2 120	5 600	73	20	3 600	8 500	2 600
50	70	14	2 200	6 100	78	22	3 650	9 000	2 400
55	78	16	2 700	7 500	90	25	5 400	12 900	2 000
60	85	17	3 200	9 150	95	26	5 600	14 300	1 900
65	90	18	3 200	9 500	100	27	5 700	15 300	1 800
70	95	18	3 250	10 200	105	27	5 850	16 000	1 800
75	100	19	3 400	11 000	110	27	6 000	17 000	1 700
80	105	19	3 450	11 400	115	28	6 100	17 600	1 700
85	110	19	3 550	12 200	125	31	7 350	21 600	1 600
90	120	22	4 550	15 300	135	35	9 000	26 500	1 500
100	135	25	6 550	21 600	150	38	11 200	38 500	1 300
110	145	25	6 700	23 200	160	38	11 800	36 500	1 200
120	155	25	6 800	25 000	170	39	11 800	38 000	1 200
130	170	30	8 000	28 500	190	45	15 600	50 000	950
140	180	31	8 150	30 500	200	46	16 000	53 000	950
150	190	31	8 300	32 500	215	50	17 300	58 500	900
160	200	31	8 650	34 500	225	51	17 600	61 000	850
170	215	34	10 400	41 500	240	55	20 800	72 000	800
180	225	34	10 400	43 000	250	56	21 200	75 000	800
190	240	37	13 200	53 000	270	62	24 500	90 000	750
200	250	37	13 200	55 000	280	62	25 000	95 000	750

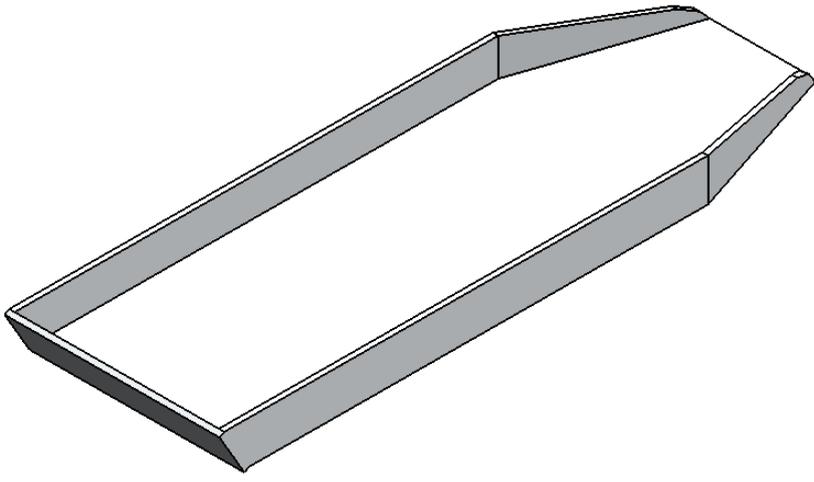
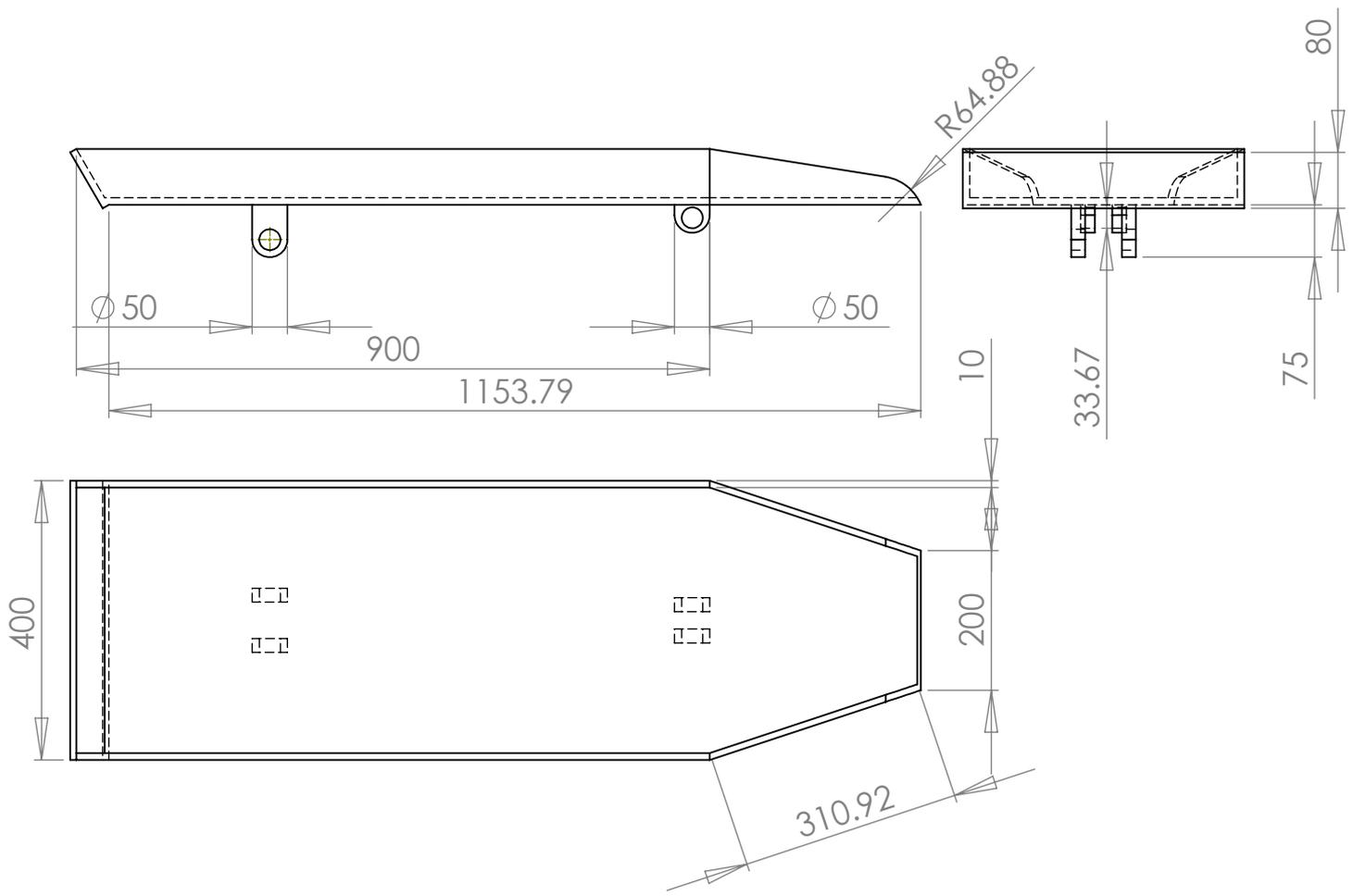
*n* (tr/min à titre indicatif).

Annexe 3.:

$F_a/C_0$	$e$	$F_a/F_r \leq e$		$F_a/F_r > e$	
		$X$	$Y$	$X$	$Y$
0,025	0,22	1	0	0,56	2
0,04	0,24	1	0	0,56	1,8
0,07	0,27	1	0	0,56	1,6
0,13	0,31	1	0	0,56	1,4
0,25	0,37	1	0	0,56	1,2
0,5	0,44	1	0	0,56	1

Annexe 4 :

Le distributeur

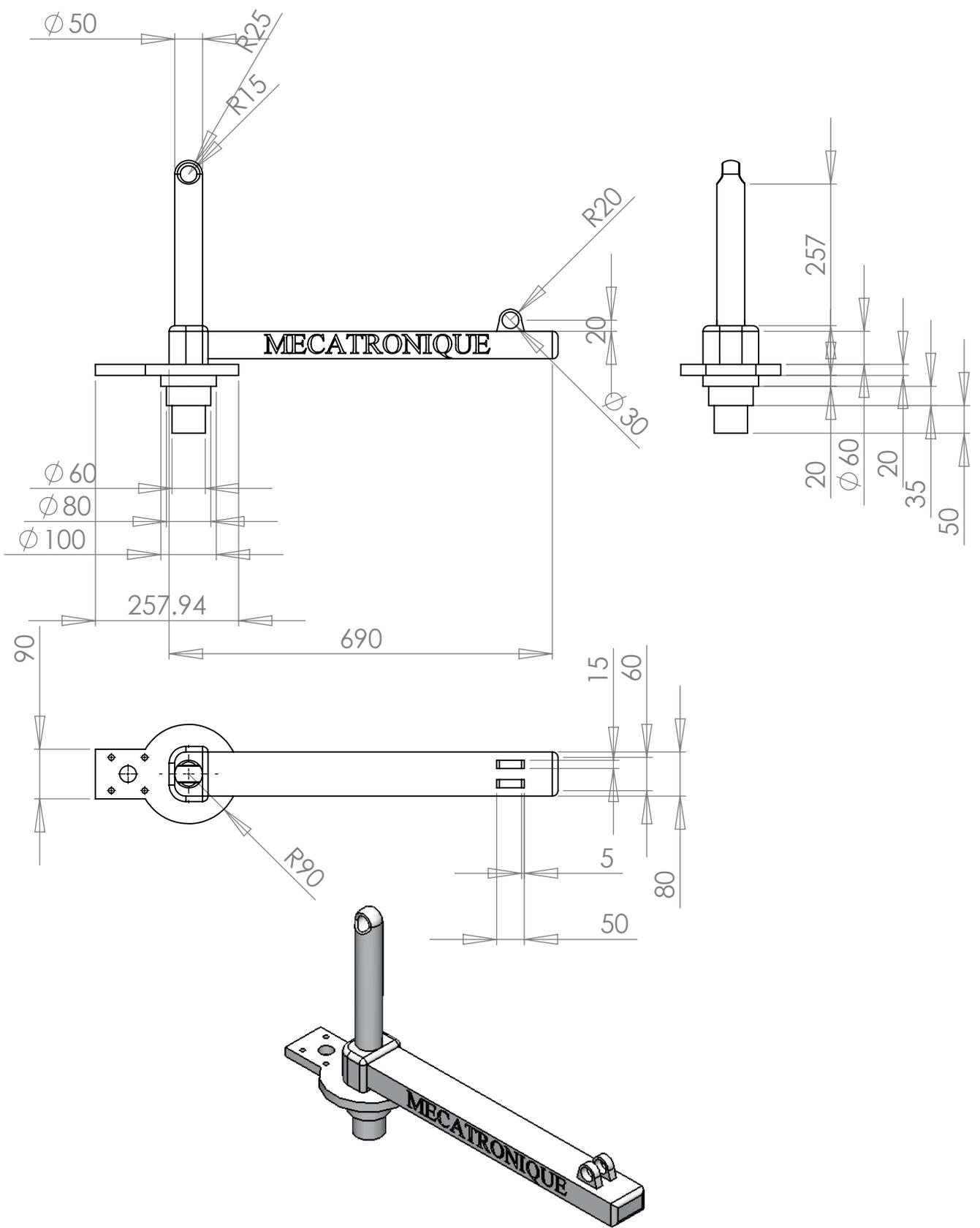


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
DRAWN			SIGNATURE		DATE		TITLE:  Université Badji Mokhtar- Annaba-				
CHK'D							DWG NO. <b>Distributeur</b>				
APPV'D											
MFG							SCALE:1:20				
Q.A											
					MATERIAL: <b>Alliage d'alluminium 6061</b>		SHEET 1 OF 1				
					WEIGHT: <b>17000 grammes</b>						

A4

Annexe 5 :

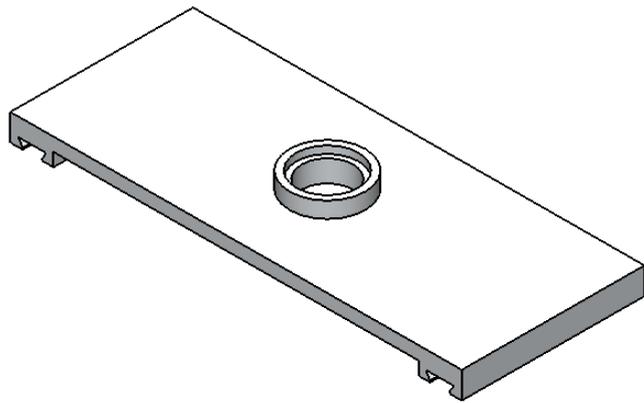
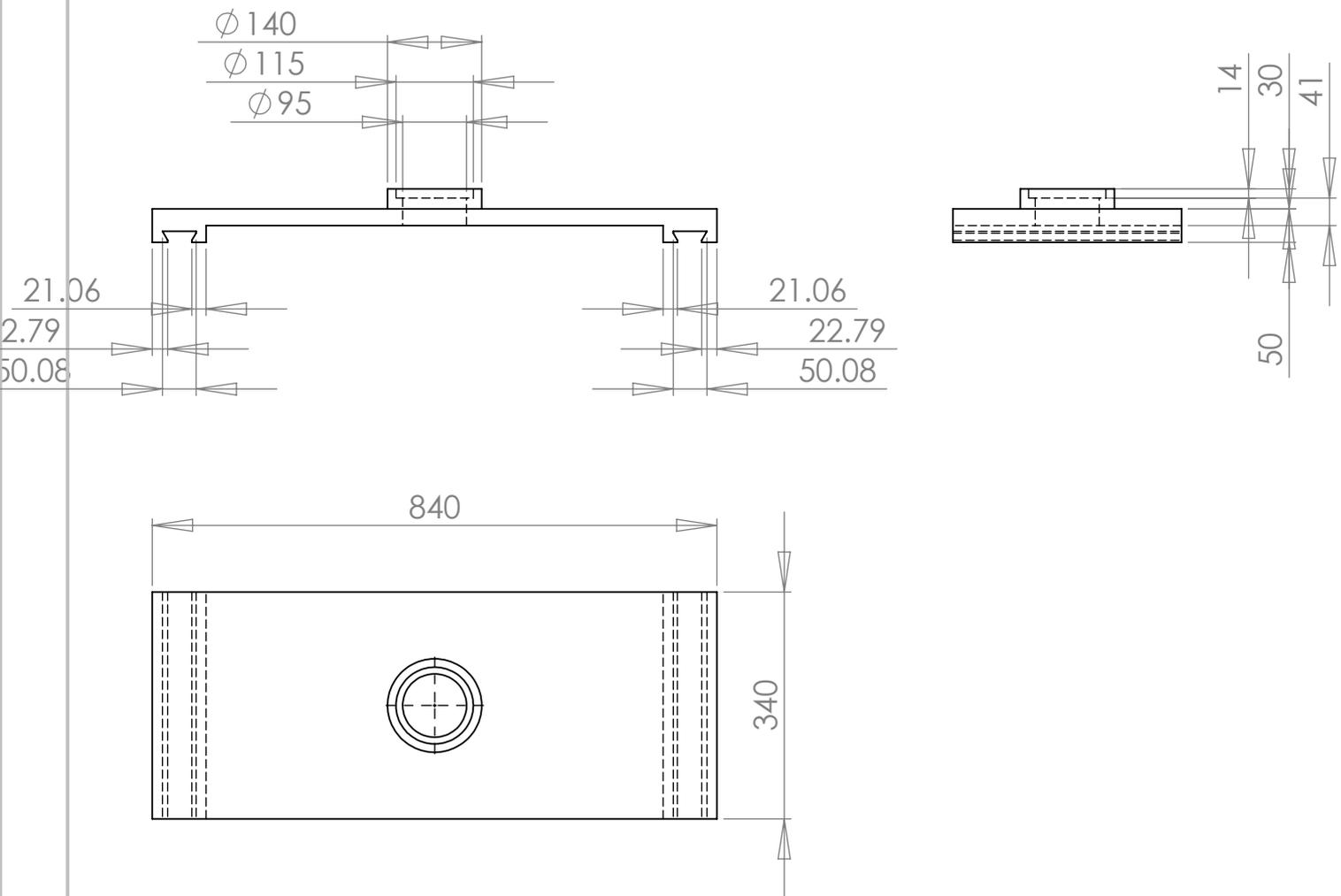
Le bras



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
NAME			SIGNATURE		DATE		TITLE:  Université Badji Mokhtar- Annaba-				
DRAWN							DWG NO. <b>Le Bras</b> <span style="float: right;">A4</span>				
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
Q.A					MATERIAL: Alliage d'alluminium 6061		WEIGHT: 7700 grammes		SCALE:1:10		
							SHEET 1 OF 1				

Annexe 6 :

Le chariot



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

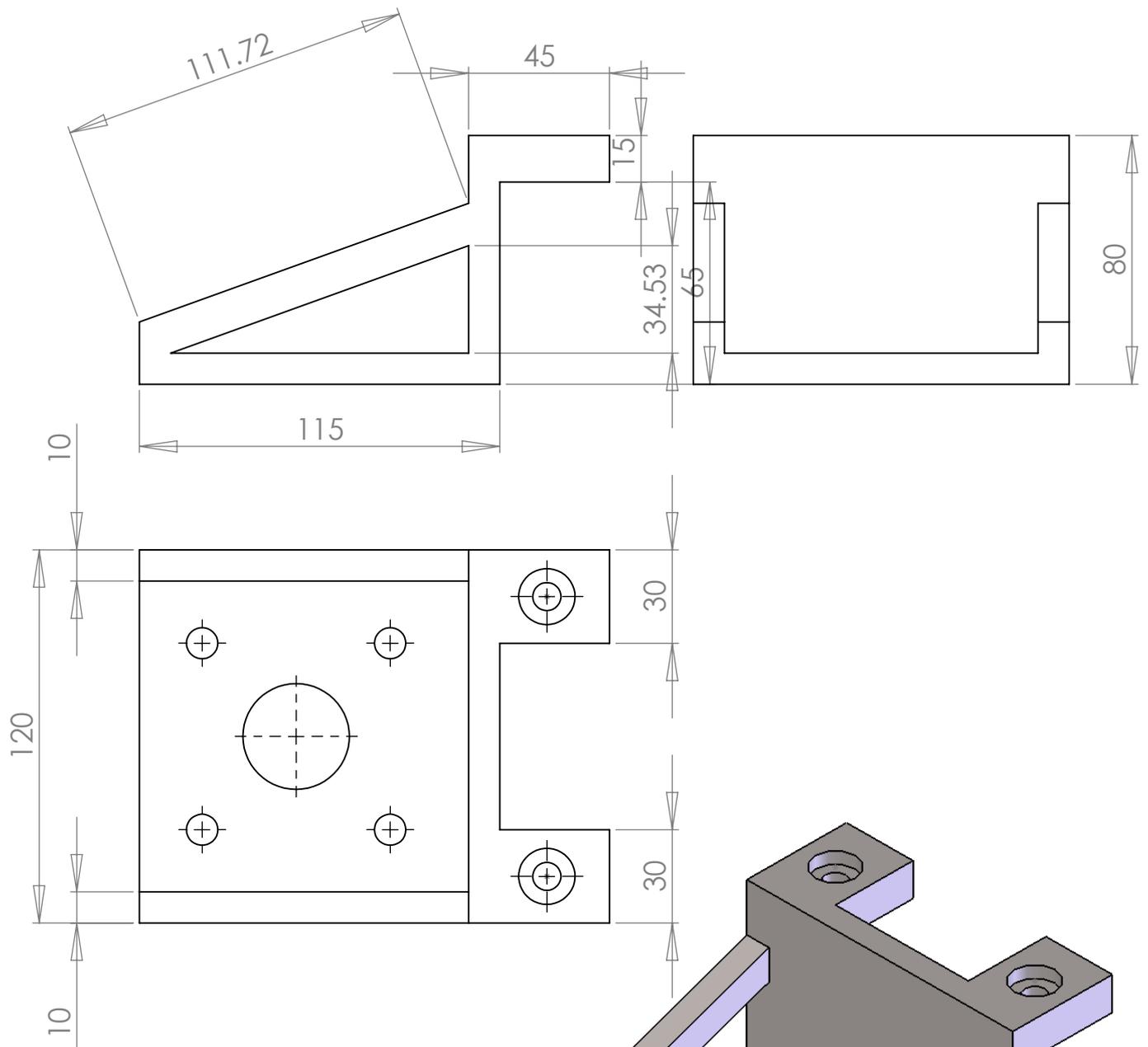
REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
			MATERIAL: Alliage d'aluminium 6061		
			WEIGHT: 21700 grammes		

