

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

BADJI MOKHTAR ANNABA-UNIVERSITY
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA



جامعة باجي مختار عنابة

FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIORAT
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

MEMOIRE

PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

INTITULE

CONCEPTION ET AUTOMATISATION D'UN SYSTEME
DE PALETTISATION DES BOUTEILLES
- UNITE LABELLE - ANNABA

DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIE

FILIERE : GÉNIE MÉCANIQUE

SPECIALITE : MÉCATRONIQUE

PRESENTE PAR : BOUMEDIRI HAITHEM

DIRECTEUR DU MEMOIRE : LAOUAR LAKHDAR

DEVANT LE JURY

PRESIDENT : L. LAOUAR

Grade: Pr

UNIVERSITE ANNABA

EXAMINATEURS :

- K. ABDERRAHMANE

Grade: MC – A

UNIVERSITE ANNABA

- S. MEKHILEF

Grade: MC – A

UNIVERSITE ANNABA

- K. ALLOUI

Grade: MA – A

UNIVERSITE ANNABA

- D. DAAS

Grade: MC – A

UNIVERSITE ANNABA

Ann ée universitaire : 2014/2015

Introduction g é n é r a l

La palettisation fait partie des syst èmes de manutention qui se sont le plus d évelopp é s au cours des trois derni ères d é cennies. Elle consiste à grouper les produits finis sur la palette, l'opération de groupage est faite par un palettiseur [1].

Au d ébut, les produits finis é taient mis à la main sur les palettes, les postes de palettisation é taient donc manuels et é tudi é s de fa çon que les op érateurs aient un minimum de mouvements à effectuer pour leur permettre de bons rendements.

Mais tr ès vite, il a fallu am é nager ces postes pour les rendre moins p é nibles et am éiorer les conditions de travail. Les industriels ont alors imagin é des postes manuels perfectionn é s qu'ils ont am éior é de plus en plus, et c'est alors que sont apparus sur le march é des appareils de palettisation, d'abord semi-automatiques, dans lesquels l'op érateur doit effectuer un travail de rangement ou un travail de commande de m écanisme, puis compl ètement automatiques, c'est à dire pouvant travailler sans la pr é sence d'un op érateur.

Labelle, « fabricant historique d'huile raffin é e » est l'entreprise où s'est d éroul é notre stage souffre de faible taux de production à cause d'un probl ème au niveau de l'unit é de conditionnement. À partir de ce constat, nous nous sommes fix é s comme objectif de pr é senter dans ce travail, la conception et l'automatisation d'un syst ème de palettisation pour am éiorer le gain de productivit é

Le premier chapitre est consacr é à la pr é sention de l'entreprise et l'analyse de la productivit é au niveau de l'unit é de conditionnement pour d éfinir les besoins et fixer les objectifs de la solution propos é e.

Le second chapitre est consacr é à la conception du syst ème de palettisation, il regroupe les parties suivantes :

- Les calculs cin ématiques, statiques et dynamiques pour le choix des moteurs, des v é rins, des roulements etc... .
- Les calculs de r é sistance des mat ériaux pour dimensionner les diff érentes parties du syst ème.
- Le choix des syst èmes de transmission.
- Le choix des solutions de montage.

Dans le troisième chapitre, nous présentons la commande du système de palettisation, l'instrumentation nécessaire ainsi que le choix de l'automate régissant toutes les opérations correspondantes aux différentes tâches de palettisation.

Enfin, dans le quatrième chapitre, nous élaborons un programme d'automatisation avec des logiciels STEP7 et S7-GRAPH selon le grafcet de fonctionnement du système de palettisation proposé

Cette solution industrielle a pour objectifs, d'accroître la productivité de travail, de permettre une production de qualité et de diminuer l'erreur humaine pouvant compromettre le cout du produit.

I. CONTEXTE GENERAL DU PROJET

I.1 Introduction

Ce chapitre comprend généralement deux parties :

- la présentation de la société où s'est déroulé le stage.
- la présentation de la problématique

I.2 Présentation de l'entreprise

I.2.1 Histoire

La Société des Corps Gras Seybouse LaBelle d'Annaba, par abréviation "CGS seybouse LaBelle", est une filiale issue de la restructuration de l'entreprise nationale des Corps gras "ENCG". Prise de participation à hauteur de 70% du capital par la Sarl agro Groupe DAHMANI.

La raffinerie d'huile a été créée en mars 1959 par les établissements CRESPO avec une capacité de 30 tonnes/jours. Nationalisée en 1965, elle fera partie de l'entreprise agroalimentaire SOGEDIA jusqu'à l'année 1982 et de L'EPE / SPA ENCG suite à la restructuration de cette dernière. Lors de la filialisation de L'ENCG le 27/10/1997, l'unité prendra la dénomination : EPE / SPA «CORPS GRAS SEYBOUSE » filiale du groupe ENCG.

À partir du 01/04/2006 «le groupe LaBelle » prend 70% du capital et devient ainsi actionnaire majoritaire et la filiale sera renommée : CORPS GRAS SEYBOUSE LaBelle. [2]

I.2.2 Situation géographique

La filiale d'Annaba est située en périmètre urbain de l'avant-port d'Annaba sur une surface de 10.806 m²



Figure I.1 : Situation géographique de l'entreprise

I.2.3 Renseignements administratifs

RAISON SOCIALE : SPA
 CAPITAL SOCIAL : 150 000 000 DA
 ADRESSE : 1, Rue bd Benabdelmalek Ramdane Avant-port
 Annaba /Alg érie
 TELEPHONE : 038.86.61.66 A 68
 FAX : 038.86.22.34

I.2.4 Activit éet mission

Les principales activit és de l’entreprise CGS LaBelle concernent la production d’huile végétale et la commercialisation des produits corps gras se pr ésentent comme suit :

- raffinage des huiles avec une capacit éde production de 100 tonnes/jour (3x8).
- conditionnement des huiles avec une capacit éde production 75 tonnes/jour (2x8).
- fabrication Plastique (PET) avec une capacit éde production 20000 pr éforme/jour (2x8).
- Les produits de corps gras : Farine LaBelle, Huile v ég édale, L égumes secs LaBelle, P âtes LaBelle, Couscous El-Hara, Margarine Tartina, Lait en poudre LaBelle, Jus de fruits LaBelle, Caf éBONAL.



Figure I.2 : R éseau de distribution des produits

I.2.5 Capacit és de stockage

Tableau I.1 : capacit és de stockage de CGS Labelle [2]

| Produits | Unit é | Parc | Total |
|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Huiles brutes | 3970 T | 2.000 T | 5.970 T |
| Huiles raffin és | 1365 T | - | 1.365 T |
| Total capacit éde stockage | 5.335 T | 2.000 T | 7.335 T |

I.2.6 Pr ésentation l'unit éLaBelle

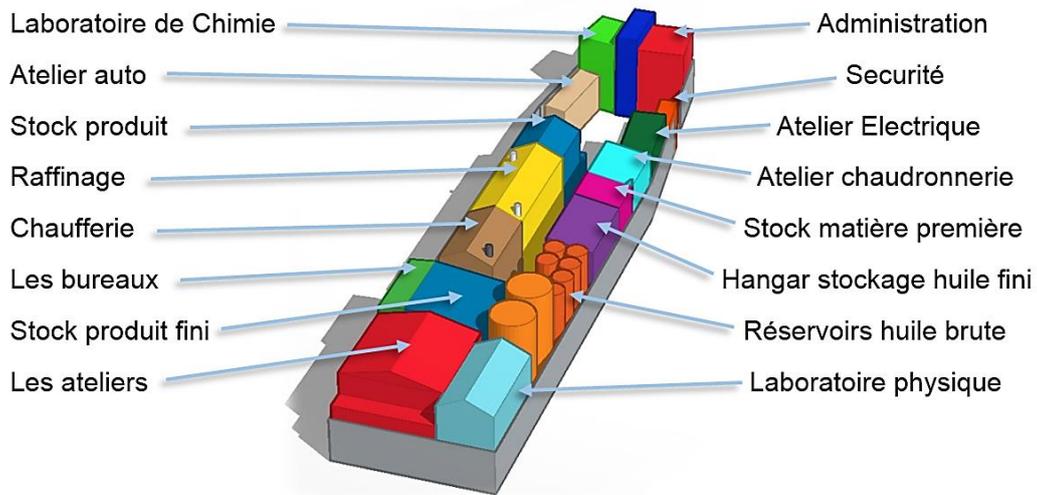


Figure I.3 : Sch éma de l'unit éLaBelle

I.2.7 Organisation de l'entreprise

Comme toute entreprise, LaBelle est structur ée suivant diff érents services. L'entreprise est dirig ée par un directeur g énéral qui veille sur sa s écurit éet la gestion optimale de ses ressources.

La direction g énérale de l'entreprise assure la coordination entre les diff érentes directions et les services.