TITLE: Université Badji Mokhtar- Annaba-	
DWG NO. Le Chariot	A4
SCALE:1:20 SHEET 1 OF 1	

Annexe 7 :

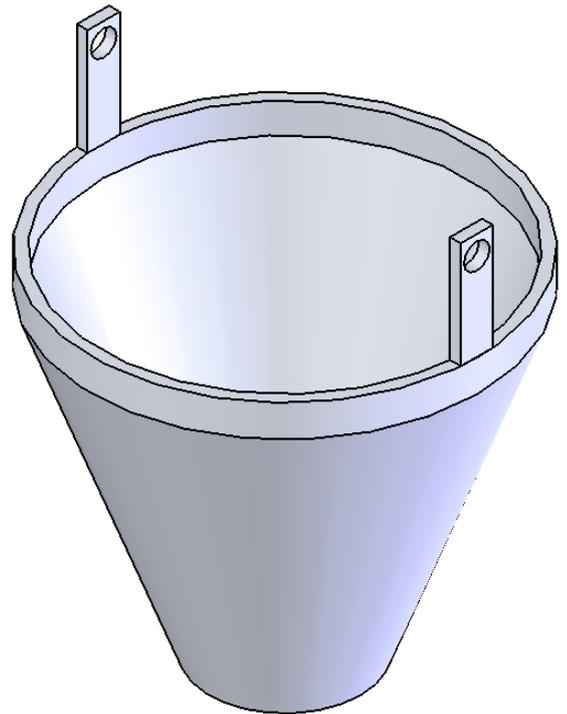
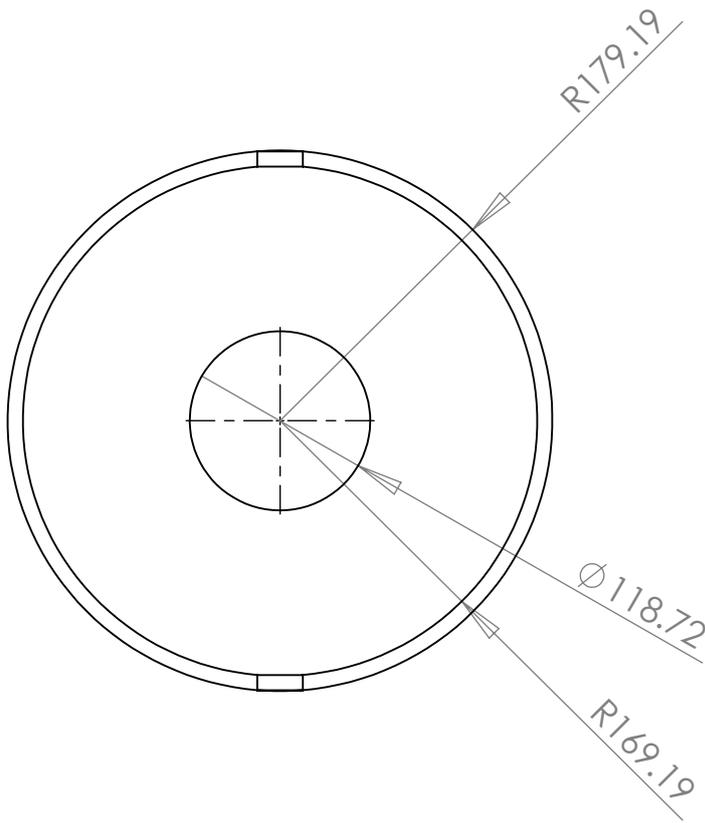
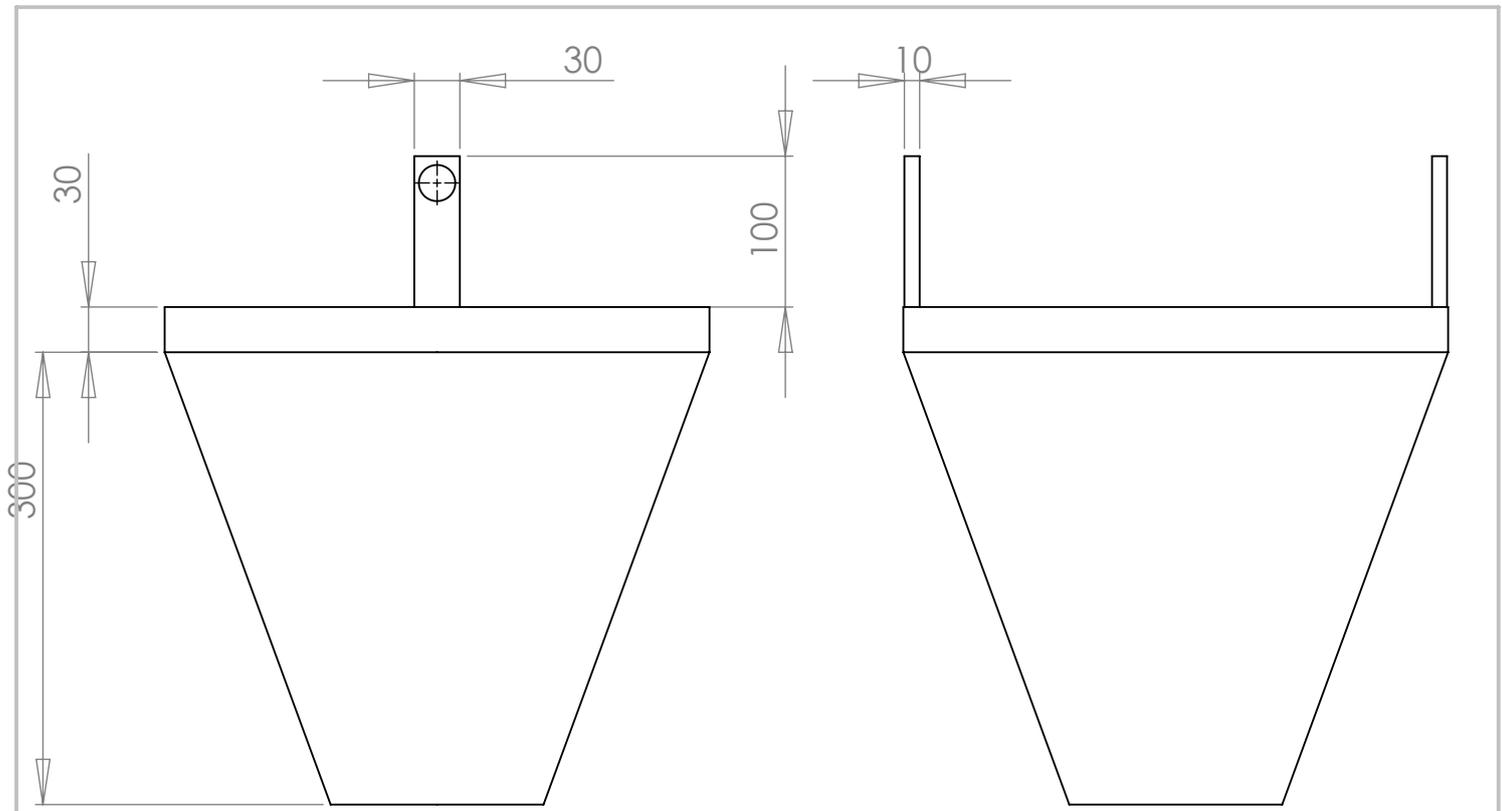
Le Support moteur



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN				SIGNATURE		DATE		TITLE:			
CHK'D								Université Badji Mokhtar- Annaba-			
APPV'D								Support Moteur			
MFG								DWG NO.		A4	
Q.A						MATERIAL:		Acier XC48		SHEET 1 OF 1	
						WEIGHT:		1500 grammes		SCALE:1:5	

Annexe 8.:

La Trémie



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:  
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
SURFACE FINISH:  
TOLERANCES:  
LINEAR:  
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND  
BREAK SHARP  
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
			MATERIAL:		
			Alliage d'alluminium		
			1060		
			WEIGHT: 2600 grammes		

TITLE:

Université Badji Mokhtar- Annaba-

DWG NO.

La Trémie

A4

SCALE:1:10

SHEET 1 OF 1

Annexe A :

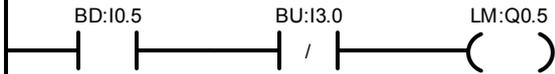
Le programme

Block: Programmation du projet  
 Author: Barendji Mohamed et Idir Hanene  
 Created: 03/25/2011 04:56:23 pm  
 Last Modified: 06/10/2011 06:24:11 pm

Symbol	Var Type	Data Type	Comment
	TEMP		

PROGRAMME EN LANGAGE CONTACT POUR NOS ROBOT DISTRIBUTEUR

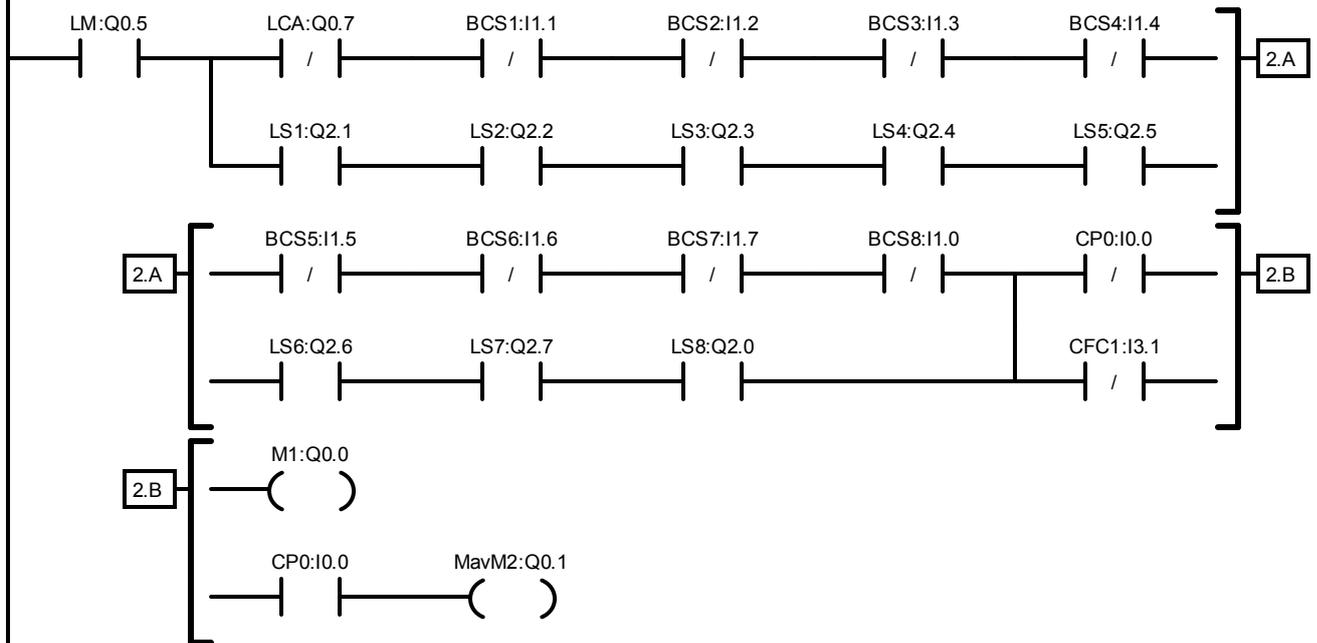
Network 1 Activation de signal de marche



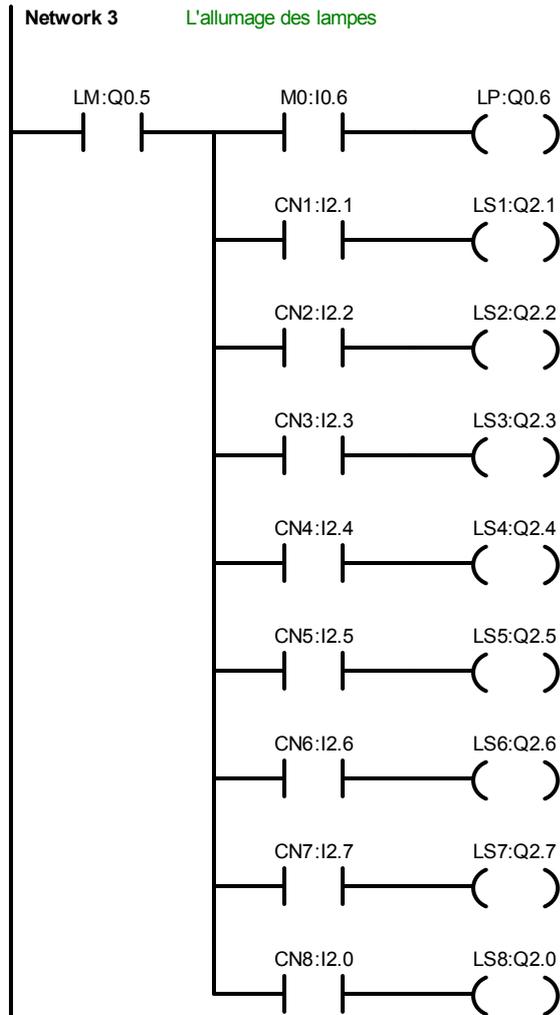
Symbol	Address	Comment
BD	I0.5	Bouton de démarrage
BU	I3.0	Bouton d'urgence (fermé au repos)
LM	Q0.5	Lampe de marche

**Network 2**      Activation du Moteur 1 et Moteur 2 vers la position initial

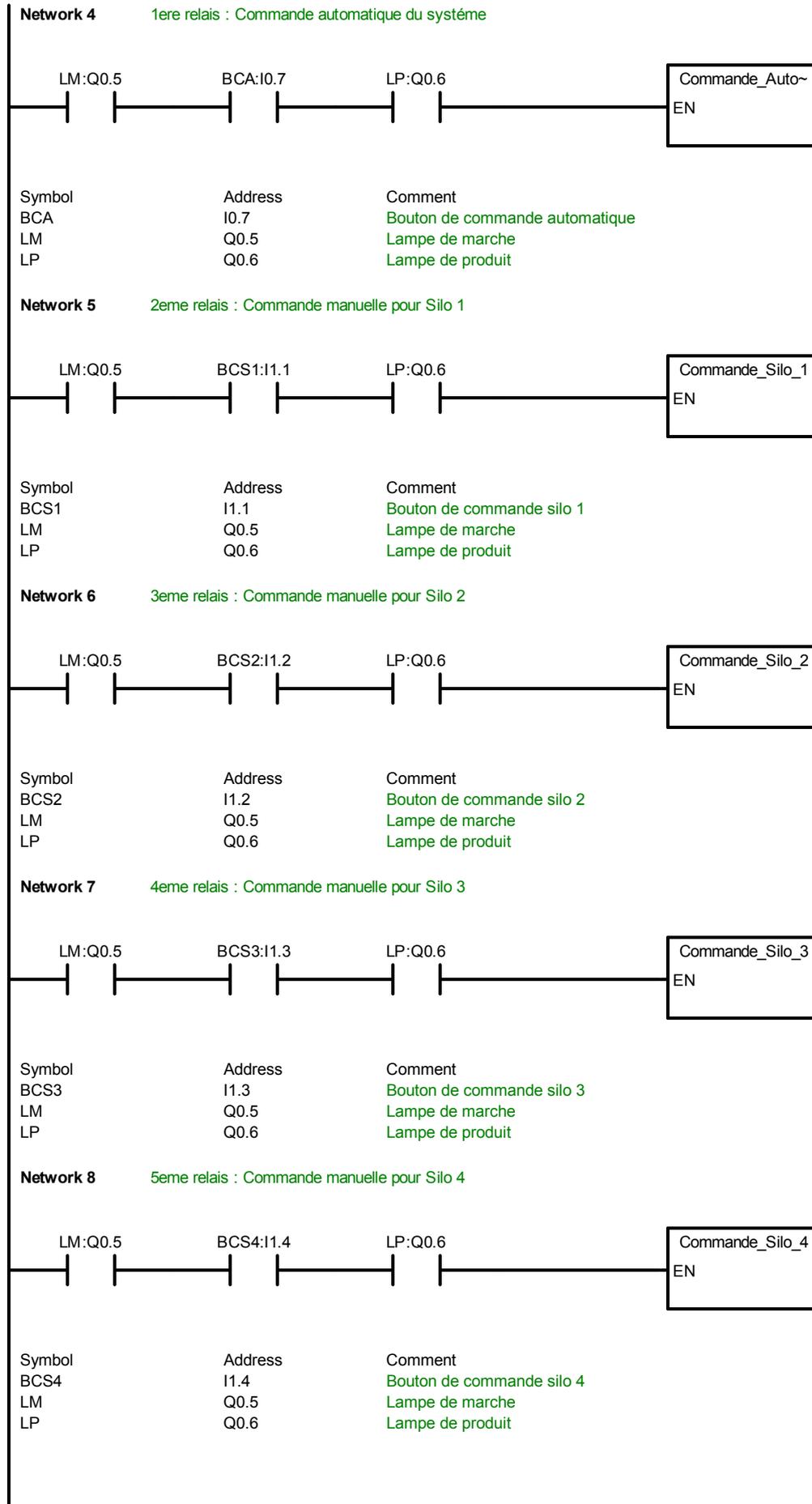
Commentaire de réseau



Symbol	Address	Comment
BCS1	I1.1	Bouton de commande silo 1
BCS2	I1.2	Bouton de commande silo 2
BCS3	I1.3	Bouton de commande silo 3
BCS4	I1.4	Bouton de commande silo 4
BCS5	I1.5	Bouton de commande silo 5
BCS6	I1.6	Bouton de commande silo 6
BCS7	I1.7	Bouton de commande silo 7
BCS8	I1.0	Bouton de commande silo 8
CFC1	I3.1	Capteur de fin de course pos-int (M2)
CP0	I0.0	Capteur de position initial (M1)
LCA	Q0.7	Lampe de commande automatique
LM	Q0.5	Lampe de marche
LS1	Q2.1	Lampe de Silo 1
LS2	Q2.2	Lampe de Silo 2
LS3	Q2.3	Lampe de Silo 3
LS4	Q2.4	Lampe de Silo 4
LS5	Q2.5	Lampe de Silo 5
LS6	Q2.6	Lampe de Silo 6
LS7	Q2.7	Lampe de Silo 7
LS8	Q2.0	Lampe de Silo 8
M1	Q0.0	Moteur pour la rotation du bras
MavM2	Q0.1	Marche avant Moteur pour le déplacement du chariot

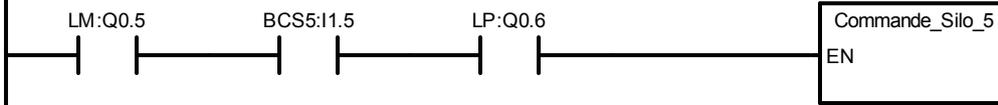


Symbol	Address	Comment
CN1	I2.1	Capteur de niveau de silo 1 (ouvert au repos)
CN2	I2.2	Capteur de niveau de silo 2 (ouvert au repos)
CN3	I2.3	Capteur de niveau de silo 3 (ouvert au repos)
CN4	I2.4	Capteur de niveau de silo 4 (ouvert au repos)
CN5	I2.5	Capteur de niveau de silo 5 (ouvert au repos)
CN6	I2.6	Capteur de niveau de silo 6 (ouvert au repos)
CN7	I2.7	Capteur de niveau de silo 7 (ouvert au repos)
CN8	I2.0	Capteur de niveau de silo 8 (ouvert au repos)
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit
LS1	Q2.1	Lampe de Silo 1
LS2	Q2.2	Lampe de Silo 2
LS3	Q2.3	Lampe de Silo 3
LS4	Q2.4	Lampe de Silo 4
LS5	Q2.5	Lampe de Silo 5
LS6	Q2.6	Lampe de Silo 6
LS7	Q2.7	Lampe de Silo 7
LS8	Q2.0	Lampe de Silo 8
M0	I0.6	Moteur de l'élévateur



**Network 9**

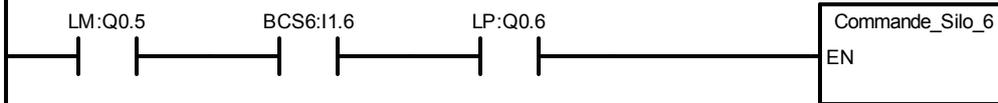
6eme relais : Commande manuelle pour Silo 5



Symbol	Address	Comment
BCS5	I1.5	Bouton de commande silo 5
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit

**Network 10**

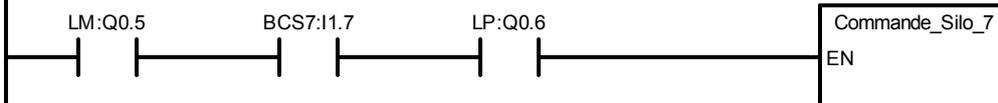
7eme relais : Commande manuelle pour Silo 6



Symbol	Address	Comment
BCS6	I1.6	Bouton de commande silo 6
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit

**Network 11**

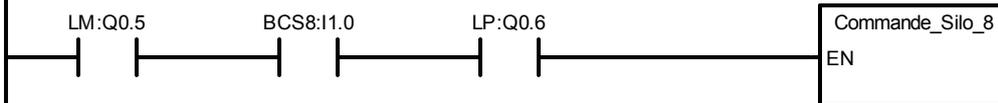
8eme relais : Commande manuelle pour Silo 7



Symbol	Address	Comment
BCS7	I1.7	Bouton de commande silo 7
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit

**Network 12**

9eme relais : Commande manuelle pour Silo 8



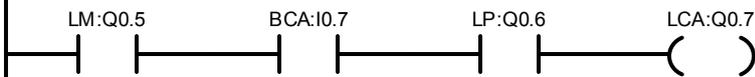
Symbol	Address	Comment
BCS8	I1.0	Bouton de commande silo 8
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit

Block: Commande\_Automatique  
 Author: Barendji Mohamed et Idir Hanene  
 Created: 03/25/2011 04:56:23 pm  
 Last Modified: 06/10/2011 06:24:11 pm

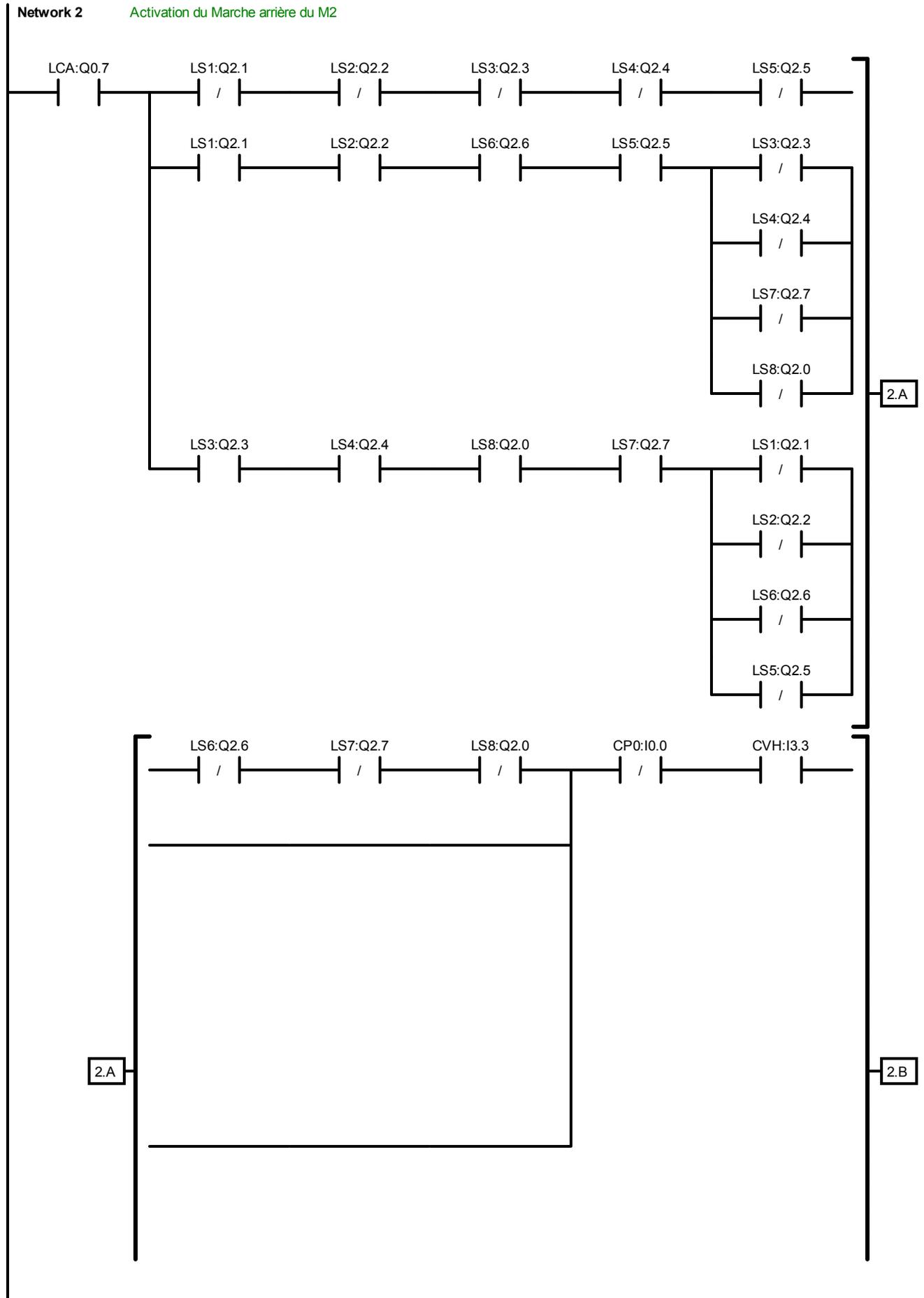
Symbol	Var Type	Data Type	Comment
EN	IN	BOOL	
	IN		
	IN_OUT		
	OUT		
	TEMP		

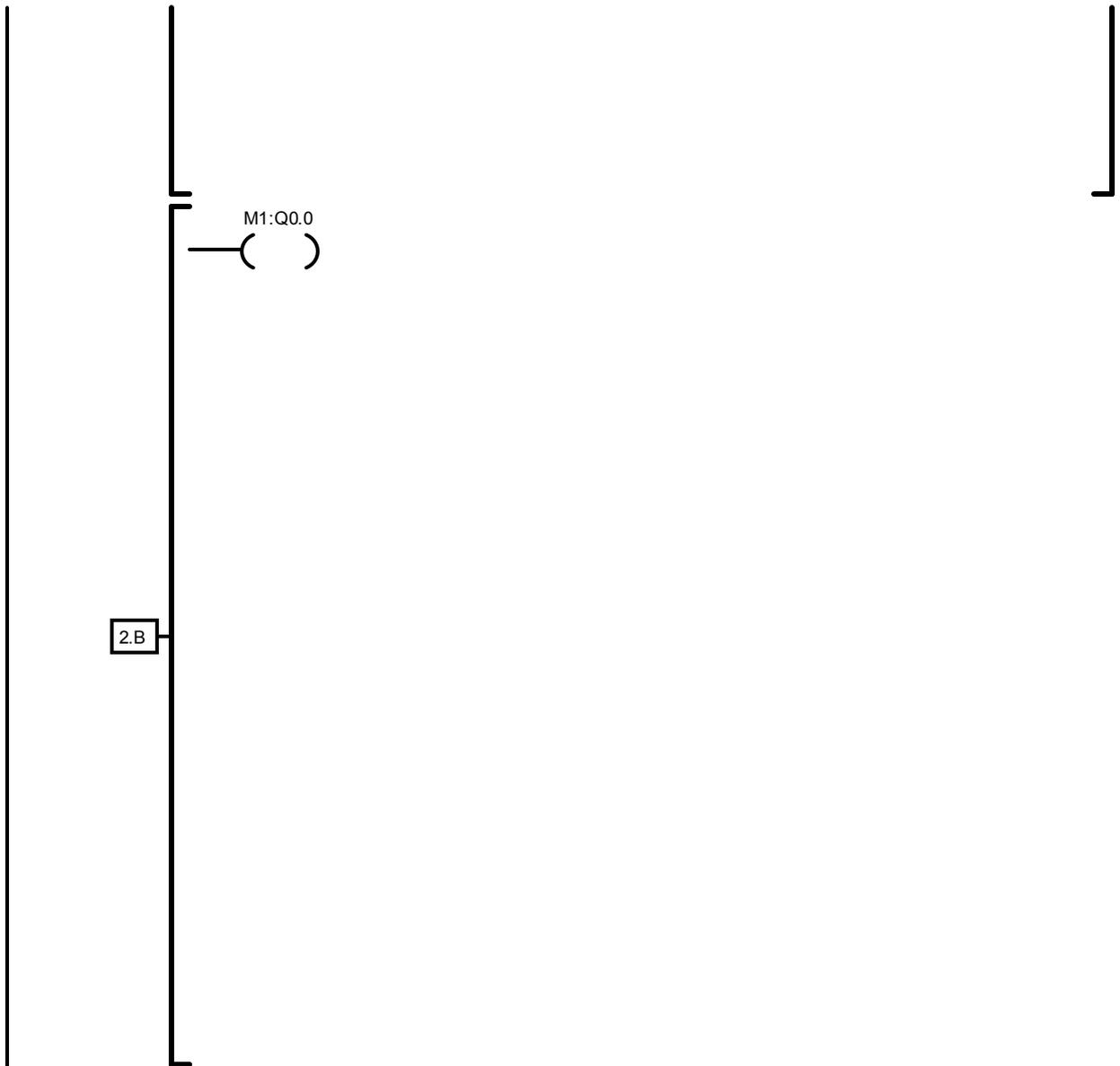
**SOUS-PROGRAMME POUR LA COMMANDE AUTOMATIQUE**

**Network 1** L'allumage de la lampe de commande automatique

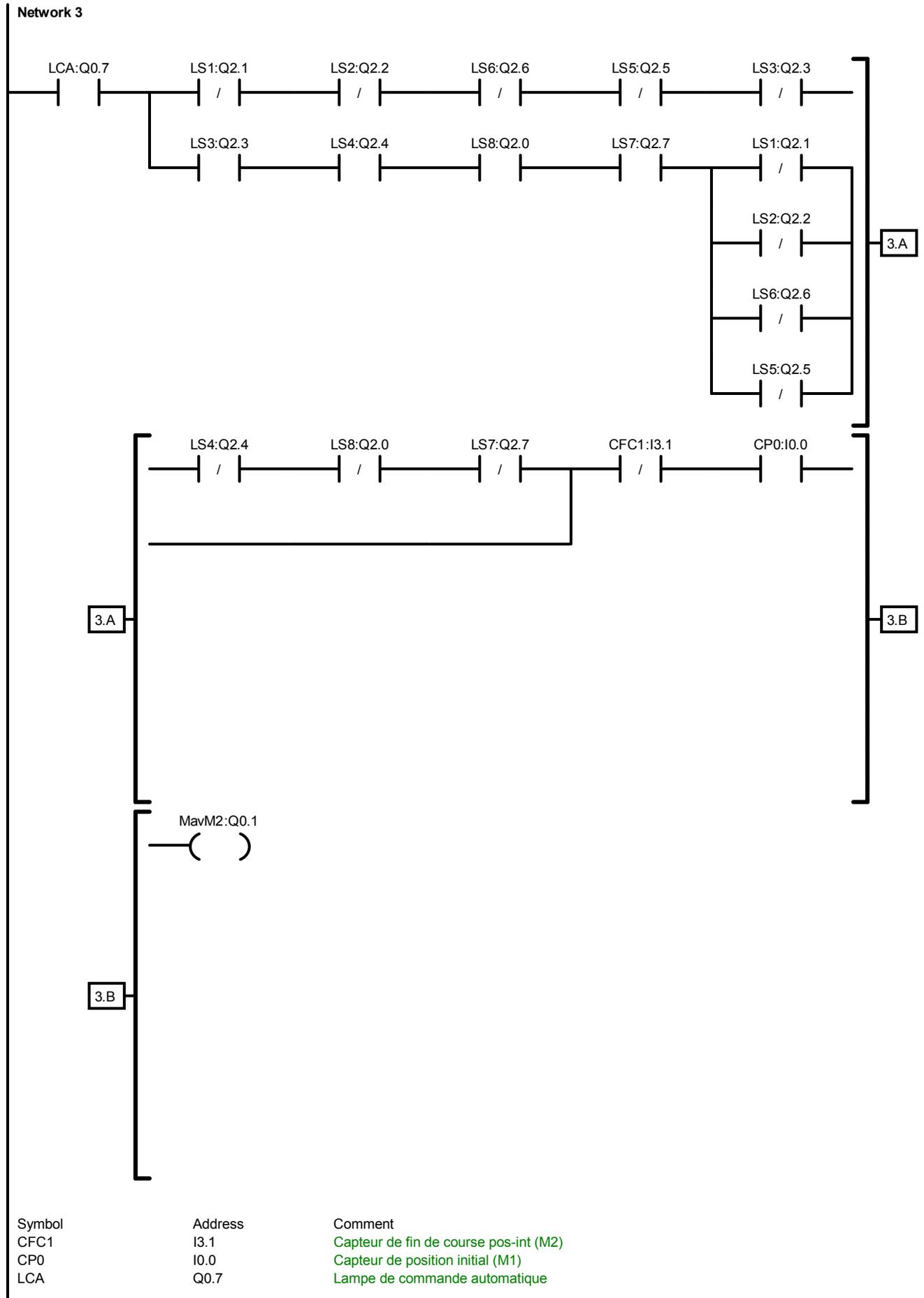


Symbol	Address	Comment
BCA	I0.7	Bouton de commande automatique
LCA	Q0.7	Lampe de commande automatique
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit