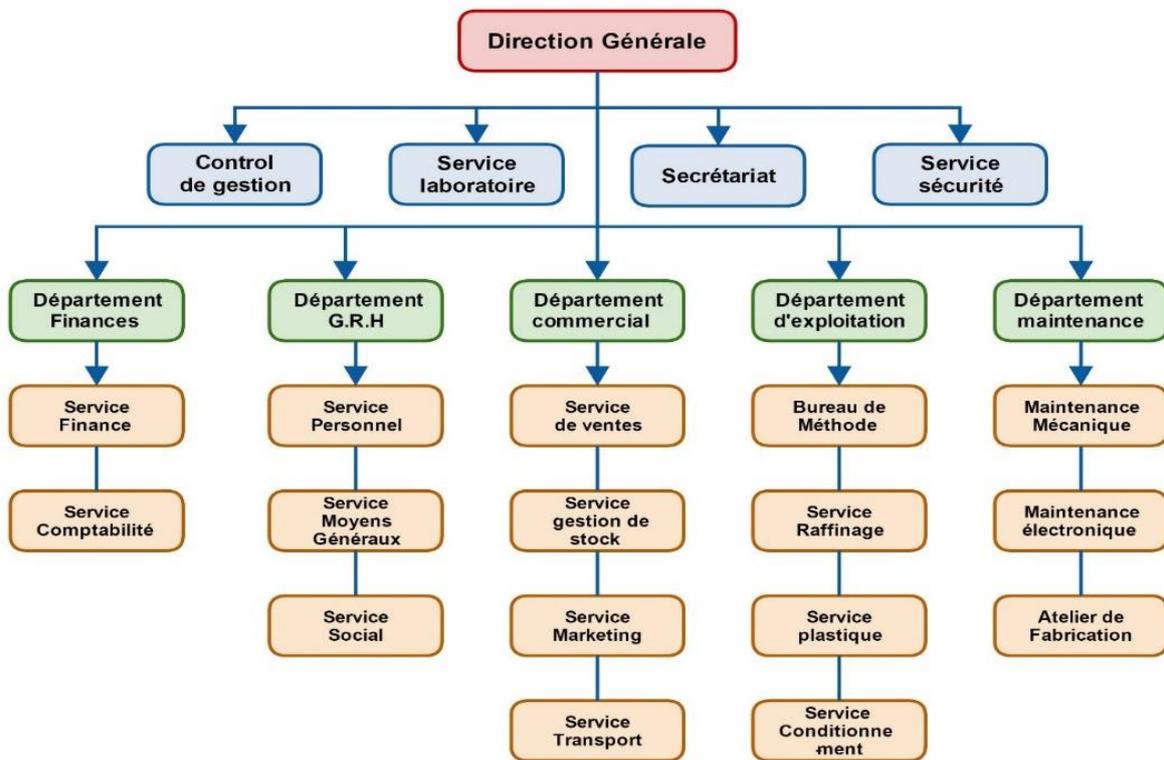


Figure I.4 : Organisation de l'entreprise LaBelle

I.3 Unit é de production du p ôle corps gras

I.3.1 L'unit é de raffinage

I.3.1.1 D éfinition et r ôle du raffinage

Les huiles brutes obtenues renferment un certain nombre d'impuret és ind ésirables, responsables du go ût et de l'odeur d ésagr éables et de leur mauvaise conservation.

Le raffinage a pour but, d' éliminer les acides gras libres, les produits d'oxydation, les ar ômes d ésagr éables, les colorants, les produits toxiques (tels que pesticides, glycosides), les phospholipides ainsi que les m étaux (tels que fer et cuivre) pr ésentent à l' état de traces, mais également r éalise est une conservation maximale quantitatives (évit éles pertes des nutriments) et qualitatives (évit éles destructions).

Le raffinage consiste donc à éliminer au mieux, les compos és nocifs pr é édictés afin d'obtenir une huile aux qualit és organoleptiques et chimiques les meilleurs possibles.

I.3.1.2 Les étapes du raffinage

Le raffinage c'est un processus comprend plusieurs op érations, soit physiques ou chimiques :

a) D énucléation

Les phospholipides présents dans l'huile brute sont des substances naturelles provenant des graines végétales qu'il faudrait enlever totalement de l'huile pour qu'elle reste limpide. Pour cela, de l'eau acidulée est ajoutée à l'huile brute provoquant la précipitation des phospholipides avec formation de mucilages (substances pr ésentent chez de nombreux vég étaux qui gonflent au contact de l'eau donnant une solution visqueuse plus lourde que l'huile), c'est la d énucléation. Ensuite, ces mucilages sont élimin és par centrifugation.

b) Neutralisation

Il convient également d'éliminer de l'huile les acides gras libres qui lui donnent un mauvais go ût et nuisent à sa conservation. La neutralisation à la soude reste la m éthode la plus employ ée pour s éparer les acides gras libres. En plus de son effet neutralisant, la soude permet de débarrasser l'huile de la quasi-totalité des phospholipides restant, et d'éliminer les traces m étalliques (fer et cuivre) qui sont des catalyseurs d'oxydation, donc des accélérateurs du rancissement.

Aussi, la soude a un effet décolorant parce qu'elle détruit un grand nombre de pigments et de composés colorés d'origine oxydative. La neutralisation par la soude élimine les acides gras libres en formant des savons insolubles dans l'huile. Ceux-ci sont séparés par centrifugation.

Il est possible de coupler la dénucilagination et la neutralisation. Dans ce cas, les phospholipides et le savon sont séparés en une seule étape de centrifugation. Les deux opérations sont effectuées en continu à 80 °C environ. Ces deux étapes du raffinage ont donc une action de purification très importante.

c) Lavage et séchage

Le lavage consiste à éliminer les substances alcalines présentes dans l'huile après la neutralisation (savon et soude en excès) et des traces de métaux et autres impuretés, donc l'huile doit subir un deuxième lavage avec de l'eau chaude adoucie à une température inférieure à 95°C ensuite à travers un séparateur, l'huile se sépare de l'eau enrichie en savon.

Le but de cette opération est d'éliminer l'excès d'humidité dans l'huile lavée avant la décoloration qui peut provoquer un colmatage rapide. Le séchage est réalisé à une température de 80-90 °C. La présence de l'humidité dans l'huile augmente son acidité qui se traduit par la dégradation de l'huile.

d) Décoloration

La décoloration des huiles est obtenue par adsorption des pigments sur une terre décolorante (argile) maintenue en contact avec l'huile environ 20 minutes, sous vide, à 80 °C.

La terre chargée en pigments, est alors séparée de l'huile par filtration. La décoloration permet également l'élimination parfaite des dernières traces de métaux et de savons.

e) Filtration

Cette phase a pour but de séparer la terre de l'huile décolorée, le mélange après avoir introduit dans la chaudière est transformé dans l'organe filtrant composé de 2 filtres verticaux qui ont pour tâche de séparer l'huile de la terre.

f) Désodorisation

La désodorisation se fait par un entraînement à la vapeur d'eau des saveurs indésirables, de 200 -220°C à l'abri de l'air sous vide poussé. La désodorisation permet donc d'éliminer les traces de produits volatils qui donneraient à l'huile un fruité désagréable ou un goût de rance.

g) Refroidissement

L'huile à ce stade subit les dernières retouches pour cela elle passe à travers un échangeur de chaleur. Pour avoir une longue et bonne conservation de l'huile on lui ajoute de l'acide citrique elle traverse le filtre et gagne le réservoir d'huile raffinée, l'huile finie possède une acidité de 0,2 %. L'huile doit être refroidit à une température de 40-50°C en suite elle est dirigée vers le conditionnement. [3]

I.3.1.3 L'huile finie

Le huile raffiné reste au niveau des réservoirs pendant 15 à 30 jours, on le conditionnement, des analyses de vérification de la stabilité des caractères physicochimiques, est faite, afin d'assurer une garantie de deux ans. Si un ou plusieurs paramètres sont hors normes, on fait le recyclage dans l'étape qui correspond à l'anomalie.

I.3.1.4 Stockage

Le stockage de l'huile raffinée se fait dans des cuves spéciales en inox équipées d'un système d'injection d'azote. Cette injection se fait d'une façon périodique, elle protège l'huile raffinée de l'oxydation, par la création d'une couche empêchant la pénétration et le contact de l'air aux huiles.

I.3.1.5 Laboratoire chimique

Les analyses effectuées au laboratoire l'entreprise ont pour rôle de garantir la qualité des huiles produites en faisant des contrôles qui se basent sur des techniques de la chimie analytique instrumentale et non instrumentale.

- Contrôle de l'acidité.
- Contrôle des savons.
- Analyse de la pâte de neutralisation.
- L'humidité.
- Indice de peroxyde.
- Contrôle des impuretés insolubles.
- Contrôle de la transmittance.
- Dosage du phosphore.

I.3.2 L'unité de plastique

Le conditionnement de l'huile raffinée se fait dans des bouteilles de format de 5 Litres des bouteilles faite d'une matière plastique de Polyéthylène téréphtalique (PET), une matière transparente qui laisse passer la lumière, en mettant en évidence, la clarté et la couleur de l'huile raffinée. avant de commencer la mise en bouteille des huiles, une machine automatique, une souffeuse, assure la fabrication de ces bouteilles, selon le procédé de fabrication appelé le soufflage qui contient plusieurs sous étapes :

- Les préformes subissent un chauffage dans un four qui contient des lampes à IR pour que la matière devienne malleable.
- Un étirage par une tige d'élongation qui donne à la bouteille la hauteur prévue.
- Le pré-soufflage avec une pression de 7bar, s'effectue pour préparer la matière à subir une haute pression lors du soufflage.
- Le soufflage à une pression de 40bar.
- A l'aide du dégazage, la bouteille sort du moule avec le dégagement de l'air qui donne la forme finale à la bouteille.

Une fois les bouteilles soufflées sont obtenus ils sont acheminés par le convoyeur à air comprimé vers la Positionneur de bouteille.

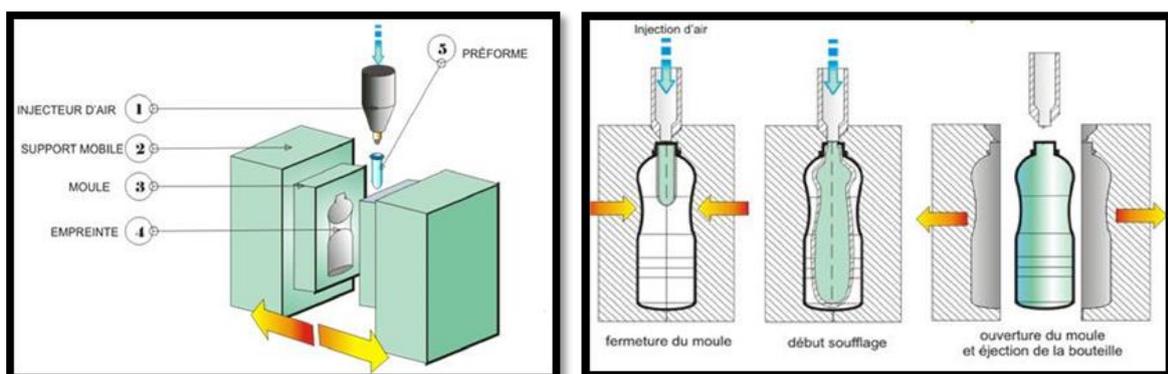


Figure I.5 : Les étapes de soufflage de la bouteille

I.3.3 L'unité de conditionnement

Le conditionnement de l'huile raffinée à la LaBelle est automatique pour bouteille de 5 litre. Les bouteilles vides obtenus sont orientées automatiquement à l'aide de redresseur de bouteille vers une remplisseuse rotative puis vers une capsuleuse, ensuite une étiqueteuse dateuse, fardeleuse et enfin vers palettisation manuel afin d'être stockés.