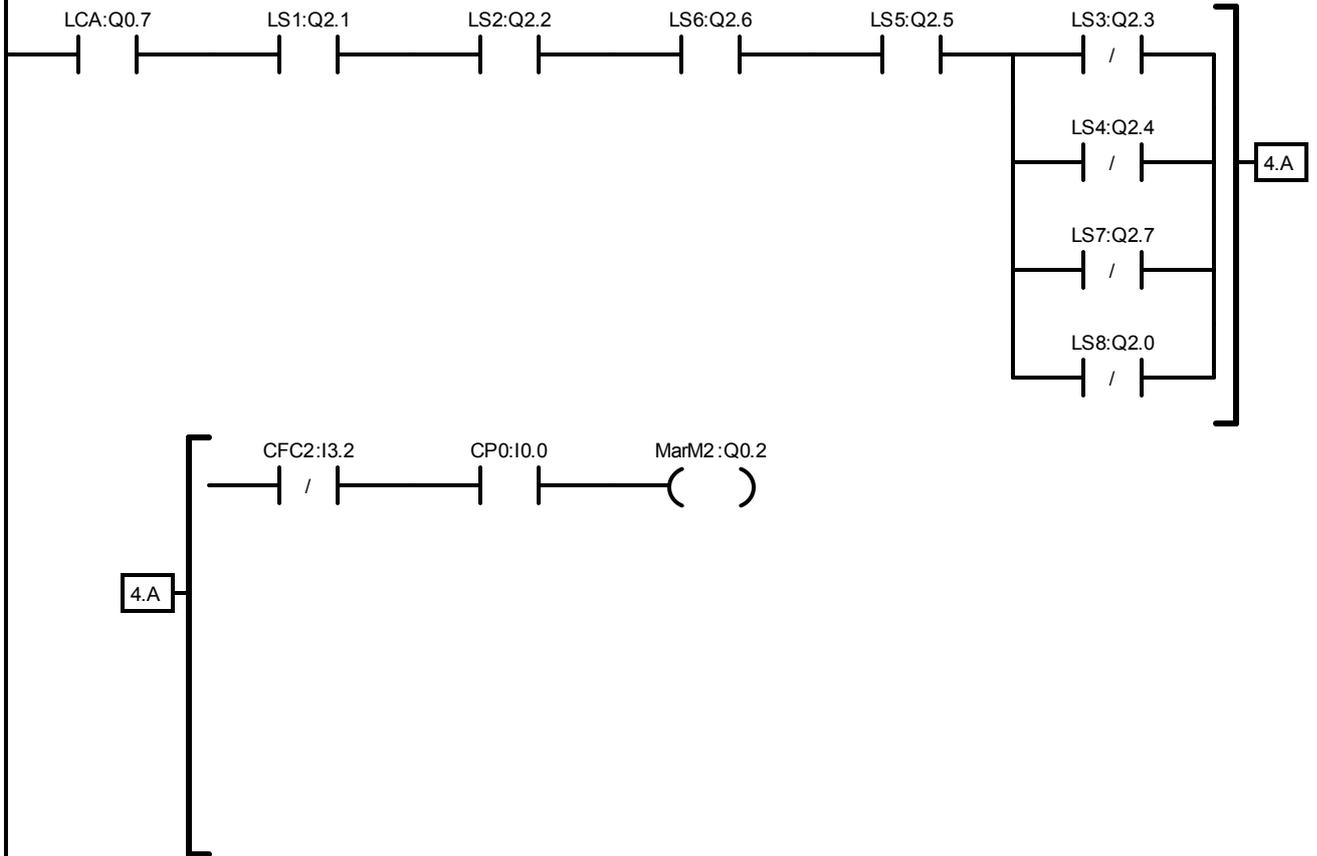


Symbol	Address	Comment
CP0	I0.0	Capteur de position initial (M1)
CVH	I3.3	Capteur de vérin haut
LCA	Q0.7	Lampe de commande automatique
LS1	Q2.1	Lampe de Silo 1
LS2	Q2.2	Lampe de Silo 2
LS3	Q2.3	Lampe de Silo 3
LS4	Q2.4	Lampe de Silo 4
LS5	Q2.5	Lampe de Silo 5
LS6	Q2.6	Lampe de Silo 6
LS7	Q2.7	Lampe de Silo 7
LS8	Q2.0	Lampe de Silo 8
M1	Q0.0	Moteur pour la rotation du bras



LS1	Q2.1	Lampe de Silo 1
LS2	Q2.2	Lampe de Silo 2
LS3	Q2.3	Lampe de Silo 3
LS4	Q2.4	Lampe de Silo 4
LS5	Q2.5	Lampe de Silo 5
LS6	Q2.6	Lampe de Silo 6
LS7	Q2.7	Lampe de Silo 7
LS8	Q2.0	Lampe de Silo 8
MavM2	Q0.1	Marche avant Moteur pour le déplacement du chariot

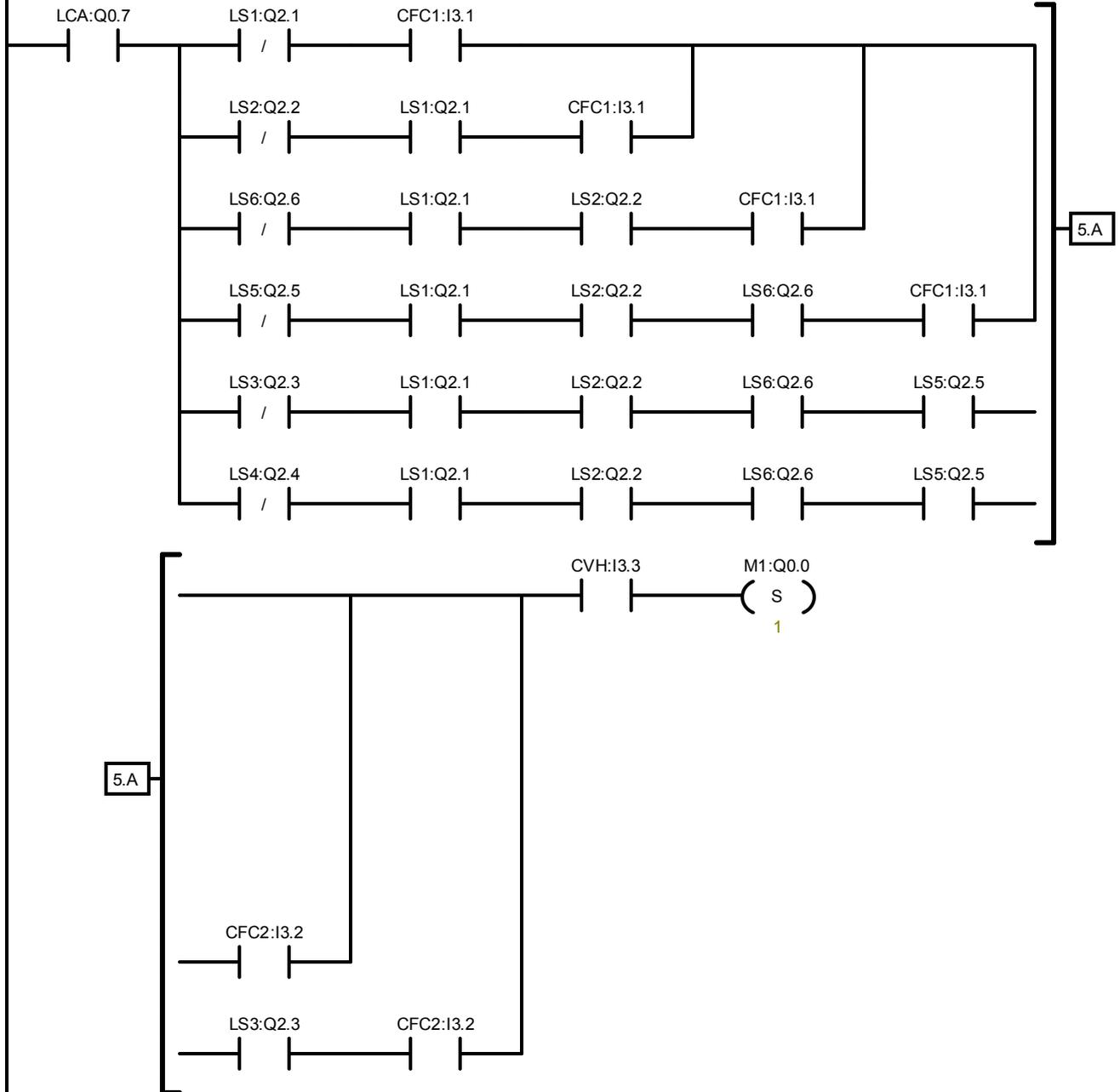
**Network 4**      Activation du Marche arrière du M2



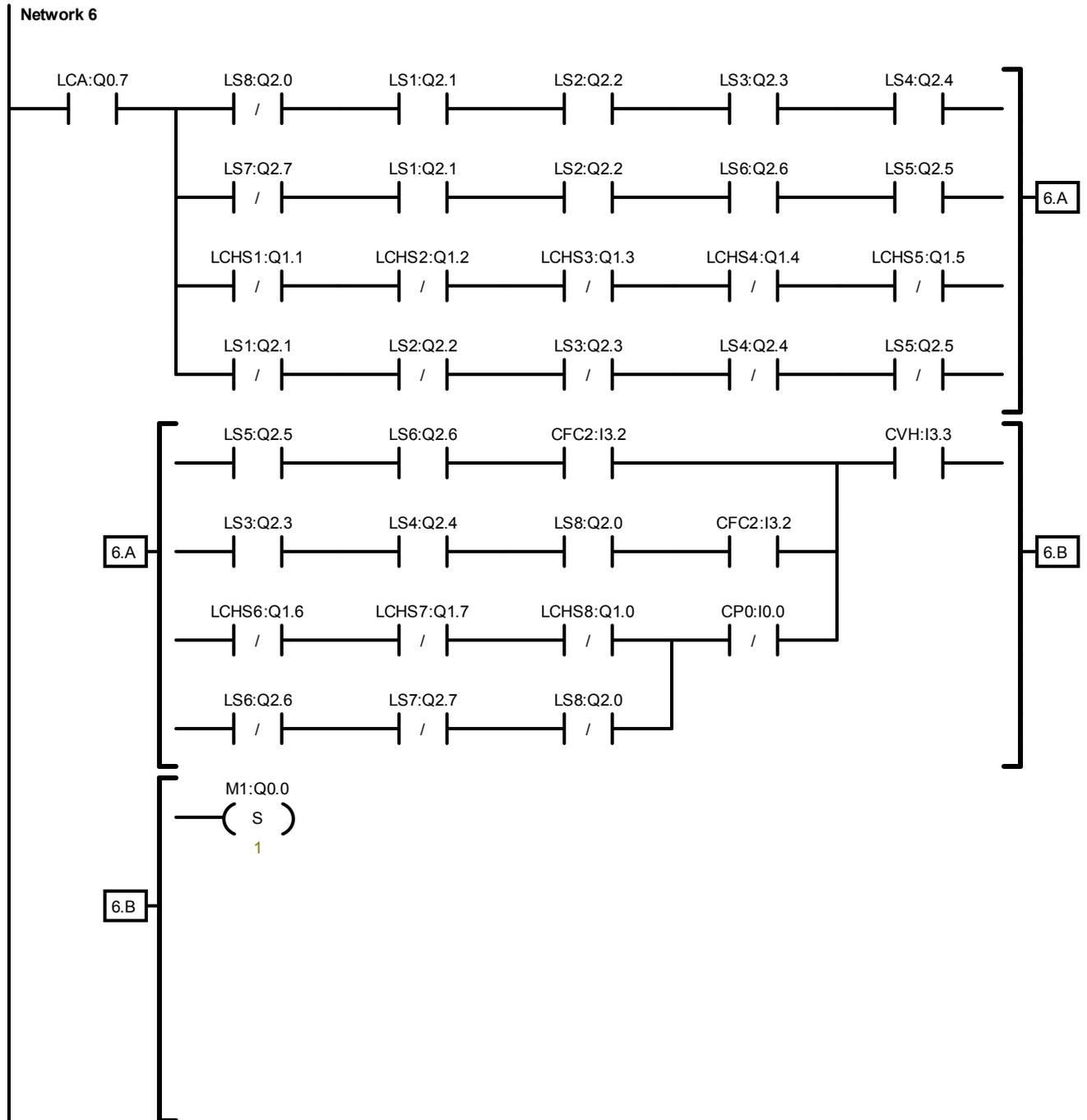
Symbol	Address	Comment
CFC2	I3.2	Capteur de fin de course pos-fin (M2)
CP0	I0.0	Capteur de position initial (M1)
LCA	Q0.7	Lampe de commande automatique
LS1	Q2.1	Lampe de Silo 1
LS2	Q2.2	Lampe de Silo 2
LS3	Q2.3	Lampe de Silo 3
LS4	Q2.4	Lampe de Silo 4
LS5	Q2.5	Lampe de Silo 5
LS6	Q2.6	Lampe de Silo 6
LS7	Q2.7	Lampe de Silo 7
LS8	Q2.0	Lampe de Silo 8
MarM2	Q0.2	Marche arrière Moteur pour le déplacement du chariot

**Network 5**      Activation du M1

Commentaire de réseau



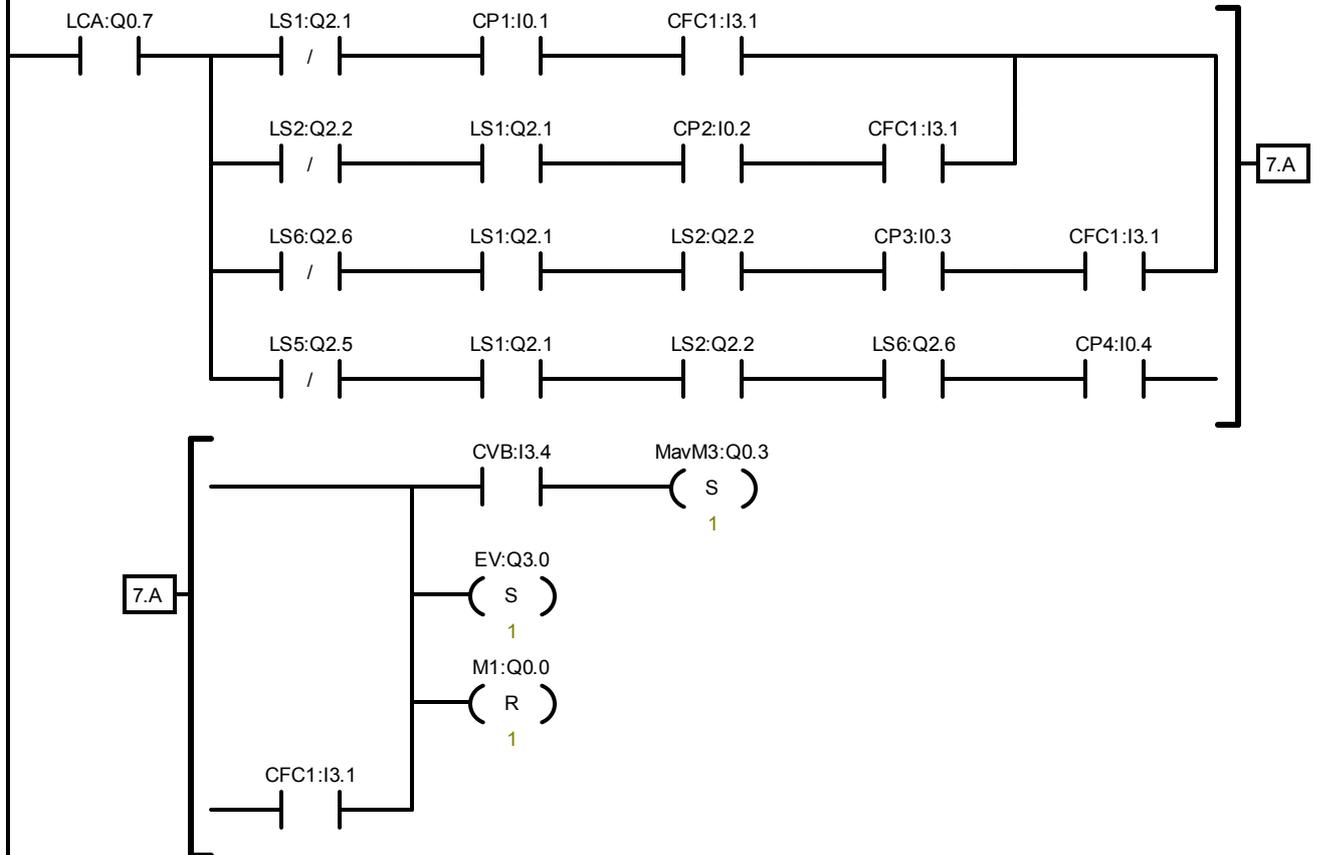
Symbol	Address	Comment
CFC1	I3.1	Capteur de fin de course pos-int (M2)
CFC2	I3.2	Capteur de fin de course pos-fin (M2)
CVH	I3.3	Capteur de vérin haut
LCA	Q0.7	Lampe de commande automatique
LS1	Q2.1	Lampe de Silo 1
LS2	Q2.2	Lampe de Silo 2
LS3	Q2.3	Lampe de Silo 3
LS4	Q2.4	Lampe de Silo 4
LS5	Q2.5	Lampe de Silo 5
LS6	Q2.6	Lampe de Silo 6
M1	Q0.0	Moteur pour la rotation du bras



Symbol	Address	Comment
CFC2	I3.2	Capteur de fin de course pos-fin (M2)
CP0	I0.0	Capteur de position initial (M1)
CVH	I3.3	Capteur de vérin haut
LCA	Q0.7	Lampe de commande automatique
LCHS1	Q1.1	Lampe de silo 1 en charge
LCHS2	Q1.2	Lampe de silo 2 en charge
LCHS3	Q1.3	Lampe de silo 3 en charge
LCHS4	Q1.4	Lampe de silo 4 en charge
LCHS5	Q1.5	Lampe de silo 5 en charge
LCHS6	Q1.6	Lampe de silo 6 en charge
LCHS7	Q1.7	Lampe de silo 7 en charge
LCHS8	Q1.0	Lampe de silo 8 en charge
LS1	Q2.1	Lampe de Silo 1
LS2	Q2.2	Lampe de Silo 2
LS3	Q2.3	Lampe de Silo 3
LS4	Q2.4	Lampe de Silo 4