I.3.3.1 Redresseur de bouteilles

Le redresseur de bouteilles est une machine de fonction rotative et continue, ses mouvements sont actionnés par des systèmes mécaniques. Les bouteilles sont reçues dans la partie supérieure de la machine qui forme une grande trémie d'accumulation, dans la partie inférieure de la trémie il y a des systèmes de mise en position et de sélection pour ranger parfaitement les récipients. Ces récipients sortent par la face de la machine, grâce à une étoile de sortie qui les déposera de manière contenue sur un transporteur général.



Figure I.6 : Redresseur de bouteille

I.3.3.2 Remplissage et capsulage

Cette étape consiste à remplir les bouteilles par l'huile à l'aide de la remplisseuse rotative, qui seront par la suite fermées dans la capsuleuse. Les bouteilles ainsi remplies et fermées sont fermées par des bouchons plastiques amenés vers l'élément de transport (le convoyeur mécanique).

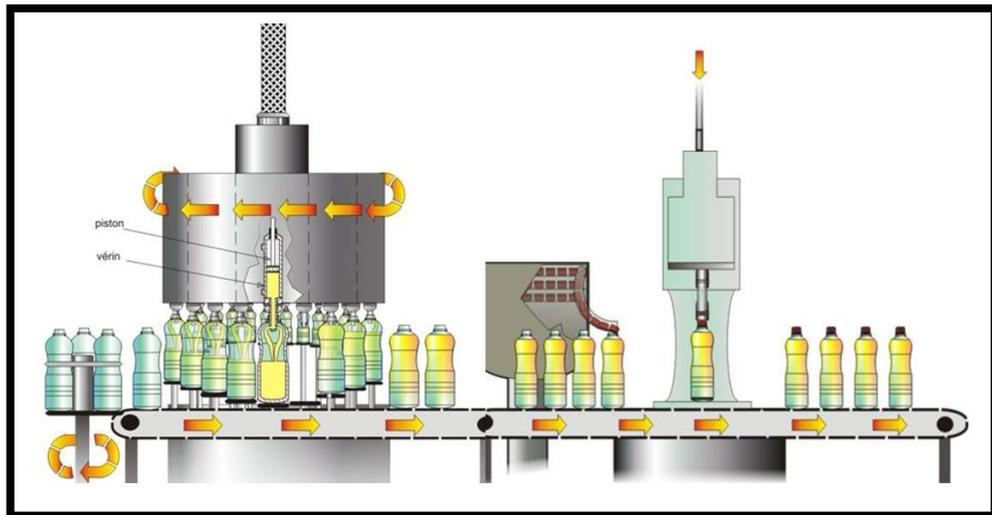


Figure I.7 : Processus remplissage et capsulage



Figure I.8 : Remplisseuse-capsuleuse

I.3.3.3 Dateur

C'est une machine automatisée, elle se compose de trois éléments importants :

- Un clavier pour la modification du programme.
- Un afficheur pour lancer les erreurs et compter les nombres des bouteilles.
- La tête de tirage, elle contient un détecteur qui détecte la bouteille pour imprimer la date, le numéro de la ligne de production, le numéro de la bouteille selon le comptage.

I.3.3.4 Etiquetage

Opération qui consiste à coller les étiquettes sur les bouteilles à l'aide d'une étiqueteuse automatique qui étiqueter les bouteilles en utilisant une colle fixée (répartie sur les deux extrémités) chauffée à plus de 150 °C.



Figure I.9 : L'étiqueteuse automatique

I.3.3.5 Fardeleuse (par commande de client)

Le fardelage est une solution économique et écologique incontestable car il remplace avantageusement le carton par le plastique.

Dans cette étape les bouteilles sont divisées en 2 bouteilles est entourées par un film en plastique et passer vers le four. L'ensemble est refroidit sur place dès sa sortie du four par des ventilateurs et devient un paquet.



Figure I.10 : Fardeleuse automatique

I.3.3.5 Palettisation

Regroupement des lots en palettes manuellement qui sont composés de 4 étages.

Le mode de palettisation est varié par la matière d'emballage qui respecte les cahiers des charges exigés par les clients l'étage contient :

- 168 bouteilles de 5 litres dans le cas les bouteilles libre.
- 168 bouteilles de 5 litres dans le cas les bouteilles groupent (2 bouteille à l'aide de Fardeleuse)
- 144 bouteilles de 5 litres dans le cas les bouteilles emballé en carton (chaque carton contient 4 bouteilles)

La capacité de la palettisation à la moyenne est de [6 - 7] palettes par heure.



Figure I.11 : La palettisation manuelle

I.3.3.6 Banderolage

Enveloppement des palettes par un film à l'aide de la banderoleuse semi-automatique. Le banderolage se fait à l'aide d'une table rotative. Après l'opération de conditionnement, l'huile ainsi raffinée est complètement disponible au stocke.



Figure I.12 : Banderoleuse semi-automatique

I.3.3.7 Stockage final

Le stockage de l'huile conditionné s'effectue dans des conditions précises de lumière (faible lumière) et de température (inférieure à 28°C) avant d'être commercialisé.



Figure I.13 : Stock final de L'unite Labelle

I.3.3.8 Laboratoire physique

Les paramètres testés sont : Le volume : 5000+/- 10 ml.

L'étanchéité : les bidons ne doivent pas s'ouvrir après 24h mis dans l'appareil de l'étanchéité.



Figure I.14 : Appareil de mesure de l'étanchéité

I.4 Analyse de la productivité eau niveau de l'unité de conditionnement

Pour analyser la productivité eau niveau de cette ligne, nous nous sommes basés sur un historique de production de la ligne du mois d'avril de l'année 2015 pour les deux équipes. Nous avons ensuite comparé cette production avec l'objectif fixé. Le Tableau 0.2 récapitule ces informations.

Tableau I.2 : Historique de production de mois d'avril

| Jour | Equipe 1 | Equipe 2 | Moy des quantités produites | Objectif |
|------------------|----------------|---------------|-----------------------------|-------------|
| 01/04/2015 | 798 | 1155 | 976,5 | 1800 |
| 02/04/2015 | 1029 | 1197 | 1113 | 1800 |
| 05/04/2015 | 1071 | 1176 | 1123,5 | 1800 |
| 06/04/2015 | 1155 | 987 | 1071 | 1800 |
| 07/04/2015 | 1071 | 966 | 1018,5 | 1800 |
| 08/04/2015 | 1092 | 882 | 987 | 1800 |
| 09/04/2015 | 1113 | 903 | 1008 | 1800 |
| 12/04/2015 | 1197 | 1176 | 1186,5 | 1800 |
| 13/04/2015 | 1218 | 924 | 1071 | 1800 |
| 14/04/2015 | 1050 | 1176 | 1113 | 1800 |
| 15/04/2015 | 1281 | 1092 | 1186,5 | 1800 |
| 16/04/2015 | 1302 | 798 | 1050 | 1800 |
| 19/04/2015 | 1134 | 777 | 955,5 | 1800 |
| 20/04/2015 | 252 | - | 126 | 1800 |
| 21/04/2015 | - | 546 | 273 | 1800 |
| 22/04/2015 | 798 | 903 | 850,5 | 1800 |
| 23/04/2015 | 882 | 945 | 913,5 | 1800 |
| 26/04/2015 | 819 | 777 | 798 | 1800 |
| 27/04/2015 | 882 | 987 | 934,5 | 1800 |
| 28/04/2015 | 1071 | 1092 | 1081,5 | 1800 |
| 29/04/2015 | 1122 | 1183 | 1152,5 | 1800 |
| 30/04/2015 | 1043 | 1097 | 1070 | 1800 |
| Moy Total | 1018,10 | 987,57 | 957,25 | 1800 |

Remarque :

Pour les jours manquants dans le Tableau 0.2, ils correspondent aux jours de repos.

Nous avons ensuite comparé la quantité produite avec l'objectif et calculer la productivité.

Le taux de la Productivité = (la quantité produite x 100) / l'objectif

Le taux de la Productivité $\hat{e} = (957,25 \times 100)/1800 = 53,18 \%$

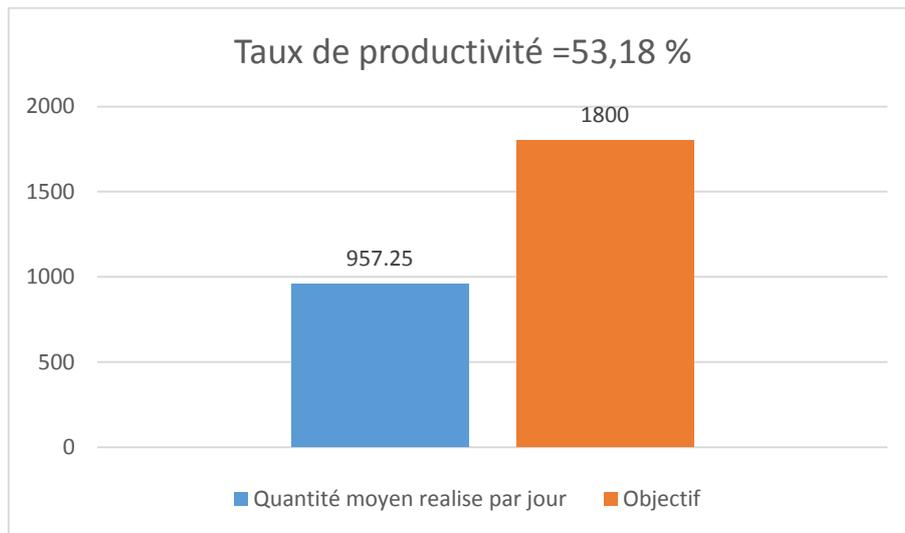


Figure I.15 : La Productivité de mois d'avril

Analyse : On observe un écart important entre la quantité produite et la quantité à produire (Objectif) et ce pour les différents produits. Ce problème est lié aux arrêts fréquents que subit la ligne de conditionnement. Une étude de ces arrêts s'avère ainsi primordiale.

I.4.1 Etudes des arrêts des lignes de conditionnement

Pour analyser ces arrêts nous avons commencé par collecter toutes les informations nécessaires à cette analyse en se basant sur les rapports de production de mois avril de l'année 2015.

Une première analyse nous a permis de constater que les arrêts que subis sont de deux grands types : techniques et non techniques.

I.4.2 Analyse globale des arrêts techniques et non techniques

L'analyse des rapports de production de la ligne conditionnement sur le mois d'avril 2015 montre que la ligne a subi des arrêts importants dont la durée totale s'élève à 165 heures et 28 minutes.