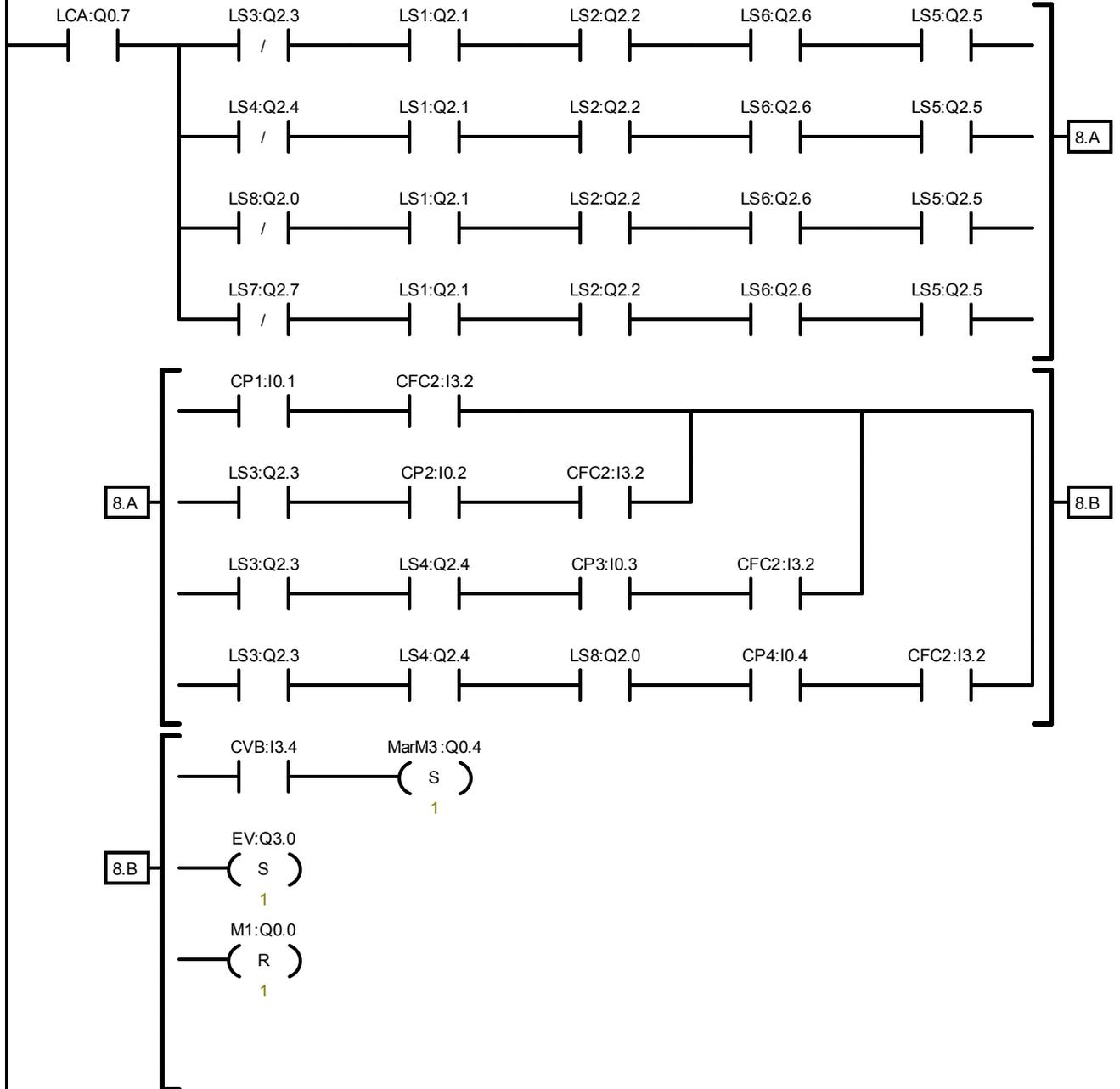
LS5	Q2.5	Lampe de Silo 5
LS6	Q2.6	Lampe de Silo 6
LS7	Q2.7	Lampe de Silo 7
LS8	Q2.0	Lampe de Silo 8
M1	Q0.0	Moteur pour la rotation du bras

**Network 7**



Symbol	Address	Comment
CFC1	I3.1	Capteur de fin de course pos-int (M2)
CP1	I0.1	Capteur de position 1 (M1)
CP2	I0.2	Capteur de position 2 (M1)
CP3	I0.3	Capteur de position 3 (M1)
CP4	I0.4	Capteur de position 4 (M1)
CVB	I3.4	Capteur de vérin bas
EV	Q3.0	Electrovonne pour le verin
LCA	Q0.7	Lampe de commande automatique
LS1	Q2.1	Lampe de Silo 1
LS2	Q2.2	Lampe de Silo 2
LS5	Q2.5	Lampe de Silo 5
LS6	Q2.6	Lampe de Silo 6
M1	Q0.0	Moteur pour la rotation du bras
MavM3	Q0.3	Marche avant Moteur pour le tapie roulant

**Network 8** DesActivation du M1 et activation du Marche arrière du M3

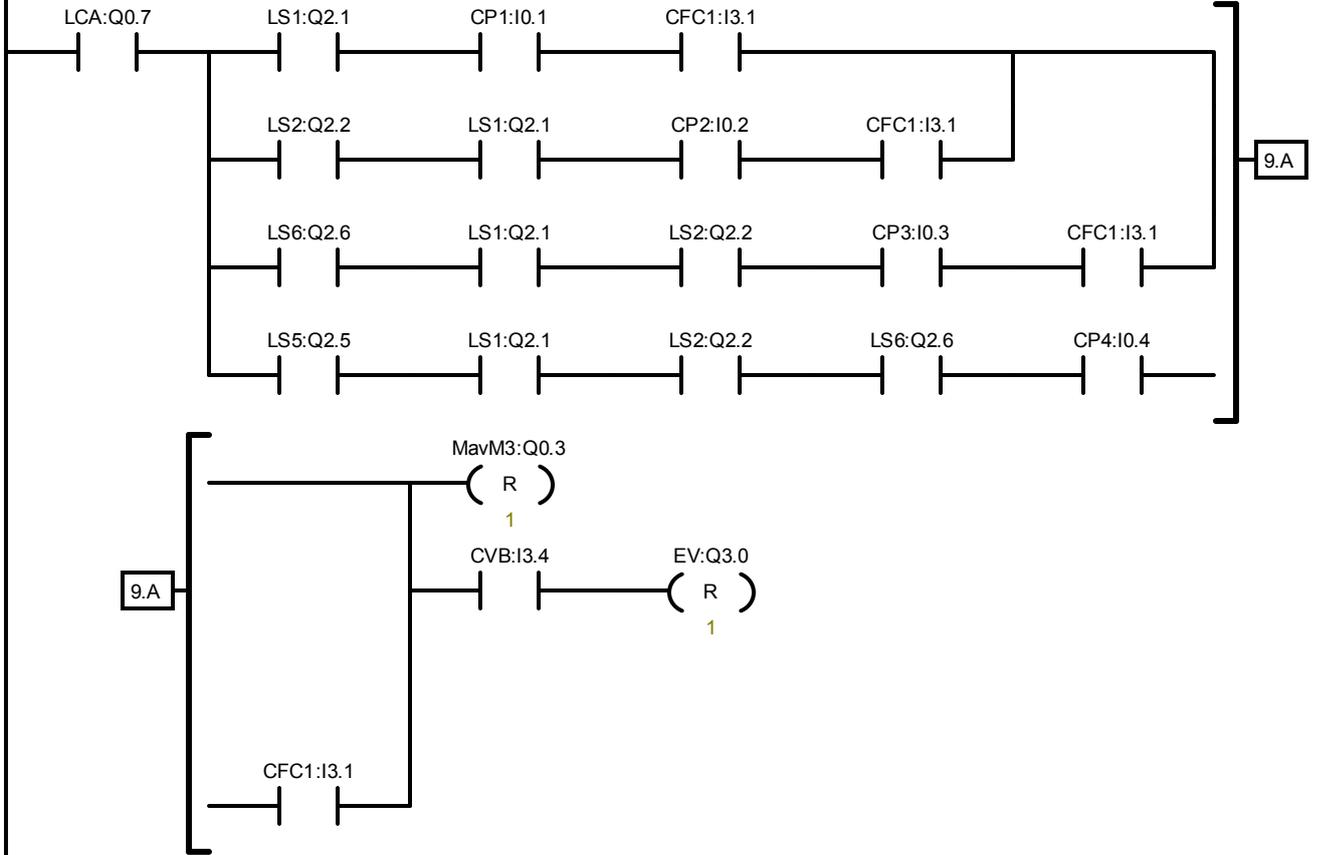


Symbol	Address	Comment
CFC2	I3.2	Capteur de fin de course pos-fin (M2)
CP1	I0.1	Capteur de position 1 (M1)
CP2	I0.2	Capteur de position 2 (M1)
CP3	I0.3	Capteur de position 3 (M1)
CP4	I0.4	Capteur de position 4 (M1)
CVB	I3.4	Capteur de vérin bas
EV	Q3.0	Electrovrnne pour le verin
LCA	Q0.7	Lampe de commande automatique
LS1	Q2.1	Lampe de Silo 1
LS2	Q2.2	Lampe de Silo 2
LS3	Q2.3	Lampe de Silo 3
LS4	Q2.4	Lampe de Silo 4
LS5	Q2.5	Lampe de Silo 5
LS6	Q2.6	Lampe de Silo 6
LS7	Q2.7	Lampe de Silo 7
LS8	Q2.0	Lampe de Silo 8

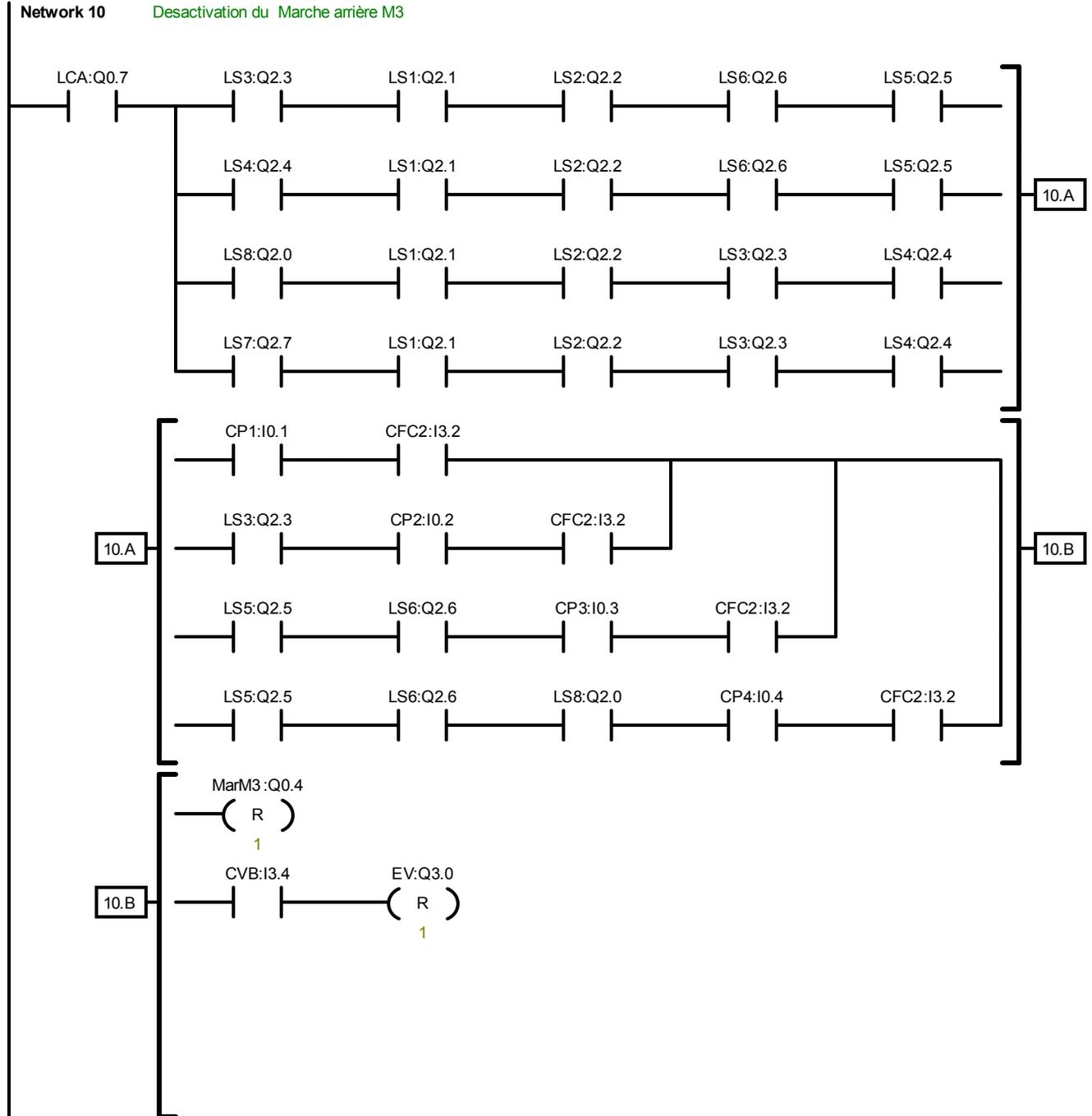
M1 Q0.0 Moteur pour la rotation du bras  
 MarM3 Q0.4 Marche arrière Moteur pour le tapie roulant

**Network 9** Desactivation du Marche avant M3

Commentaire de réseau



Symbol	Address	Comment
CFC1	I3.1	Capteur de fin de course pos-int (M2)
CP1	I0.1	Capteur de position 1 (M1)
CP2	I0.2	Capteur de position 2 (M1)
CP3	I0.3	Capteur de position 3 (M1)
CP4	I0.4	Capteur de position 4 (M1)
CVB	I3.4	Capteur de vérin bas
EV	Q3.0	Electrovne pour le verin
LCA	Q0.7	Lampe de commande automatique
LS1	Q2.1	Lampe de Silo 1
LS2	Q2.2	Lampe de Silo 2
LS5	Q2.5	Lampe de Silo 5
LS6	Q2.6	Lampe de Silo 6
MarM3	Q0.3	Marche avant Moteur pour le tapie roulant

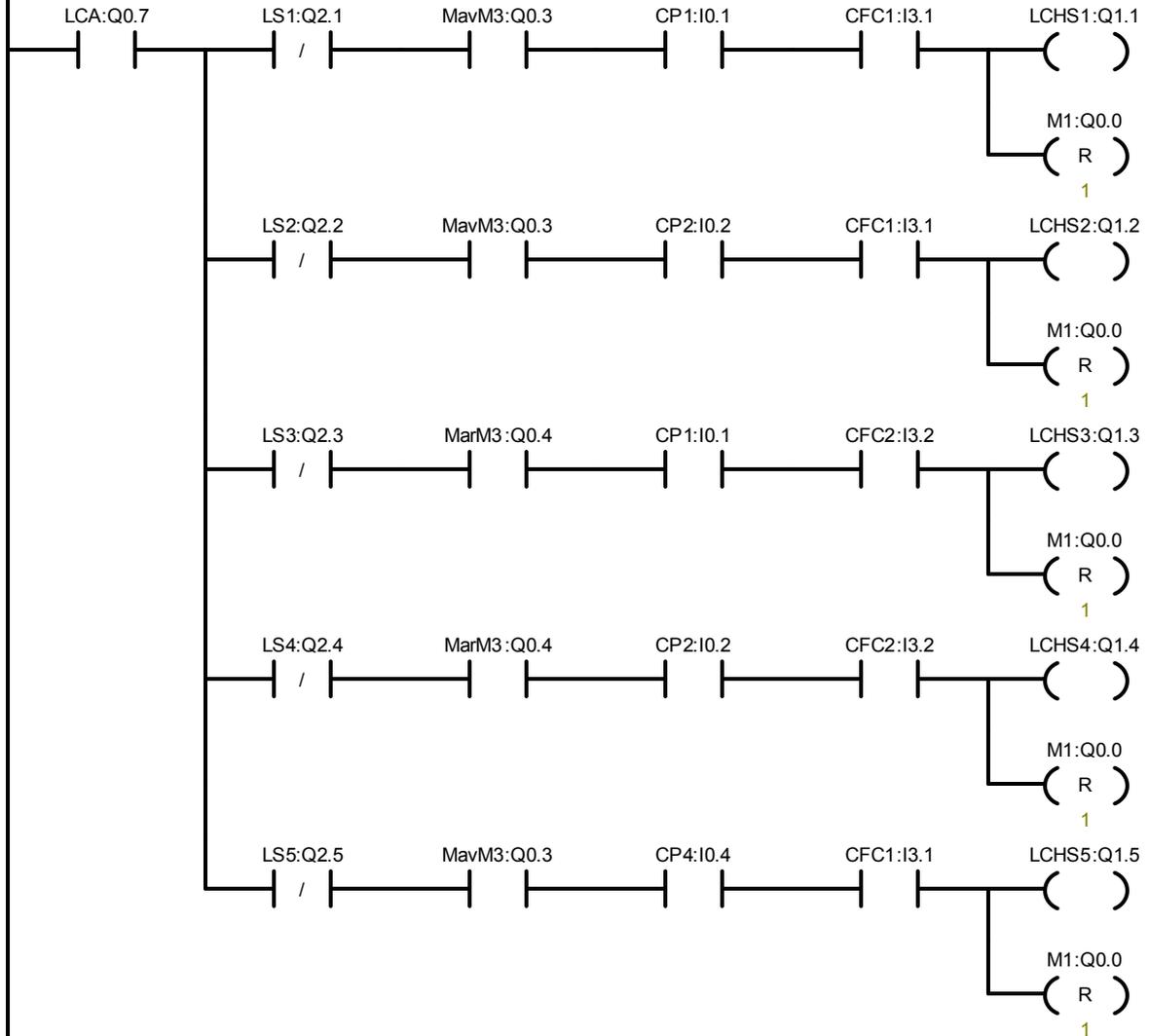


Symbol	Address	Comment
CFC2	I3.2	Capteur de fin de course pos-fin (M2)
CP1	I0.1	Capteur de position 1 (M1)
CP2	I0.2	Capteur de position 2 (M1)
CP3	I0.3	Capteur de position 3 (M1)
CP4	I0.4	Capteur de position 4 (M1)
CVB	I3.4	Capteur de vérin bas
EV	Q3.0	Electrovrnne pour le verin
LCA	Q0.7	Lampe de commande automatique
LS1	Q2.1	Lampe de Silo 1
LS2	Q2.2	Lampe de Silo 2
LS3	Q2.3	Lampe de Silo 3
LS4	Q2.4	Lampe de Silo 4
LS5	Q2.5	Lampe de Silo 5
LS6	Q2.6	Lampe de Silo 6
LS7	Q2.7	Lampe de Silo 7
LS8	Q2.0	Lampe de Silo 8