Ces arrêts sont de deux types : techniques et non techniques, Les arrêts techniques sont relatifs aux machines et installations techniques, alors que les arrêts non techniques sont liés aux problèmes de gestion et de palettisation manuelle. La durée des arrêts par type est représentée dans le Tableau 0.3 et la Figure I.16.

Tableau 0.3 : La durée des arrêts par type

| Nature d'arrêt | Temps d'arrêt (min) |
|-----------------------|---------------------|
| Arrêts techniques | 2940 |
| Arrêts non techniques | 6988 |
| Total | 9928 |

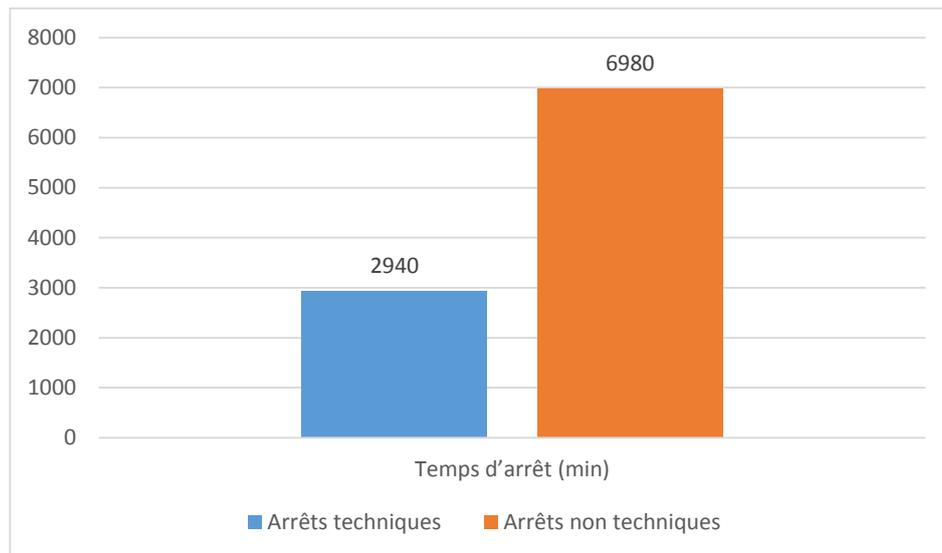


Figure I.16 : Le temps d'arrêts par type

On remarque qu'il y a un grand écart entre les arrêts techniques et les non techniques, donc on fait une analyse plus approfondie pour les arrêts non technique.

I.4.3 Analyse des arrêts non techniques de la ligne

L'analyse des arrêts non techniques montre que ceux-ci de plusieurs natures comme :

- Manque de palette, contreplaqué
- Chargement film, étiquette.
- Manque de Clark.
- Blocage banderoleuse.
- Manque d'effectif (main d'œuvre)
- Le rendement de la main-d'œuvre.
- Mauvaise planification et de gestion..
- Encombrement entre ligne de palettisation .

I.4.4 Analyse des arrêts techniques de la ligne

L'analyse des arrêts techniques de la ligne montre que ceux-ci sont relatifs à plusieurs machines.

Le classement des arrêts techniques par machine et par cause d'arrêts machines est présenté dans le Tableau 0.4.

Tableau 0.4 : Analyse des arrêts techniques de la ligne

| Machine | Cause d'arrêt | Temps d'arrêt (min) | Total (min) |
|--|---|------------------------|----------------|
| Souffleuse SIAPI | Changement lampe four | 60 | 910 |
| | Défaut de la tige d'élongation préforme | 150 | |
| | Défaut pr ésofflage | 90 | |
| | Fuite d'eau du moule N°1 | 380 | |
| | Réglage verrouillage des moules | 230 | |
| Remplisseuses -Capsuleuse AUSERE | Réglage boucheuse | 40 | 505 |
| | Coincement bouchon | 110 | |
| | Défaut variateur vitesse | 150 | |
| | Changement des conduites de l'huile | 165 | |
| | Vidange circuit | 40 | |
| Fardeuse DIMAC | Défaut pignon | 70 | 745 |
| | Changement moteur de tapie roulant | 60 | |
| | Réglage synchronisation de tapie | 475 | |
| | Mauvais réglage de bras de film | 140 | |
| Compresseur 40 bars | Arrêt | 710 | 710 |
| Compresseur 7 bars | Arrêt | 70 | 70 |
| Total | | | 2940 |

La machine **SIAPI** représente le plus long du temps total d'arrêts, c'est la machine la plus critique sur la ligne. Donc cette machine doit être traitée en priorité

I.5 Problématique et solution

La majorité des arrêts non techniques sont provoqués lors de la phase de palettisation. Cette dernière englobe plusieurs tâches qui sont réalisées manuellement en une période assez longue, ce qui occasionne beaucoup de problèmes, nécessite beaucoup d'énergie et provoque la baisse de rendement. Par ailleurs, nous constatons que la majorité des clients demande leur produit sans l'étape de fardelage pour réduire le coût du produit (soit 300 DA pour chaque palette).

A cet effet, pour améliorer le rendement de la ligne de palettisation, nous proposons la conception d'un système de palettisation fonctionnant sous contrôle automatique, ce qui permettra de stabiliser la production et augmenter la productivité.

I.5.1 Distributeur de palette

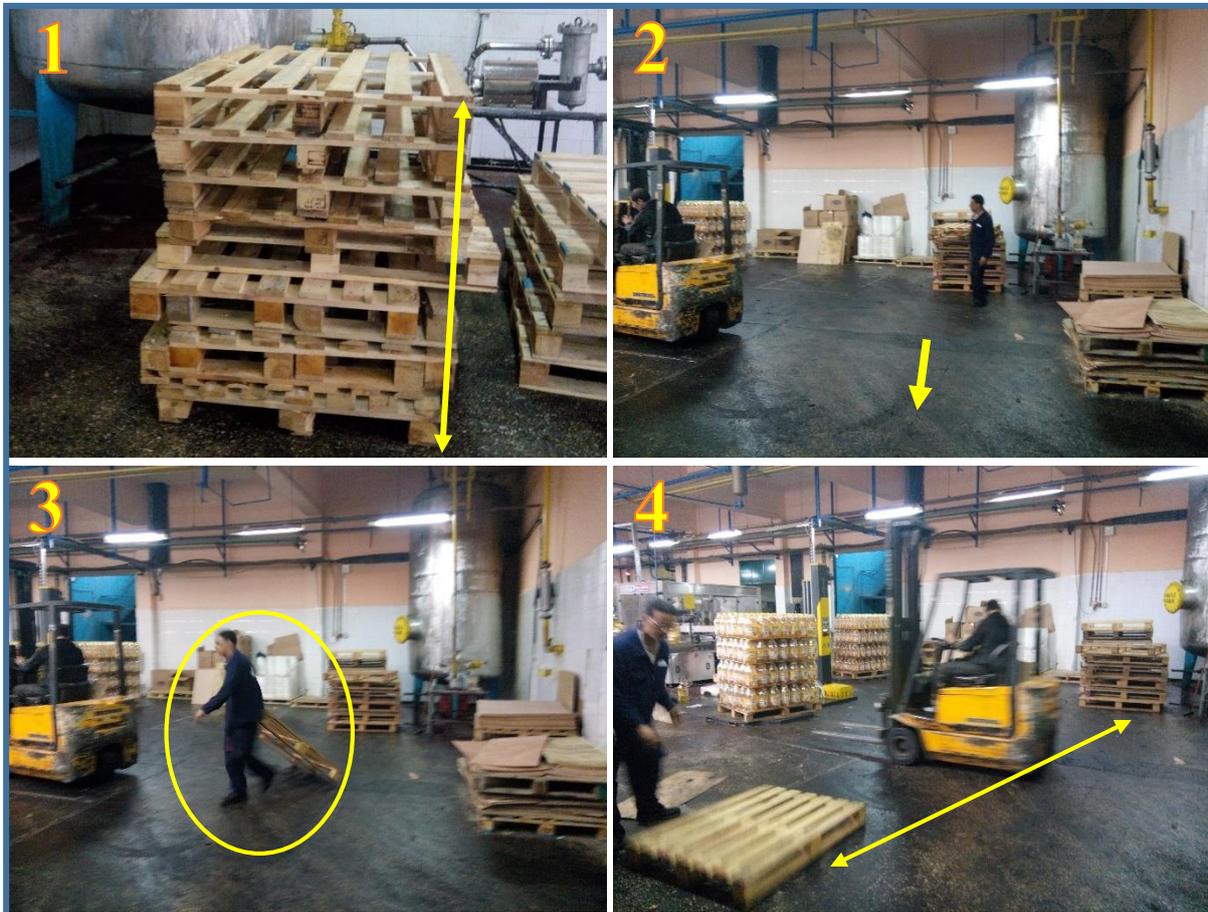


Figure I.17 : Les étapes d'apporter une palette

Il existe plusieurs facteurs qui nous obligent à trouver une solution concernant la descente des palettes à terre et le déplacement des palettes à l'endroit de palettisation qui demande beaucoup de temps et comporte des risques aux travailleurs.

Notre solution est de remplacer cette étape par un système qui peut distribuer les palettes automatiquement.

I.5.2 Robot cartésien deux axes



Figure I.18 : Les étapes de palettisation manuelle

Dans cette perspective, il y a beaucoup de facteurs qui entrent en jeu lors du choix d'une solution, à savoir :

- Gagner du temps à l'exécution ;
- Limiter les risques ergonomiques et diminuer des coûts d'indemnisation ;
- Limite la pénibilité du travail quant aux postures à adopter et aux efforts à déployer ;
- Accroître et stabiliser la productivité

Nous proposons une solution qui remplace les travailleurs par un robot cartésien, composé de deux axes avec préhenseur à pince.

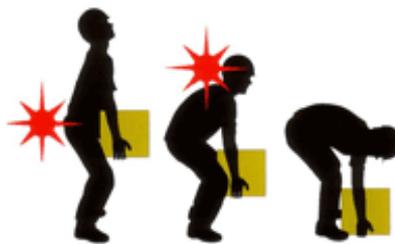


Figure I.19 : Les risques ergonomiques

I.5.3 Convoyeur à rouleaux



Figure I.20 : Le transport de la palette à la banderoleuse

Nous proposons, à cet effet une solution de relier le distributeur de palettes avec le robot palettiseur et la banderoleuse afin d'éviter l'emploi du Clark, faciliter et réduire le temps de l'opération.

I.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la méthode de palettisation actuellement employée au niveau de l'unité de conditionnement, ainsi que les raisons provoquant la baisse de rendement. Pour pallier à tous ces problèmes, nous avons proposé une solution "système de palettisation automatique" utilisant des équipements modernes et bon marché, afin d'améliorer la productivité et l'environnement de travail. La conception de ce système sera présentée et détaillée dans le chapitre suivant.

II. CONCEPTION DU SYSTEME DE PALETTISATION

II.1 Introduction

Notre projet consiste en la conception d'un système de palettisation automatique de chargement des bouteilles d'huile sur la palette.

La construction de ce système passe par une proposition de schéma cinématique, le choix des matériaux, des éléments constitutifs et leurs dimensionnements. Le système de palettisation est élaboré en tenant compte des exigences préalables qui sont :

- Prix, puissance, rendement, poids dimensions, milieu de travail et maintenance.
- Normalisation, lois et règles.
- Conditions de fonctionnement imposées par l'environnement.

II.2 Données de départ

Avant de commencer la conception de système nous vérifions les données de départ :

II.2.1 La cadence maximale de la de Ligne de conditionnement

Tableau II.1 : La cadence maximale pour chaque machine dans la ligne de conditionnement [2]

| | Marque | Model | Cadence max |
|----------------------------------|-------------------|------------------|-------------|
| Souffleuse | SIAPI | EASP 20 | 3600 bph |
| Positionneur de bouteille | AUSERE | P-22 | 2000 bph |
| Remplisseuses-Capsuleuse | AUSERE | HAM-16/G | 2000 bph |
| Etiqueteuse | P.E. LABELLERS | ROLLMATIC 540 | 6000 bph |
| Fardeuse | DIMAC | ST@R ONE | 20 emb/min |

Fardeuse : 20 emb/min chaque emballage compose à deux bouteilles donc **40 bpm**

La cadence maximale de Fardeuse dans une heure = $40 \times 60 = 2400$ **bph**

Donc la cadence maximale de Ligne de conditionnement est 2000 bph (la cadence de Positionneur de bouteilles et Remplisseuses-Capsuleuse est le plus petit dans la ligne)

II.2.2 Les données de palettes utilisées à l'entreprise

L'entreprise a utilisé 3 modèles de palettes de dimension : **1200 × 1000 × 146 mm** chaque modèle a son propre poids : **18kg - 20 kg - 25 kg** d'après la nature du bois utilisée.

Dans la conception on travaille avec le poids le plus lourd : **25 Kg**

Le nombre de palette maximal qui utilise dans une heure :

Le nombre de bouteilles sur la palette est **168** bouteilles (4 étage chaque étage 42 bouteilles)

Nombre de palette par heure = cadence maximal de la ligne / nombre de bouteilles de la palette

Nombre de palette par heure = $2000 / 168 = 11,90 \approx 12$ palette / heure

Il faut prendre une limite de sécurité de 3 palettes en cas des problèmes au niveau de distributeur de palette, à la conception on travaille avec **15** palettes / heure

Le nombre de palette portée avec le distributeur de palette :

Pour trouver le nombre maximal de palette portée avec le distributeur de palette il faut respecter la hauteur maximale qui peut être atteinte.

La hauteur maximum de palette levée par Clark est 2.8 m (La norme ISO 11228), la hauteur de palette est 15 cm donc le nombre qui peut être levé = $280 / 15 \approx 18$ palettes

On choisit le système qui dispose **16 palettes**.

La charge maximale portée avec le distributeur de palette :

On travaille avec le poids le plus lourd parmi les modèles qui existe est 25 Kg

Poids total des palettes = nombre de palette × poids de palette = $16 \times 25 = 400$ kg

La charge maximale portée avec le distributeur de palette est **400 kg**.

II.3 Schéma cinématique

On se propose un schéma cinématique du système de palettisation, à partir duquel, nous réalisons un calcul cinématique et de dimensionnement de tous les éléments de l'installation.

II.3.1 Distributeur de palette

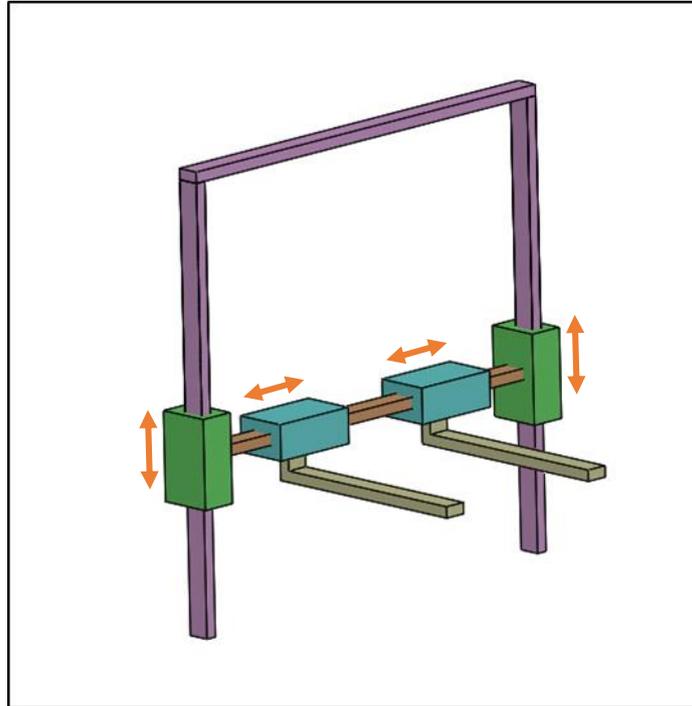


Figure II.1 : Schéma cinématique de distributeur de palette

II.3.2 robot cartésien

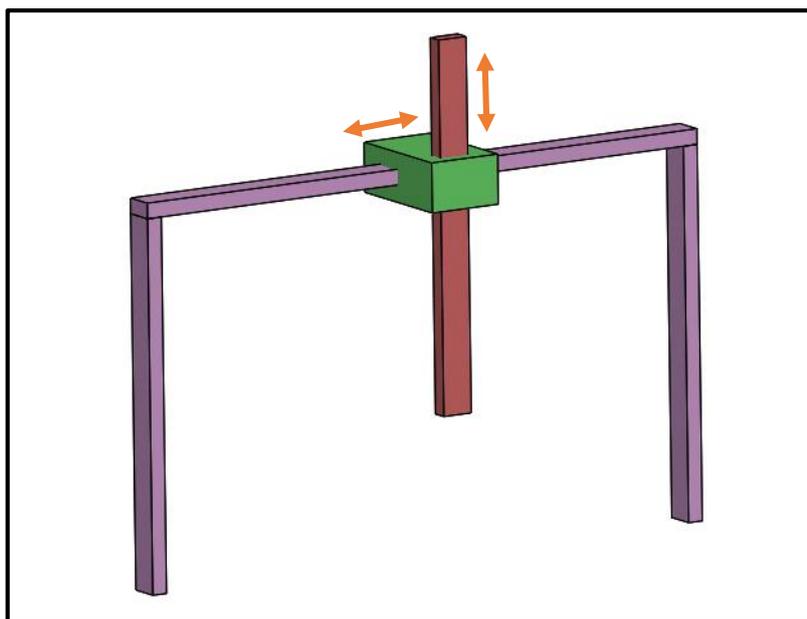


Figure II.2 : Schéma cinématique de robot cartésien

II.4 Choix de matériaux

Le choix des matériaux, dépend initialement des conditions suivantes :

Economique, sécurité et d'autres critères influant (résistance usure, traitement thermique, usinabilitéetc.).

Tableau II.2 : Caractéristique des matériaux utilisés[4]

| Composants | Matériaux | Densité (Kg/m ³) | Résistance élastique (N/mm ²) | Résistance ultime (N/mm ²) |
|---------------------------------|------------|------------------------------|---|--|
| Construction | S235 (A52) | 7800 | 235 | 340 |
| Les vis de fixation | A37 | 7825 | 240 | 370 :450 |
| Rail de guidage | X46cr13 | 7730 | 650 | 900 - 1100 |
| Rail en U | E36.2 | 7800 | 355 | 490 |
| Les crémaillères Les pignons | XC38 | 7820 | 340 | 590 - 680 |
| Les supports | XC48 | 7820 | 380 | 680 - 780 |
| Pince de préhenseur | 16MnCr5 | 7850 | 600 | 800 - 1100 |

II.5 Chariot (1) de distributeur de palette

II.5.1 Préhension des palettes

La préhension des palettes est assurée par un ensemble de 4 taquets associés au 2 porteurs. Les taquets et le porteur sont soumis aux efforts de flexion, on utilise le logiciel **SolidWorks** pour calculer et vérifier les dimensions propose.