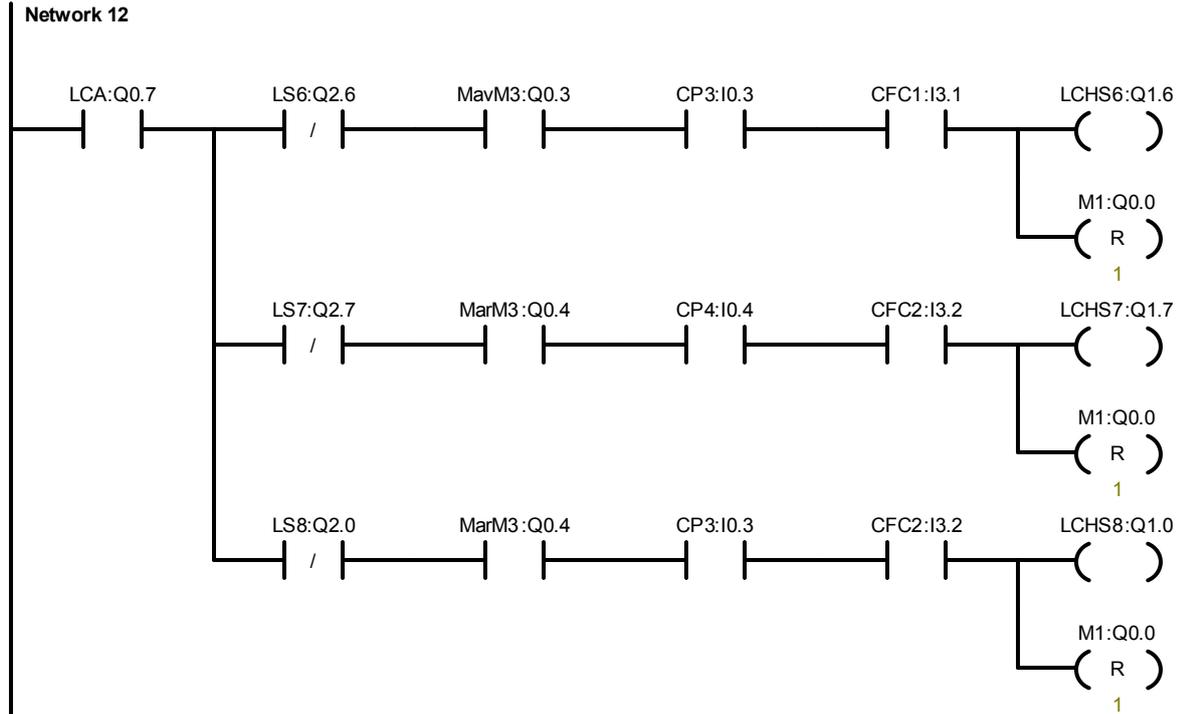
MarM3 Q0.4 Marche arrière Moteur pour le tapie roulant

**Network 11** Activation du lampe de charge

Commentaire de réseau



Symbol	Address	Comment
CFC1	I3.1	Capteur de fin de course pos-int (M2)
CFC2	I3.2	Capteur de fin de course pos-fin (M2)
CP1	I0.1	Capteur de position 1 (M1)
CP2	I0.2	Capteur de position 2 (M1)
CP4	I0.4	Capteur de position 4 (M1)
LCA	Q0.7	Lampe de commande automatique
LCCHS1	Q1.1	Lampe de silo 1 en charge
LCCHS2	Q1.2	Lampe de silo 2 en charge
LCCHS3	Q1.3	Lampe de silo 3 en charge
LCCHS4	Q1.4	Lampe de silo 4 en charge
LCCHS5	Q1.5	Lampe de silo 5 en charge
LS1	Q2.1	Lampe de Silo 1
LS2	Q2.2	Lampe de Silo 2
LS3	Q2.3	Lampe de Silo 3
LS4	Q2.4	Lampe de Silo 4
LS5	Q2.5	Lampe de Silo 5
M1	Q0.0	Moteur pour la rotation du bras
MarM3	Q0.4	Marche arrière Moteur pour le tapie roulant
MavM3	Q0.3	Marche avant Moteur pour le tapie roulant



Symbol	Address	Comment
CFC1	I3.1	Capteur de fin de course pos-int (M2)
CFC2	I3.2	Capteur de fin de course pos-fin (M2)
CP3	I0.3	Capteur de position 3 (M1)
CP4	I0.4	Capteur de position 4 (M1)
LCA	Q0.7	Lampe de commande automatique
LCHS6	Q1.6	Lampe de silo 6 en charge
LCHS7	Q1.7	Lampe de silo 7 en charge
LCHS8	Q1.0	Lampe de silo 8 en charge
LS6	Q2.6	Lampe de Silo 6
LS7	Q2.7	Lampe de Silo 7
LS8	Q2.0	Lampe de Silo 8
M1	Q0.0	Moteur pour la rotation du bras
MarM3	Q0.4	Marche arrière Moteur pour le tapie roulant
MavM3	Q0.3	Marche avant Moteur pour le tapie roulant

Block: Commande\_Silo\_1  
 Author: Barendji Mohamed et Idir Hanene  
 Created: 03/25/2011 09:35:37 pm  
 Last Modified: 06/10/2011 06:24:11 pm

Symbol	Var Type	Data Type	Comment
EN	IN	BOOL	
	IN		
	IN_OUT		
	OUT		
	TEMP		

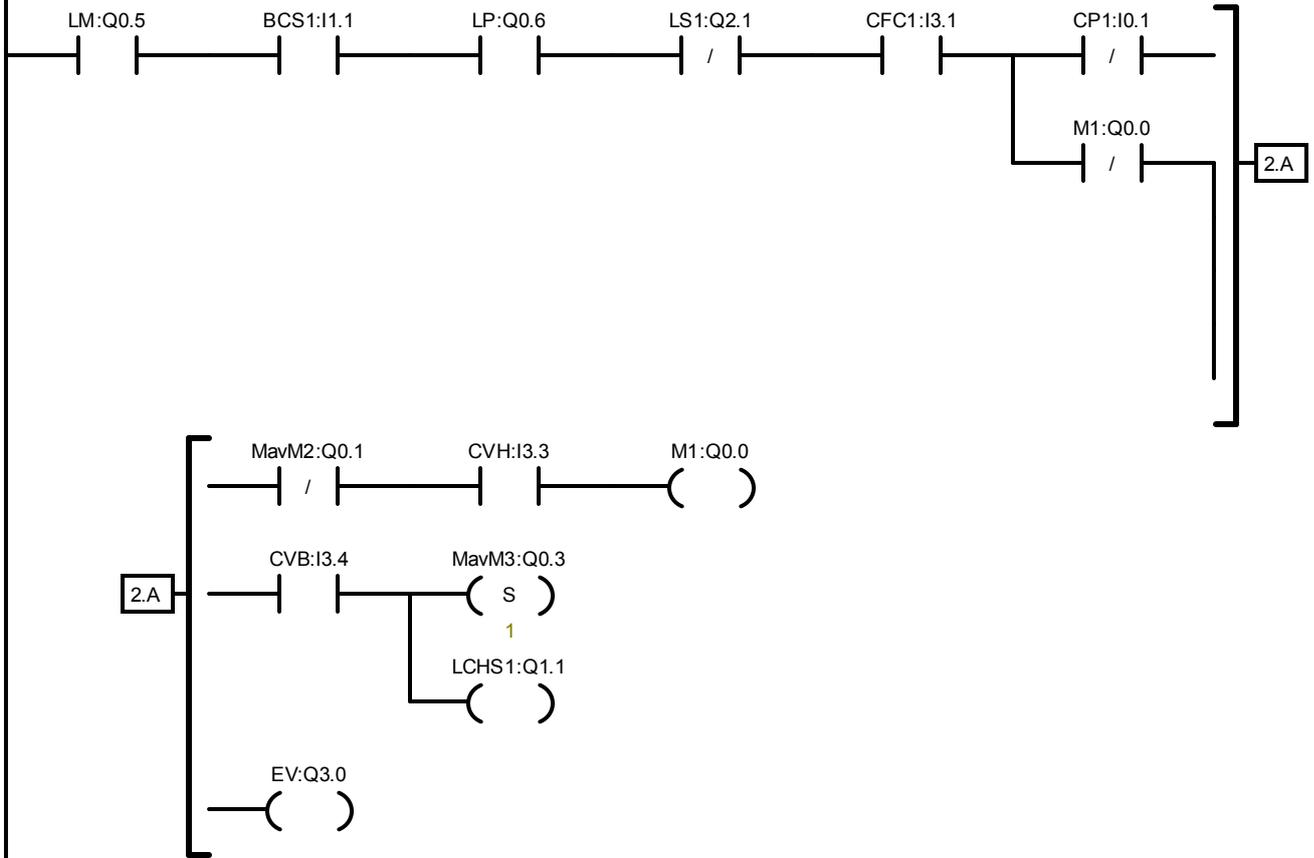
**SOUS-PROGRAMME POUR LA COMMANDE MANUELLE DU SILO 1**

**Network 1**      Activation du Moteur 1 vers silo 4



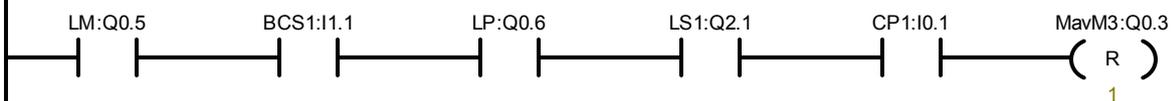
Symbol	Address	Comment
BCS1	I1.1	Bouton de commande silo 1
CFC1	I3.1	Capteur de fin de course pos-int (M2)
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit
LS1	Q2.1	Lampe de Silo 1
MavM2	Q0.1	Marche avant Moteur pour le déplacement du chariot

**Network 2**      Activation du Moteur 1 vers silo 3 et Désactivation du moteur 1 et activation du marche arrière du moteur 3



Symbol	Address	Comment
BCS1	I1.1	Bouton de commande silo 1
CFC1	I3.1	Capteur de fin de course pos-int (M2)
CP1	I0.1	Capteur de position 1 (M1)
CVB	I3.4	Capteur de vérin bas
CVH	I3.3	Capteur de vérin haut
EV	Q3.0	Electrovonne pour le verin
LCCHS1	Q1.1	Lampe de silo 1 en charge
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit
LS1	Q2.1	Lampe de Silo 1
M1	Q0.0	Moteur pour la rotation du bras
MavM2	Q0.1	Marche avant Moteur pour le déplacement du chariot
MavM3	Q0.3	Marche avant Moteur pour le tapie roulant

**Network 3**      Désactivation du marche arrière du moteur 3



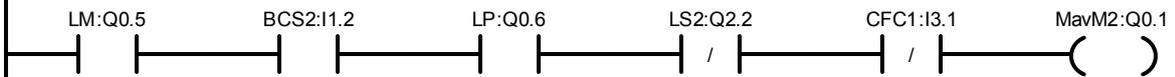
Symbol	Address	Comment
BCS1	I1.1	Bouton de commande silo 1
CP1	I0.1	Capteur de position 1 (M1)
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit
LS1	Q2.1	Lampe de Silo 1
MavM3	Q0.3	Marche avant Moteur pour le tapie roulant

Block: Commande\_Silo\_2  
 Author: Barendji Mohamed et Idir Hanene  
 Created: 03/25/2011 09:45:52 pm  
 Last Modified: 06/10/2011 06:24:11 pm

Symbol	Var Type	Data Type	Comment
EN	IN	BOOL	
	IN		
	IN_OUT		
	OUT		
	TEMP		

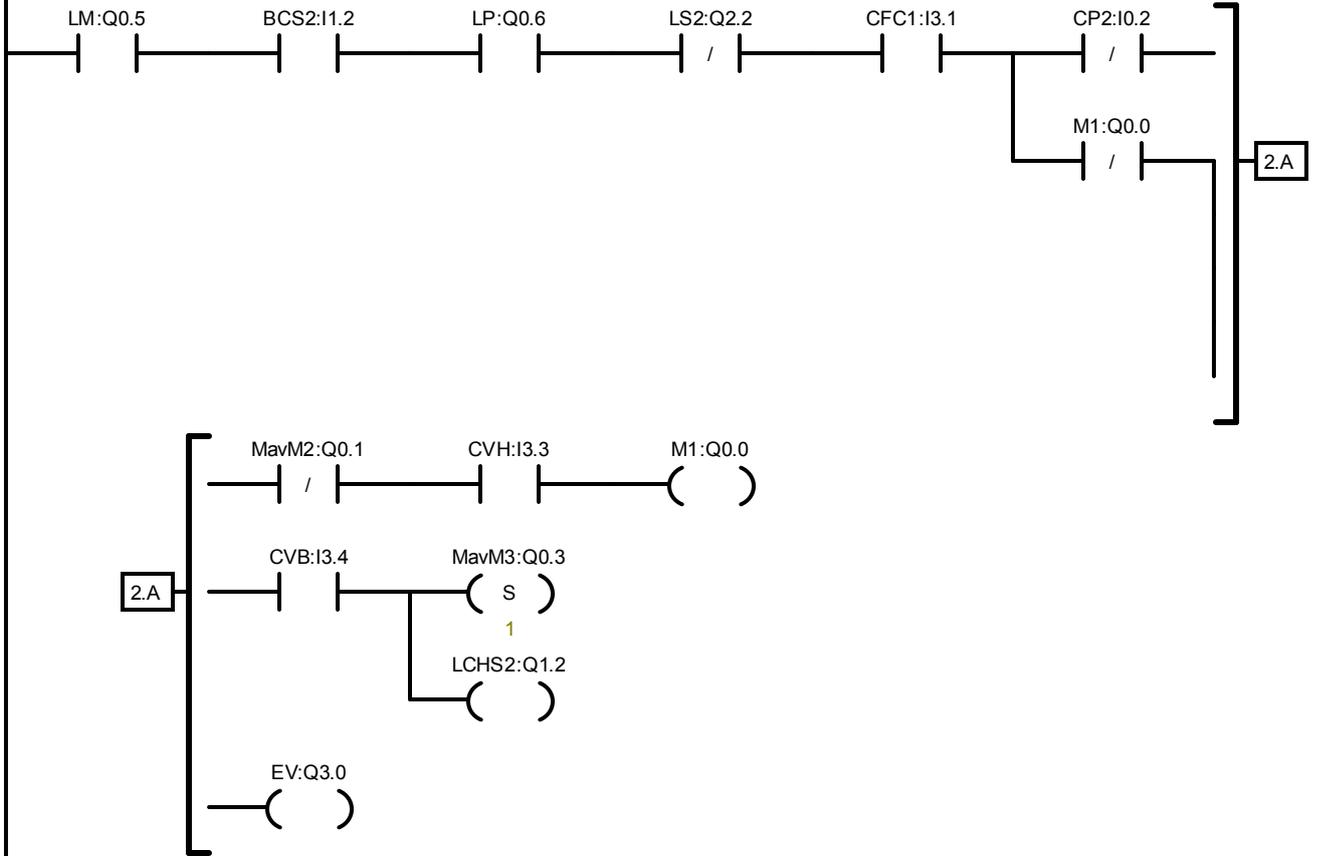
**SOUS-PROGRAMME POUR LA COMMANDE MANUELLE DU SILO 2**

**Network 1**      Activation du Moteur 1 vers silo 4



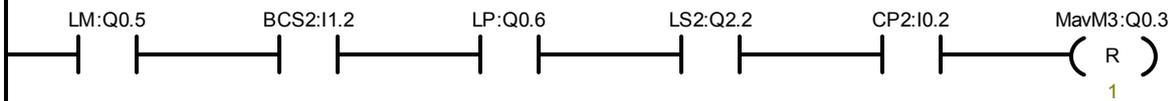
Symbol	Address	Comment
BCS2	I1.2	Bouton de commande silo 2
CFC1	I3.1	Capteur de fin de course pos-int (M2)
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit
LS2	Q2.2	Lampe de Silo 2
MavM2	Q0.1	Marche avant Moteur pour le déplacement du chariot

**Network 2**      Activation du Moteur 1 vers silo 3 et Désactivation du moteur 1 et activation du marche arrière du moteur 3



Symbol	Address	Comment
BCS2	I1.2	Bouton de commande silo 2
CFC1	I3.1	Capteur de fin de course pos-int (M2)
CP2	I0.2	Capteur de position 2 (M1)
CVB	I3.4	Capteur de vérin bas
CVH	I3.3	Capteur de vérin haut
EV	Q3.0	Electrovonne pour le verin
LCHS2	Q1.2	Lampe de silo 2 en charge
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit
LS2	Q2.2	Lampe de Silo 2
M1	Q0.0	Moteur pour la rotation du bras
MavM2	Q0.1	Marche avant Moteur pour le déplacement du chariot
MavM3	Q0.3	Marche avant Moteur pour le tapie roulant

**Network 3**      Désactivation du marche arrière du moteur 3



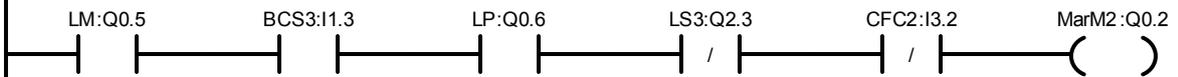
Symbol	Address	Comment
BCS2	I1.2	Bouton de commande silo 2
CP2	I0.2	Capteur de position 2 (M1)
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit
LS2	Q2.2	Lampe de Silo 2
MavM3	Q0.3	Marche avant Moteur pour le tapie roulant

Block: Commande\_Silo\_3  
 Author: Barendji Mohamed et Idir Hanene  
 Created: 03/25/2011 09:46:02 pm  
 Last Modified: 06/10/2011 06:24:11 pm