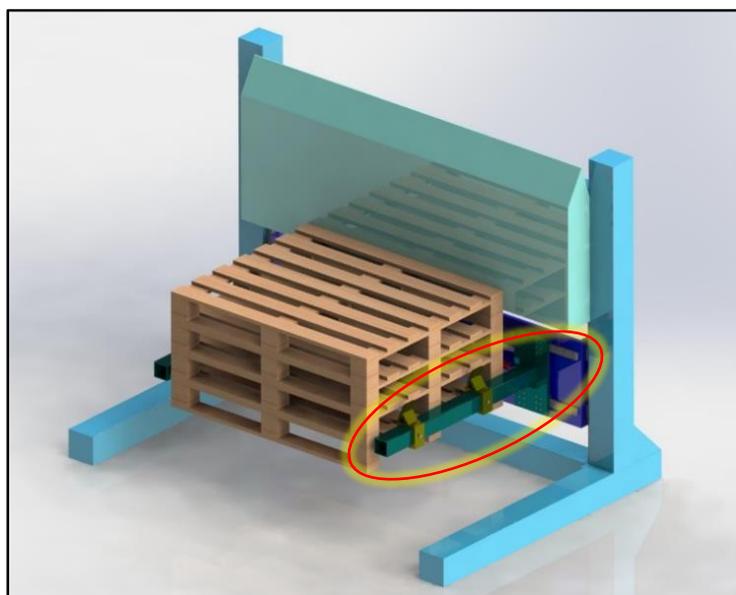


Figure II.3 : Distributeur de palette réalisé par Solidworks

II.5.1.1 V é r i f i c a t i o n d e s d i m e n s i o n s d e s t a q u e t s

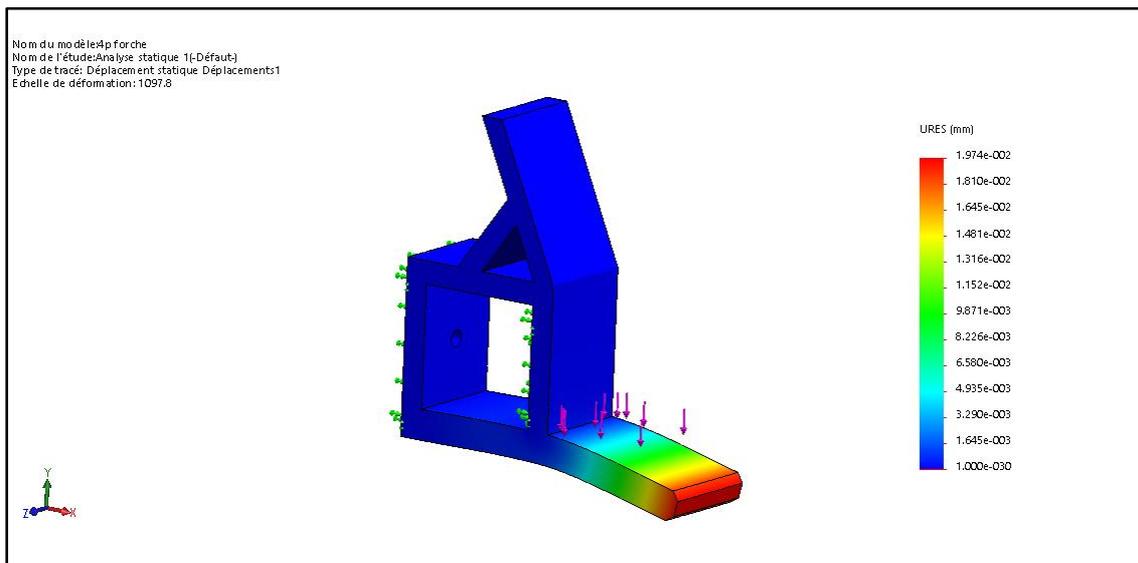


Figure II.4 : Fl è c h e r é e l l e d u t a q u e t

La fl è c h e r é e l l e d u t a q u e t s e r a d e 0,02 mm.

La fl è c h e a d m i s s i b l e p o u r l e t a q u e t e s t d e 0,33 mm.

I l e s t d o n c v é r i f i é q u e l a f l è c h e e s t i n f é r i e u r e à l a f l è c h e m a x i m a l e a d m i s s i b l e.

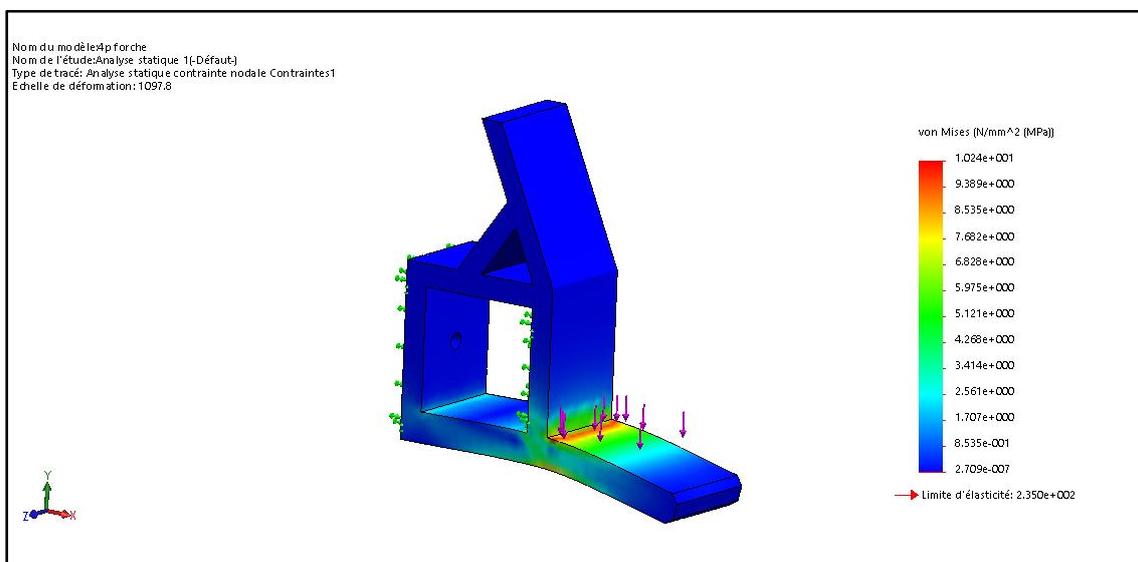


Figure II.5 : C o n t r a i n t e m a x i m a l e d u t a q u e t

La c o n t r a i n t e m a x i m a l e d a n s l e t a q u e t s e r a d e 1,02 daN/mm²

La c o n t r a i n t e a d m i s s i b l e e s t d e 4,70 daN/mm²

I l e s t d o n c v é r i f i é q u e l a c o n t r a i n t e d a n s l e t a q u e t e s t i n f é r i e u r e à l a c o n t r a i n t e m a x i m a l e a d m i s s i b l e. L e p r o f i l c h o i s i e s t c o m p a t i b l e p o u r c e t t e a p p l i c a t i o n s u i v a n t l e s c a r a c t é r i s t i q u e s d o n n é e s.

II.5.1.2 Calcul et vérification des dimensions des porteurs

Pour des questions de sécurité liées à l'usage des machines, la contrainte normale σ_{Max} dans la section droite la plus chargée doit rester inférieure à une contrainte limite admissible liée au matériau et fixée par le constructeur ou par des normes : Rpe.

Dans le cas précis de la flexion, il faut donc procéder ainsi :

- commencer par déterminer la section la plus chargée (en général celle où le moment fléchissant est maximum).
- puis vérifier que la contrainte maximale dans cette section est inférieure à la contrainte admissible Rpe imposée par le constructeur.

$$\sigma_{max} = \frac{Mf_{max}}{\left(\frac{I_z}{V}\right)} \leq Rpe \quad [5]$$

$I/V z$: le module de flexion

Rpe : la résistance pratique

$$Rpe = \frac{Re}{S}$$

Re : la limite élastique et

S : le coefficient de sécurité adopté

$$Mf_{max} = (1000 \times 380) + (1000 \times 880)$$

$$Mf_{max} = 1260000 \text{ Nmm}$$

$$Rpe = \frac{235}{5} = 47 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{max} = \frac{1260000}{\left(\frac{I_z}{V}\right)} \leq 47$$

$$\frac{1260000}{47} \leq \left(\frac{I_z}{V}\right) \quad 26,80 \text{ cm}^3 \leq \left(\frac{I_z}{V}\right)$$

D'après l'annexe 1 on choisit le dimensionnement du porteur :

80 × 80 mm avec épaisseur de 4 mm.

II.5.1.3 Flèche de l'ensemble porteur et taquets

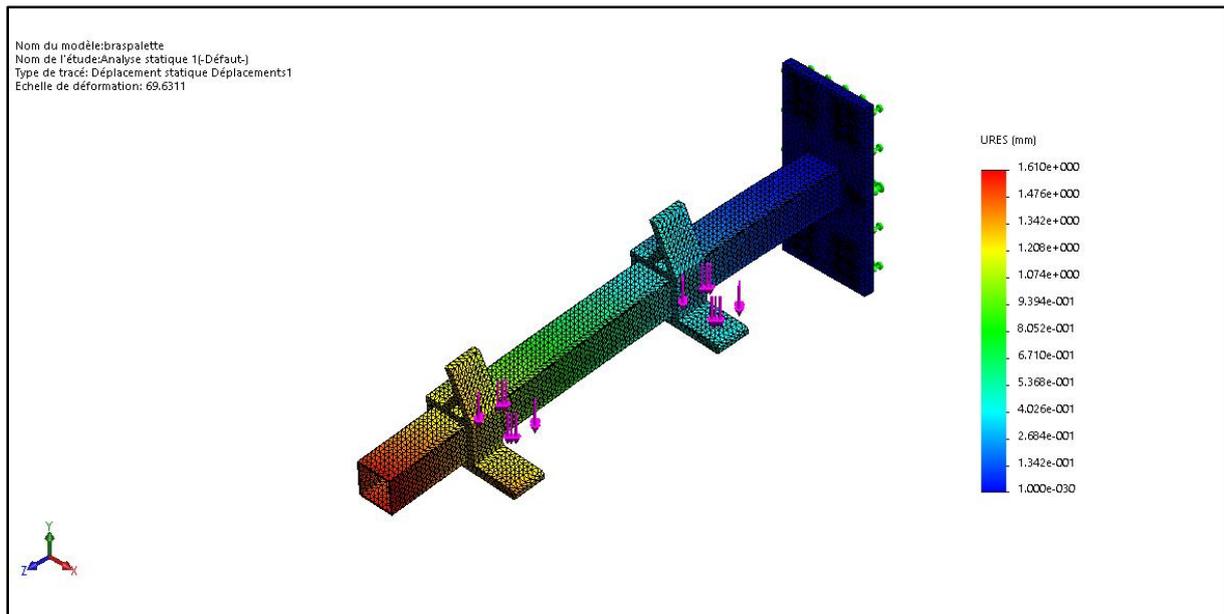


Figure II.6 : Flèche réelle de l'ensemble porteur et taquets

La flèche réelle de la poutre sera de 1,32 mm

La flèche admissible pour la poutre est de 3,67 mm

Il est donc vérifié que la flèche est inférieure à la flèche maximale admissible

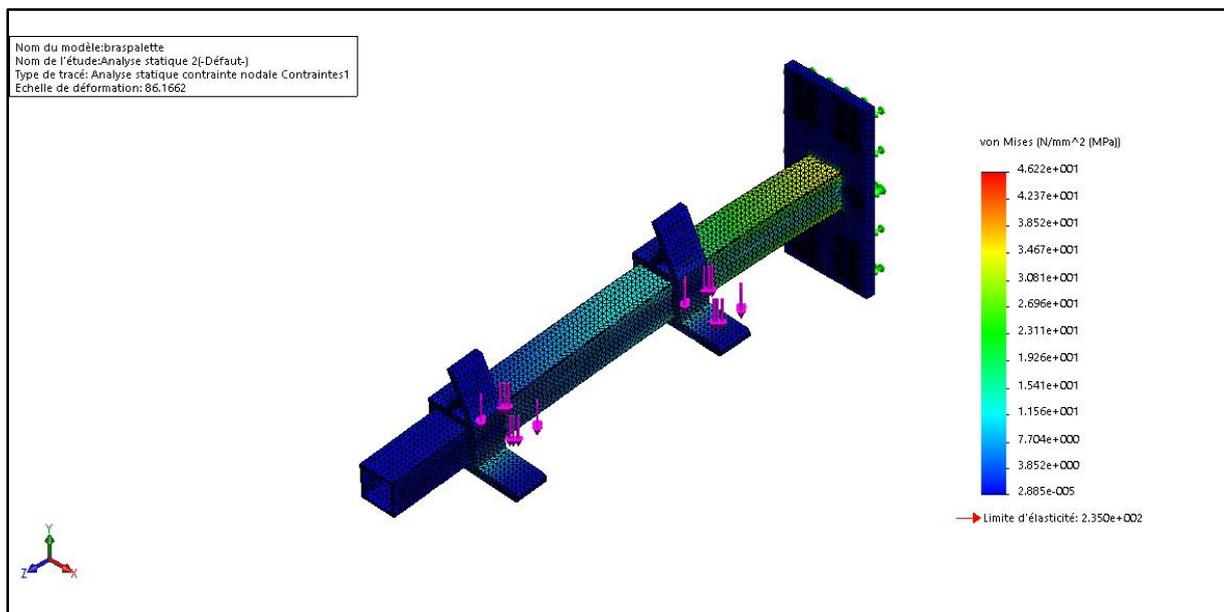


Figure II.7 : Contrainte maximale dans l'ensemble porteur et taquets

La contrainte maximale sera de 4,62 daN/mm²

La contrainte admissible est de 4,70 daN/mm²

Il est donc vérifié que la contrainte dans la poutre est inférieure à la contrainte maximale admissible. Le profil choisi est compatible pour cette application suivant les caractéristiques données.

II.5.2 Choix du système de guidage

Pour assurer le guidage du porteur à mouvement rectiligne, les solutions existantes se ressemblent toutes : un support sur lequel se déplace un chariot. Après, il existe plusieurs technologies différentes, citons les roulements à bille, déplacement sur galet.....

Le constructeur Michaud-Chailly propose beaucoup de modèles différents, à prix modéré. Après la lecture de leur catalogue, nous nous sommes arrêté sur le système de guidage linéaire à billes, approprié à notre cahier de charge.

La charge de porteur avec les taquets environ de 50 kg et la charge maximal des palettes est devise sur deux donc $400/2=200$ kg, donc la charge maximal est 250 kg.

La charge uniformément répartie sur 4 guides à billes.

II.5.2.1 Calcul de la charge équivalente

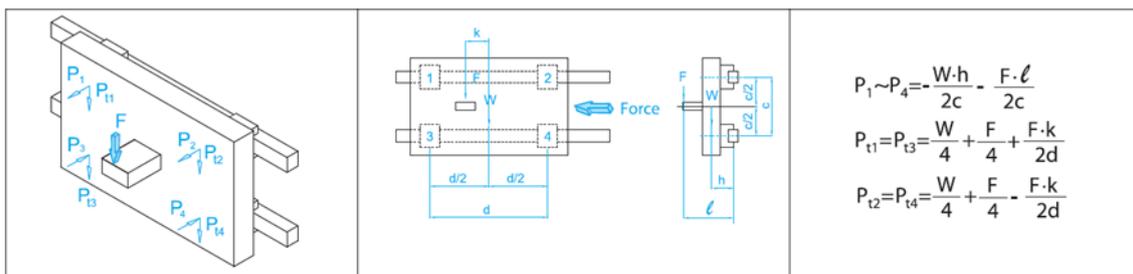


Figure II.8 : Lois de calcul des charges [6]

$W = 120 \text{ N}$, $h = 22 \text{ mm}$, $F = 2500 \text{ N}$, $C = 290 \text{ mm}$, $l = 60 \text{ mm}$

La charge radiale = $-(120 \times 22) / (2 \times 290) - (600 \times 2500) / (2 \times 290) = - 2590,55 \text{ N}$

La charge axial = $(120/4) + (2500/4) = 655 \text{ N}$

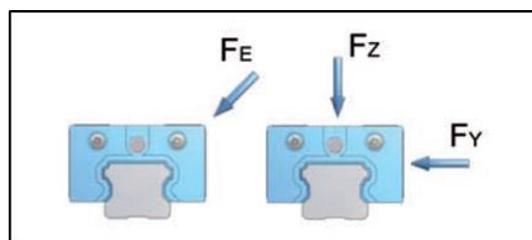


Figure II.9 : La charge équivalente

Charge équivalente $F_E = 2590,55 + 655 = 3245,55 \text{ N} = 3,24 \text{ KN}$

La charge dynamique maximale admissible pour le guide à billes choisi est de 7,2 KN.

Donc le guide à billes choisi est compatible pour cette application suivant les caractéristiques données.

II.5.2.2 Choix des dimensions de guidage à billes

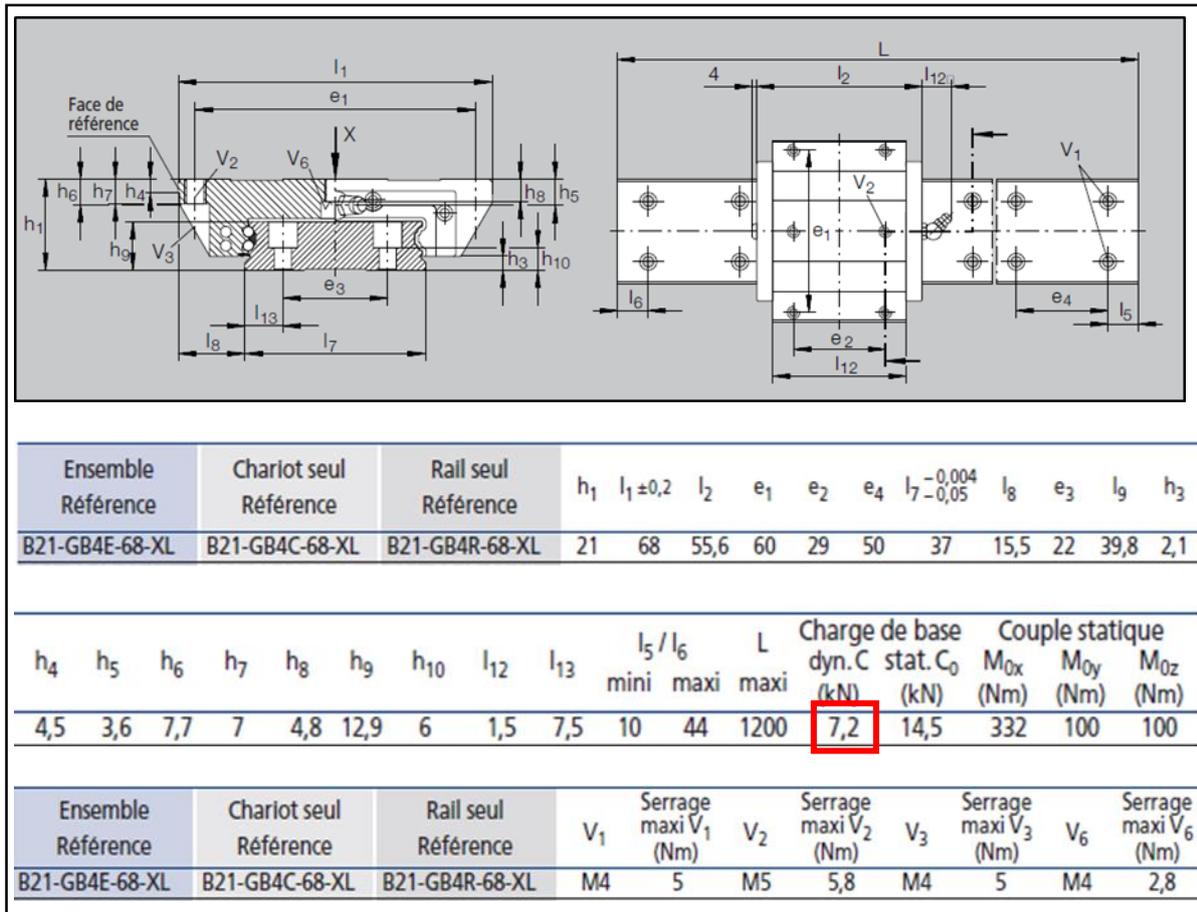


Figure II.10 : Dimension de guidage à billes [6]

II.5.2.3 Calcul de la durée de vie des guidages à billes en mètre

$$L_{10} = \left(\frac{C}{F_E}\right)^3 \times 10^5 \text{ [6]}$$

L₁₀ = durée de vie nominale (m)

C = capacité de charge dynamique (N)

F_E = charge dynamique équivalente (N)

$$L_{10} = \left(\frac{7200}{3245,55}\right)^3 \times 10^5$$

L₁₀ = 1091773,57 m

La durée de vie nominale en mètre L₁₀ = 1091773,57 m

II.5.2.4 Calcul de la durée de vie des guidages à billes

$$L_h = \frac{833}{S.n} \times L_{10} \text{ [6]}$$

L_h = durée de vie nominal (h)

S = longueur de la course (m)

n = nombre d'allers-retours/ min (c/min)

$n = 60 / 1,610 = 37,26$ c/min

$$L_h = \frac{833}{0,16 \cdot 37,26} \times 1091773,57$$

$L_h = 152550889,66$ h

La durée de vie nominal en heure $L_h = 152550889,66$ h

II.5.3 Choix des vérins

Le porteur se déplace sur le chariot avec un vérin pneumatique pour faciliter et assurer le déplacement. Le choix du vérin consiste à déterminer sa section exacte convenable avec l'effort de la charge à vaincre et sous la pression adoptée du réseau.

La poussée théorique d'un vérin de section S sous une pression P peut se traduire par :

$$F_{\text{théorique}} = P \times S$$

$F_{\text{théorique}}$: force théorique (daN)

P : pression d'utilisation (bars)

S : section du vérin (cm²)

Dans les systèmes pneumatiques, la pression se situe entre 2 bars et 10 bars. On choisit de travailler avec une pression de 6 bars.