Symbol	Var Type	Data Type	Comment
EN	IN	BOOL	
	IN		
	IN_OUT		
	OUT		
	TEMP		

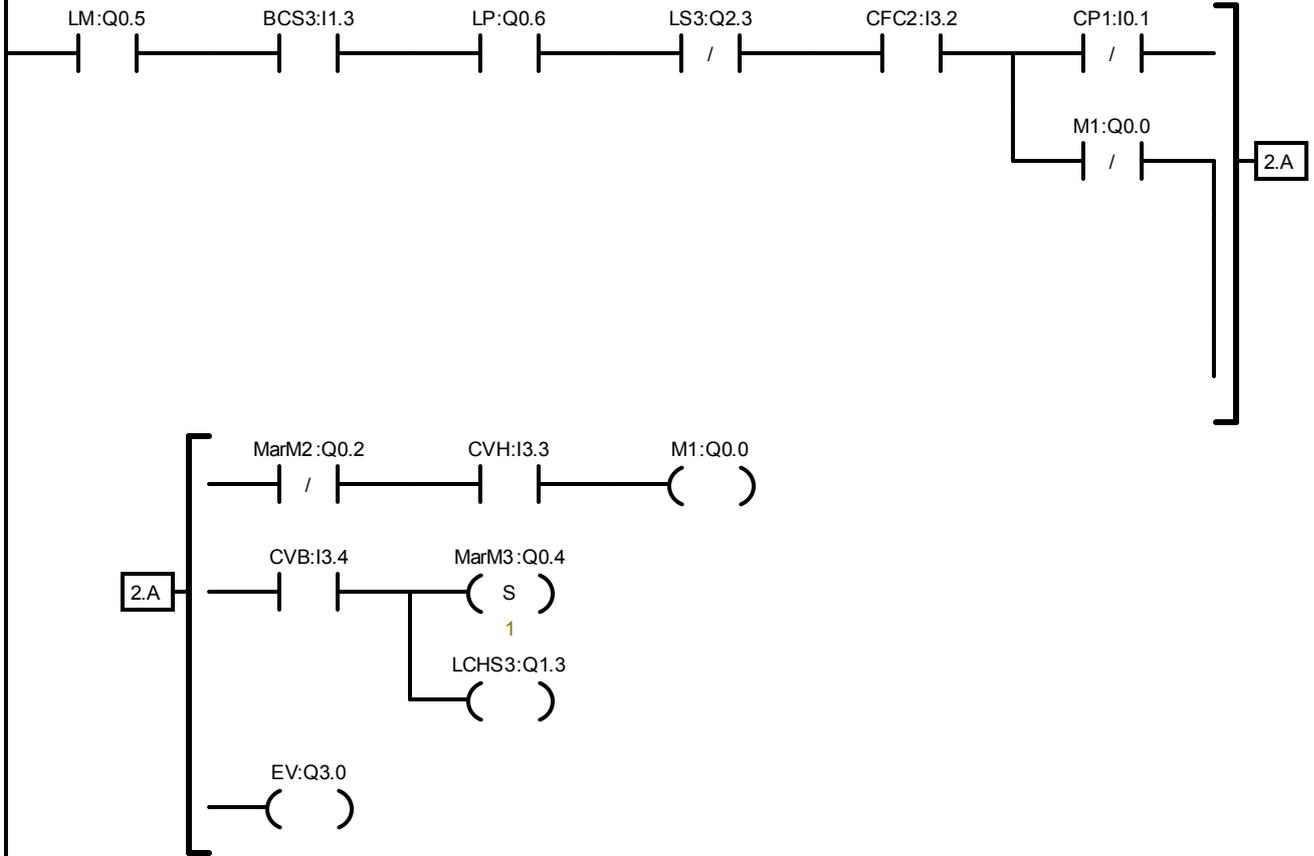
**SOUS-PROGRAMME POUR LA COMMANDE MANUELLE DU SILO 3**

**Network 1**      Activation du Moteur 2 vers silo 3



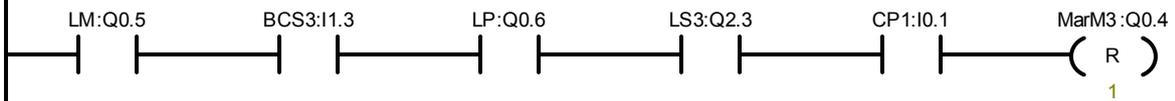
Symbol	Address	Comment
BCS3	I1.3	Bouton de commande silo 3
CFC2	I3.2	Capteur de fin de course pos-fin (M2)
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit
LS3	Q2.3	Lampe de Silo 3
MarM2	Q0.2	Marche arrière Moteur pour le déplacement du chariot

**Network 2**      Activation du Moteur 1 vers silo 3 et Désactivation du moteur 1 et activation du marche arrière du moteur 3



Symbol	Address	Comment
BCS3	I1.3	Bouton de commande silo 3
CFC2	I3.2	Capteur de fin de course pos-fin (M2)
CP1	I0.1	Capteur de position 1 (M1)
CVB	I3.4	Capteur de vérin bas
CVH	I3.3	Capteur de vérin haut
EV	Q3.0	Electrovonne pour le verin
LCHS3	Q1.3	Lampe de silo 3 en charge
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit
LS3	Q2.3	Lampe de Silo 3
M1	Q0.0	Moteur pour la rotation du bras
MarM2	Q0.2	Marche arrière Moteur pour le déplacement du chariot
MarM3	Q0.4	Marche arrière Moteur pour le tapie roulant

**Network 3**      Désactivation du marche arrière du moteur 3



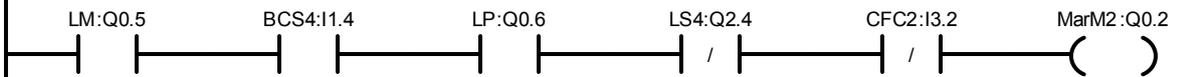
Symbol	Address	Comment
BCS3	I1.3	Bouton de commande silo 3
CP1	I0.1	Capteur de position 1 (M1)
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit
LS3	Q2.3	Lampe de Silo 3
MarM3	Q0.4	Marche arrière Moteur pour le tapie roulant

Block: Commande\_Silo\_4  
 Author: Barendji Mohamed et Idir Hanene  
 Created: 03/25/2011 09:46:10 pm  
 Last Modified: 06/10/2011 06:24:11 pm

Symbol	Var Type	Data Type	Comment
EN	IN	BOOL	
	IN		
	IN_OUT		
	OUT		
	TEMP		

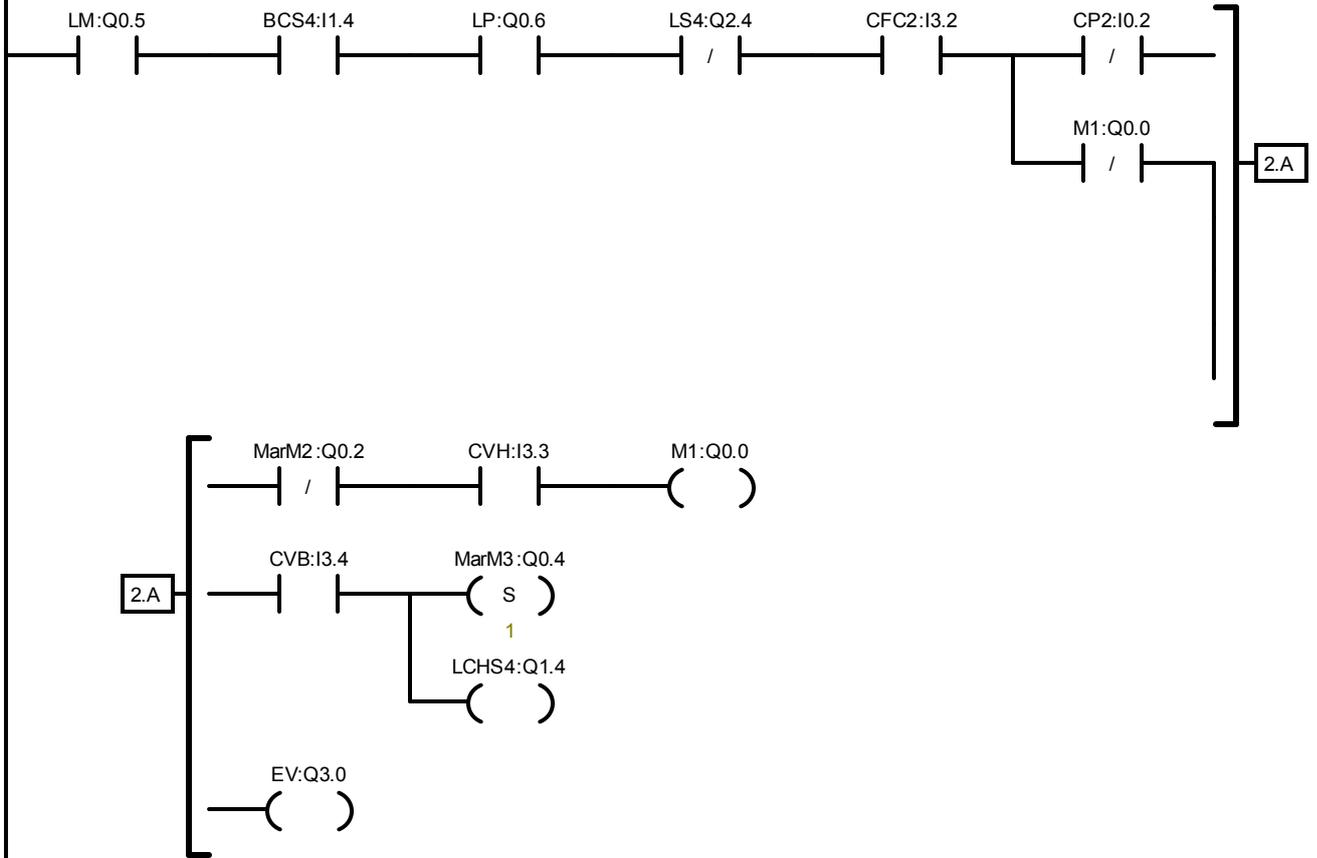
**SOUS-PROGRAMME POUR LA COMMANDE MANUELLE DU SILO 4**

**Network 1**      Activation du Moteur 1 vers silo 4



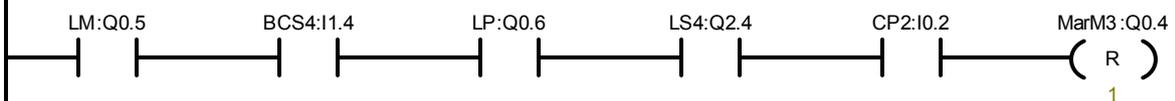
Symbol	Address	Comment
BCS4	I1.4	Bouton de commande silo 4
CFC2	I3.2	Capteur de fin de course pos-fin (M2)
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit
LS4	Q2.4	Lampe de Silo 4
MarM2	Q0.2	Marche arrière Moteur pour le déplacement du chariot

**Network 2**      Activation du Moteur 1 vers silo 3 et Désactivation du moteur 1 et activation du marche arrière du moteur 3



Symbol	Address	Comment
BCS4	I1.4	Bouton de commande silo 4
CFC2	I3.2	Capteur de fin de course pos-fin (M2)
CP2	I0.2	Capteur de position 2 (M1)
CVB	I3.4	Capteur de vérin bas
CVH	I3.3	Capteur de vérin haut
EV	Q3.0	Electrovonne pour le verin
LCHS4	Q1.4	Lampe de silo 4 en charge
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit
LS4	Q2.4	Lampe de Silo 4
M1	Q0.0	Moteur pour la rotation du bras
MarM2	Q0.2	Marche arrière Moteur pour le déplacement du chariot
MarM3	Q0.4	Marche arrière Moteur pour le tapie roulant

**Network 3**      Désactivation du marche arrière du moteur 3



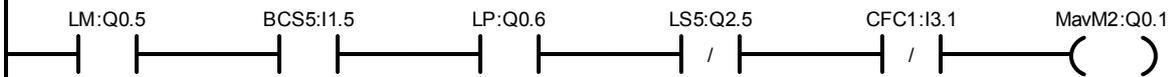
Symbol	Address	Comment
BCS4	I1.4	Bouton de commande silo 4
CP2	I0.2	Capteur de position 2 (M1)
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit
LS4	Q2.4	Lampe de Silo 4
MarM3	Q0.4	Marche arrière Moteur pour le tapie roulant

Block: Commande\_Silo\_5  
 Author: Barendji Mohamed et Idir Hanene  
 Created: 03/25/2011 09:46:13 pm  
 Last Modified: 06/10/2011 06:24:11 pm

Symbol	Var Type	Data Type	Comment
EN	IN	BOOL	
	IN		
	IN_OUT		
	OUT		
	TEMP		

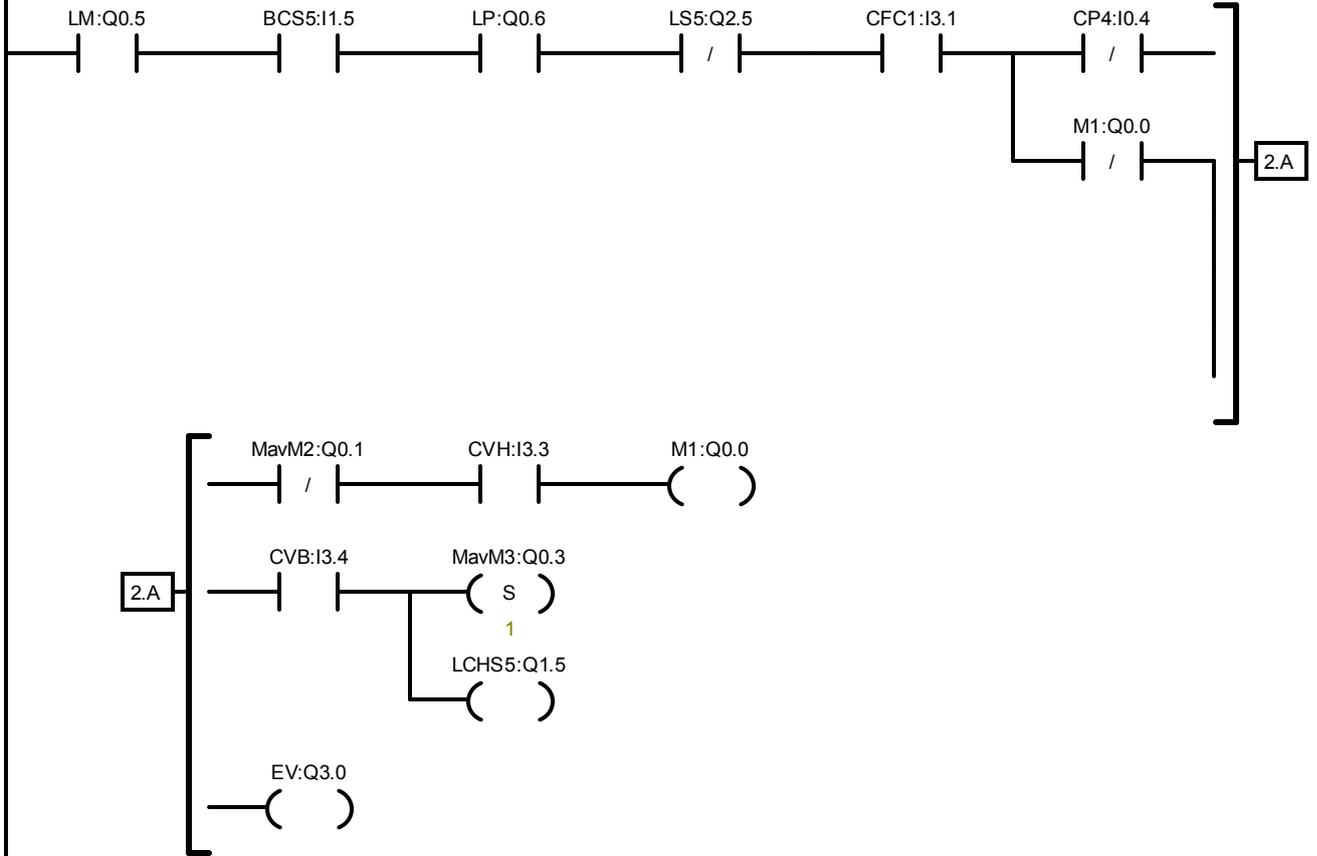
**SOUS-PROGRAMME POUR LA COMMANDE MANUELLE DU SILO 5**

**Network 1**      Activation du Moteur 1 vers silo 4



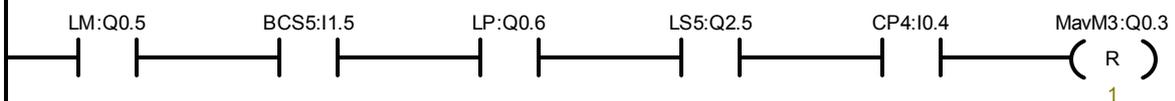
Symbol	Address	Comment
BCS5	I1.5	Bouton de commande silo 5
CFC1	I3.1	Capteur de fin de course pos-int (M2)
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit
LS5	Q2.5	Lampe de Silo 5
MavM2	Q0.1	Marche avant Moteur pour le déplacement du chariot

**Network 2**      Activation du Moteur 1 vers silo 3 et Désactivation du moteur 1 et activation du marche arrière du moteur 3



Symbol	Address	Comment
BCS5	I1.5	Bouton de commande silo 5
CFC1	I3.1	Capteur de fin de course pos-int (M2)
CP4	I0.4	Capteur de position 4 (M1)
CVB	I3.4	Capteur de vérin bas
CVH	I3.3	Capteur de vérin haut
EV	Q3.0	Electrovonne pour le verin
LCHS5	Q1.5	Lampe de silo 5 en charge
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit
LS5	Q2.5	Lampe de Silo 5
M1	Q0.0	Moteur pour la rotation du bras
MavM2	Q0.1	Marche avant Moteur pour le déplacement du chariot
MavM3	Q0.3	Marche avant Moteur pour le tapie roulant

**Network 3**      Désactivation du marche arrière du moteur 3



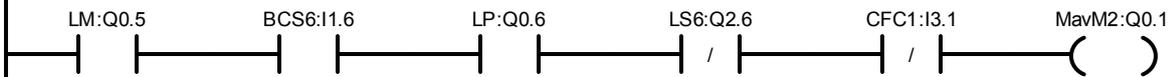
Symbol	Address	Comment
BCS5	I1.5	Bouton de commande silo 5
CP4	I0.4	Capteur de position 4 (M1)
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit
LS5	Q2.5	Lampe de Silo 5
MavM3	Q0.3	Marche avant Moteur pour le tapie roulant

Block: Commande\_Silo\_6  
 Author: Barendji Mohamed et Idir Hanene  
 Created: 03/25/2011 09:46:16 pm  
 Last Modified: 06/10/2011 06:24:11 pm

Symbol	Var Type	Data Type	Comment
EN	IN	BOOL	
	IN		
	IN_OUT		
	OUT		
	TEMP		

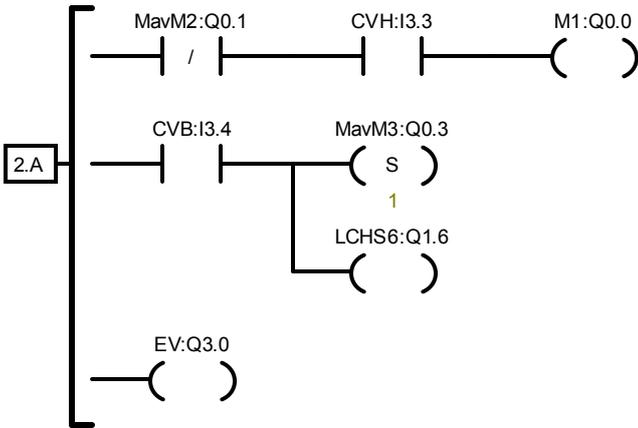
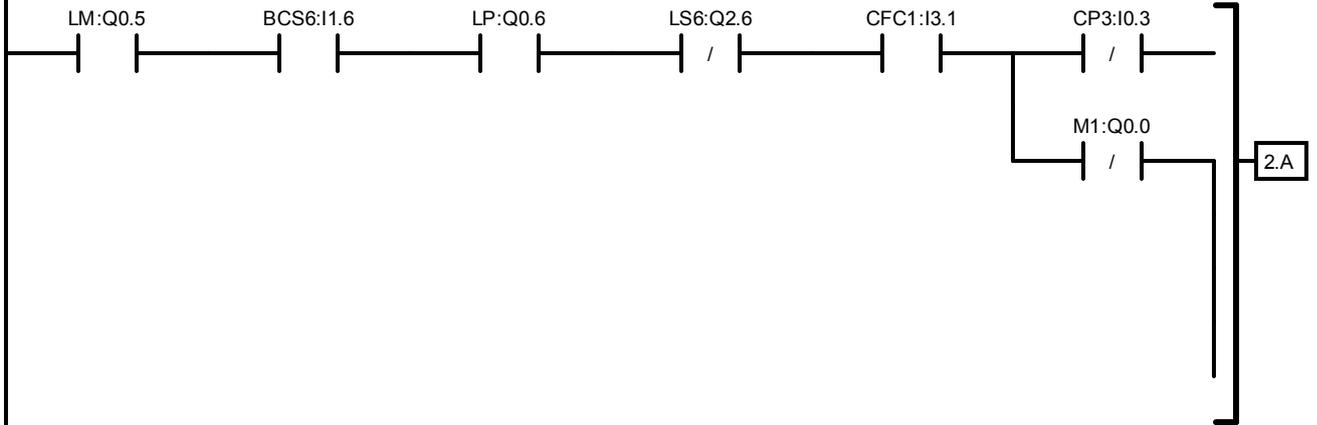
**SOUS-PROGRAMME POUR LA COMMANDE MANUELLE DU SILO 6**

**Network 1**      Activation du Moteur 1 vers silo 4



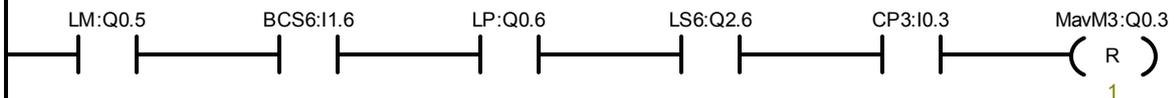
Symbol	Address	Comment
BCS6	I1.6	Bouton de commande silo 6
CFC1	I3.1	Capteur de fin de course pos-int (M2)
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit
LS6	Q2.6	Lampe de Silo 6
MavM2	Q0.1	Marche avant Moteur pour le déplacement du chariot

**Network 2**      Activation du Moteur 1 vers silo 3 et Désactivation du moteur 1 et activation du marche arrière du moteur 3



Symbol	Address	Comment
BCS6	I1.6	Bouton de commande silo 6
CFC1	I3.1	Capteur de fin de course pos-int (M2)
CP3	I0.3	Capteur de position 3 (M1)
CVB	I3.4	Capteur de vérin bas
CVH	I3.3	Capteur de vérin haut
EV	Q3.0	Electrovonne pour le verin
LCHS6	Q1.6	Lampe de silo 6 en charge
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit
LS6	Q2.6	Lampe de Silo 6
M1	Q0.0	Moteur pour la rotation du bras
MavM2	Q0.1	Marche avant Moteur pour le déplacement du chariot
MavM3	Q0.3	Marche avant Moteur pour le tapie roulant

**Network 3**      Désactivation du marche arrière du moteur 3



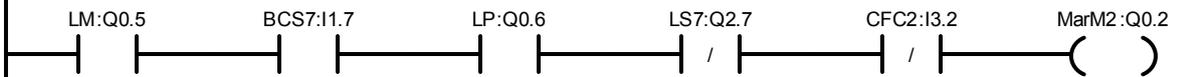
Symbol	Address	Comment
BCS6	I1.6	Bouton de commande silo 6
CP3	I0.3	Capteur de position 3 (M1)
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit
LS6	Q2.6	Lampe de Silo 6
MavM3	Q0.3	Marche avant Moteur pour le tapie roulant

Block: Commande\_Silo\_7  
 Author: Barendji Mohamed et Idir Hanene  
 Created: 03/25/2011 09:46:30 pm  
 Last Modified: 06/10/2011 06:24:11 pm

Symbol	Var Type	Data Type	Comment
EN	IN	BOOL	
	IN		
	IN_OUT		
	OUT		
	TEMP		

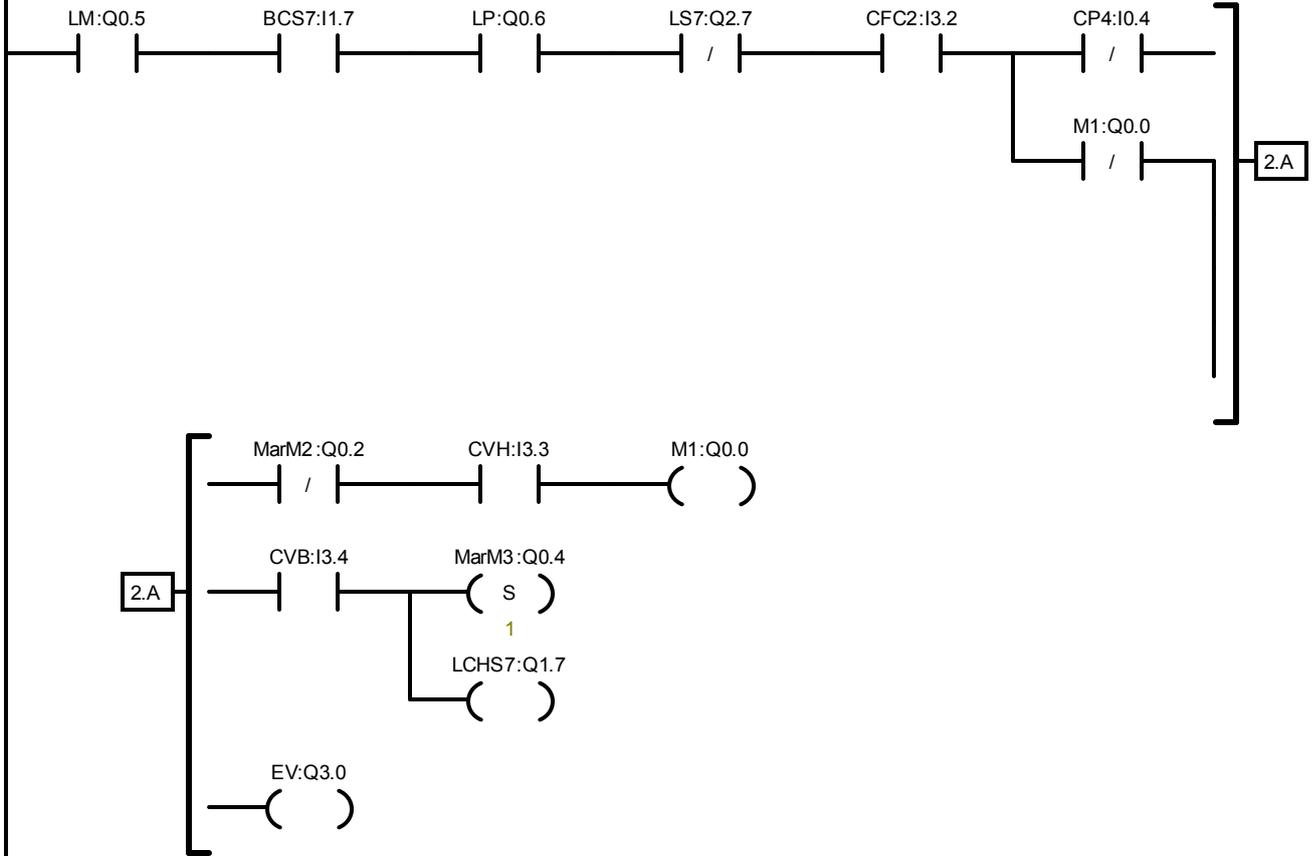
**SOUS-PROGRAMME POUR LA COMMANDE MANUELLE DU SILO 7**

**Network 1**      Activation du Moteur 2 vers silo 7



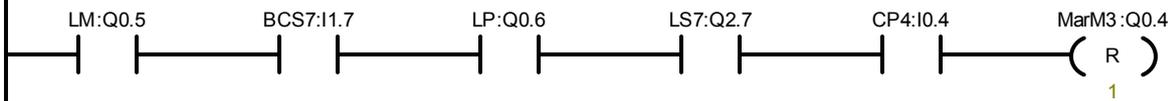
Symbol	Address	Comment
BCS7	I1.7	Bouton de commande silo 7
CFC2	I3.2	Capteur de fin de course pos-fin (M2)
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit
LS7	Q2.7	Lampe de Silo 7
MarM2	Q0.2	Marche arrière Moteur pour le déplacement du chariot

**Network 2**      Activation du Moteur 1 vers silo 3 et Désactivation du moteur 1 et activation du marche arrière du moteur 3



Symbol	Address	Comment
BCS7	I1.7	Bouton de commande silo 7
CFC2	I3.2	Capteur de fin de course pos-fin (M2)
CP4	I0.4	Capteur de position 4 (M1)
CVB	I3.4	Capteur de vérin bas
CVH	I3.3	Capteur de vérin haut
EV	Q3.0	Electrovonne pour le verin
LCHS7	Q1.7	Lampe de silo 7 en charge
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit
LS7	Q2.7	Lampe de Silo 7
M1	Q0.0	Moteur pour la rotation du bras
MarM2	Q0.2	Marche arrière Moteur pour le déplacement du chariot
MarM3	Q0.4	Marche arrière Moteur pour le tapie roulant

**Network 3**      Désactivation du marche arrière du moteur 3



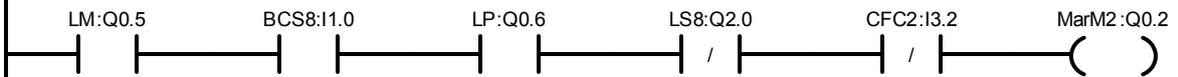
Symbol	Address	Comment
BCS7	I1.7	Bouton de commande silo 7
CP4	I0.4	Capteur de position 4 (M1)
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit
LS7	Q2.7	Lampe de Silo 7
MarM3	Q0.4	Marche arrière Moteur pour le tapie roulant

Block: Commande\_Silo\_8  
 Author: Barendji Mohamed et Idir Hanene  
 Created: 03/25/2011 10:18:14 pm  
 Last Modified: 06/10/2011 06:24:11 pm

Symbol	Var Type	Data Type	Comment
EN	IN	BOOL	
	IN		
	IN_OUT		
	OUT		
	TEMP		

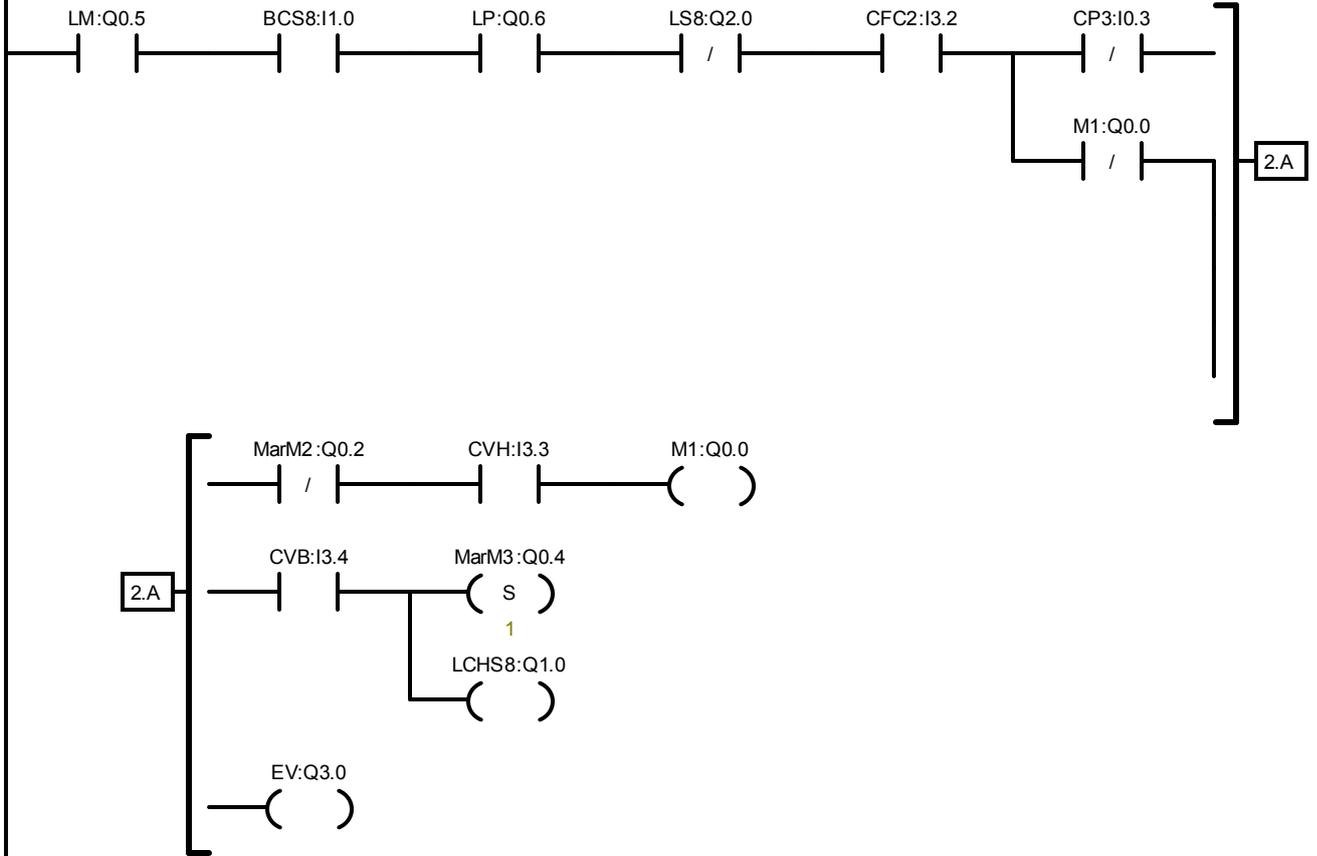
**SOUS-PROGRAMME POUR LA COMMANDE MANUELLE DU SILO 8**

**Network 1**      Activation du Moteur 2 vers silo 8



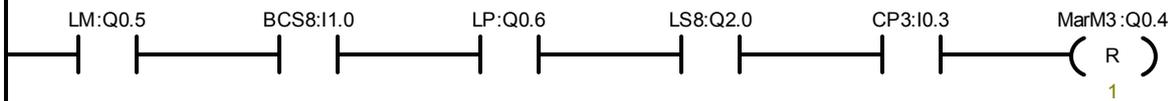
Symbol	Address	Comment
BCS8	I1.0	Bouton de commande silo 8
CFC2	I3.2	Capteur de fin de course pos-fin (M2)
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit
LS8	Q2.0	Lampe de Silo 8
MarM2	Q0.2	Marche arrière Moteur pour le déplacement du chariot

**Network 2**      Activation du Moteur 1 vers silo 3 et Désactivation du moteur 1 et activation du marche arrière du moteur 3



Symbol	Address	Comment
BCS8	I1.0	Bouton de commande silo 8
CFC2	I3.2	Capteur de fin de course pos-fin (M2)
CP3	I0.3	Capteur de position 3 (M1)
CVB	I3.4	Capteur de vérin bas
CVH	I3.3	Capteur de vérin haut
EV	Q3.0	Electrovonne pour le verin
LCHS8	Q1.0	Lampe de silo 8 en charge
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit
LS8	Q2.0	Lampe de Silo 8
M1	Q0.0	Moteur pour la rotation du bras
MarM2	Q0.2	Marche arrière Moteur pour le déplacement du chariot
MarM3	Q0.4	Marche arrière Moteur pour le tapie roulant

**Network 3**      Désactivation du marche arrière du moteur 3



Symbol	Address	Comment
BCS8	I1.0	Bouton de commande silo 8
CP3	I0.3	Capteur de position 3 (M1)
LM	Q0.5	Lampe de marche
LP	Q0.6	Lampe de produit
LS8	Q2.0	Lampe de Silo 8
MarM3	Q0.4	Marche arrière Moteur pour le tapie roulant



**BIBLIOGRAPHIE :**

- [1] André Chevalier, Guide du dessinateur industriel, édition Hachette 2004
  - [2] Christian Eloy, Aide mémoire: Conception en construction mécanique, édition dunod, Paris 1981.
  - [3] G.Drouin M.Gou P.Thery R.Vinet, Elément de machine, Edition de l'école polytechnique de Montreal 1986
  - [4] Christian Eloy, Aide mémoire dunod, Calculs en construction mécanique, édition dunod, Paris 1981.
  - [5] Groupe Schneider, Catalogue abrégé Télémécanique, Catalogue Mars 1997
  - [6] D.Spenle R.Gourhant, Guide du calcul en mécanique, Hachette Technique 1998
  - [7] <http://www.festo.com> : Dossier vérin
  - [8] <http://www.ntn-europe.com> : Dimensions et désignations des roulements
  - [9] G.Lemason L.Blain, Matériaux de construction mécanique et électrique, dunod, 1976
  - [10] PowerPoint de Jean-Louis Hû, Circuit puissance pneumatique, téléchargeable à l'adresse suivante : <http://perso.wanadoo.fr/hu.jeanlouis/ressourc/auto/telecha/puispneu.zip>
  - [11] Jean-Louis Fanchon, Guide des Sciences et Technologies Industrielles, Editions Nathan.
  - [12] R. Bourgeois, D. Cogniel, Mémotech Electrotechnique, Editions Educalivre
- 
- 