Quand un vérin travaille il faut tenir compte des frottements internes et des effets de la contre-pression, afin d'éviter les risques du phénomène de « broutement ». Pour cela, la poussée théorique ($F_{\text{théorique}}$) doit plus grande que l'effort à vaincre pour déplacer la charge (F_{charge}).

Le rapport existant entre la force à vaincre et la poussée théorique se nomme «taux de charge», explicite par la formule suivante :

$$t = \frac{F_{charge}}{F_{théorique}}$$

$F_{théorique}$: force ou poussée théorique (N)

F_{charge} : effort à vaincre pour déplacer la charge (N)

t : Taux de charge %

En pratique, le taux de charge : $t \in [50\%, 75\%]$

Usuellement, le taux de charge recommande en automation est : 50%

Calcul $F_{théorique}$ avec un taux de charge de 50 %

$F_{charge} = \text{charge} \times \text{coefficient de frottement de guidage} \times \text{nombre de guidage}$

$$F_{charge} = 500 \times 0,02 \times 4 = 40 \text{ N}$$

$$F_{théorique} = \frac{F_{charge}}{t}$$

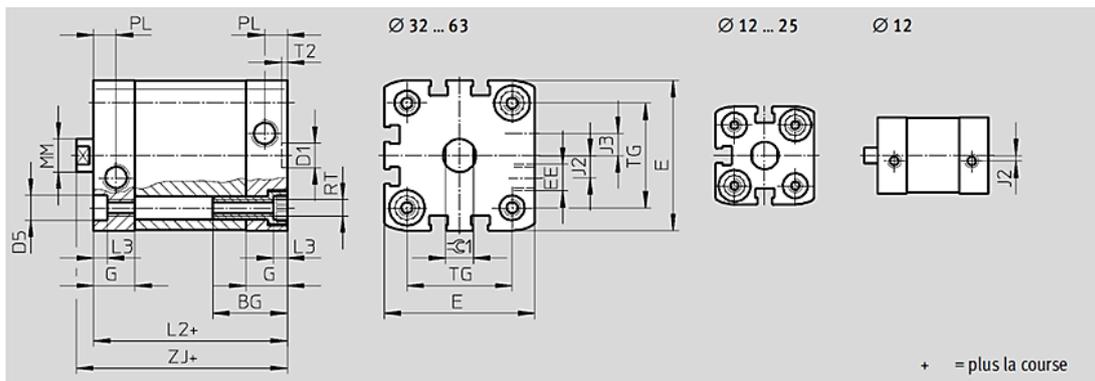
$$F_{théorique} = \frac{40}{0,5} = 80 \text{ N}$$

D'après $F_{théorique}$ qui a été obtenu et avec une pression de 6 bars qui a été choisi on trouve le diamètre du Piston (D_p), Après plusieurs recherches dans les catalogues internationaux, on choisit le vérin [ADN-16-160-A-P-A] avec une course de 160 mm de la marque **Festo** (Vérins compacts ADN, ISO 21287) qui respect notre besoin.

Tableau II.3 : Guide de choix de vérin ISO 21287 [7]

| Force [N] et énergie d'impact [J] | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ø de piston | 12 | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 |
| Poussée théorique sous | 68 | 121 | 188 | 295 | 483 | 754 | 1 178 | 1 870 | 3 016 | 4 712 | 7 363 |
| 6 bar, avance | S1 | - | - | 295 | - | 754 | - | 1 870 | - | 4 712 | - |
| | S2 | 51 | 90 | 141 | 247 | 415 | 686 | 1 057 | 1 750 | 2 827 | 4 524 |

II.5.3.1 Dimension du v érin



| Ø | BG | D1 | D5 | E | EE | G | J2 | J3 | L2 | L3 | MM | PL | RT | T2 | TG | ZJ | ≈C1 | | |
|------|------|------|-----------|----------|------|------|------|----|------|------|------|------|-----|------|-------|----|------|-----|----|
| [mm] | | Ø H9 | Ø F9 | | | | | | max. | +0,2 | Ø | +0,2 | | +0,1 | ±0,2 | | h13 | | |
| 12 | | | 6 | 27,5+0,3 | M5 | 10,5 | 2 | - | 35 | 3,5 | 6 | 6 | M4 | | 16 | 40 | 5 | | |
| 16 | 17 | | 29+0,3 | 11 | | | | | | 8 | | | | | 18 | | 7 | | |
| 20 | | 9 | 35,5+0,3 | 12 | | 2,6 | | | 37 | | 10 | | | | 22 | | 43 | 9 | |
| 25 | 19,5 | | 39,5+0,3 | 9 | G1/8 | 15 | 6 | 44 | 5 | 12 | 8,2 | M5 | 2,1 | 26 | 45 | 9 | | | |
| 32 | | | 47+0,3 | | | | | | | | | | | | | | 32,5 | 50 | 10 |
| 40 | | 27 | 54,5+0,3 | | | | | | | | | | | | 8 | | 45 | | 12 |
| 50 | | | 65,5+0,3 | 12 | G1/8 | 16,5 | 11,5 | 49 | 54 | 2,6 | 16 | M6 | 2,6 | 46,5 | 53 | 13 | | | |
| 63 | | | 75,5+0,3 | | | | | | | | | | | | | | 56,5 | 57 | 16 |
| 80 | 16,5 | | 95,5+0,6 | | | | | | | | | | | | 20 | | 67 | 2,6 | 20 |
| 100 | 21,5 | | 113,5+0,6 | 15 | G1/8 | 21,5 | 20 | 67 | 2,6 | 20 | 10,5 | M8 | 2,6 | 89 | 76 | 17 | | | |
| 125 | 20 | | 134,6+0,3 | | | | | | | | | | | | 21,15 | | 81 | - | 25 |

Figure II.11 : Dimension du v érin [7]

II.5.3.2 Fixations et montage des v éri ns

Le constructeur propose une gamme importante de fixation pour implanter les v éri ns. Deux fixations suffisent en g é n é r a l :

- Une à l'avant en bout de tige (cas A, B, C) ou sur le nez (cas D, E, F).
- Une à l'arrière (G, H, I) ou au milieu (J, J', J'').

La Figure II.12 donne un aper ç u des types de montages pour un v érin normalisé

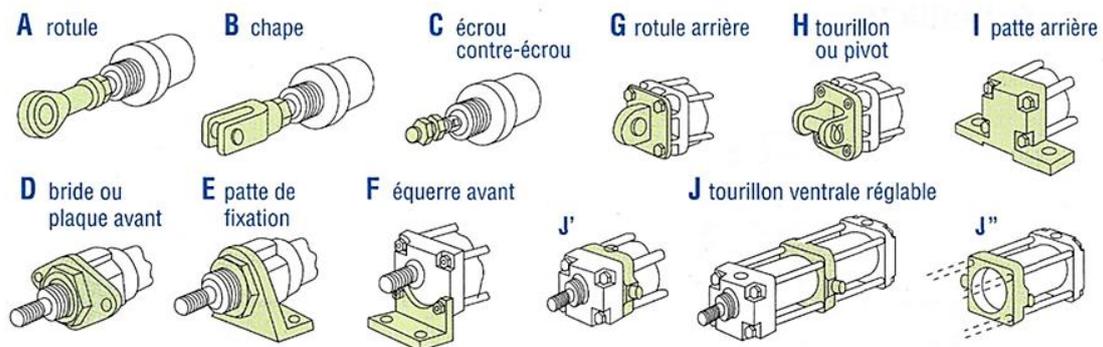
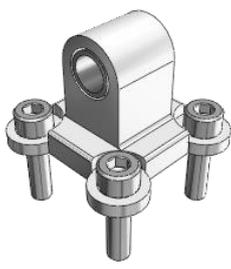


Figure II.12 : Types de montages de v érin [8]

Tableau II.4 : Les Accessoires de fixation choisis [7]

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Chapes à rotule 9254 CGS-M6 | Chapes de pied 6058 LBN-12/16 | Flasques orientables 537791 SNCL |

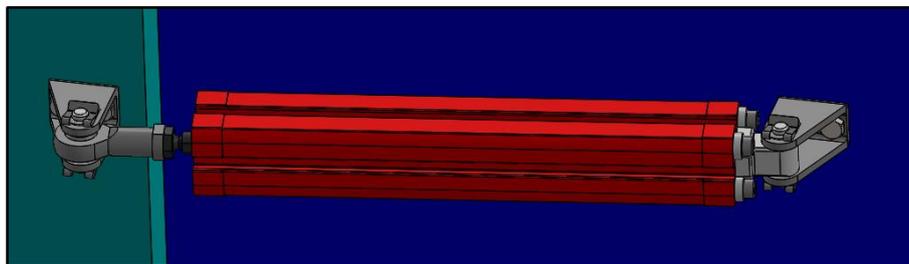


Figure II.13 : Le montage du vérin dans le chariot Solidworks

II.5.3.3 La vitesse du piston

La vitesse du piston d'un vérin pneumatique est fonction de la résistance rencontrée, de la pression d'air, de la longueur du réseau de distribution, de la section entre le distributeur de commande et l'élément de travail, et du débit du distributeur de commande.

A l'aide de simulator Festo nous calculons la vitesse et le temps de cycle.

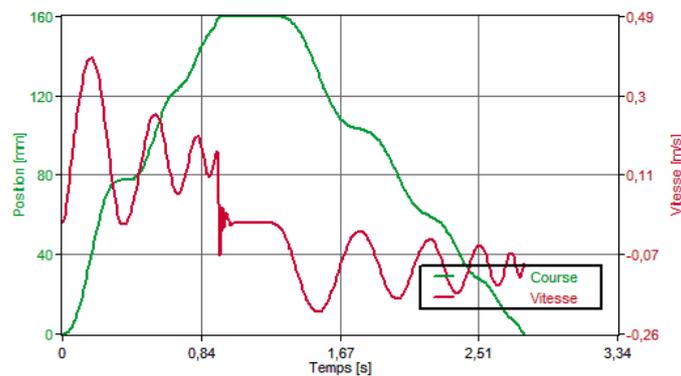


Figure II.14 : La vitesse et le temps de cycle réalisés par le simulator Festo

Le calcul de la cadence de distributeur de palette nécessite les résultats obtenus de la vitesse du vérin chariot (1) et aussi la vitesse du vérin chariot (2).

II.6 Chariot (2) du distributeur de palette

Pour assurer le guidage du chariot on mouvement rectiligne, il existe plusieurs technologies différentes, le constructeur Michaud-Chailly propose beaucoup de modèles différents.

Selon le catalogue [6], nous avons opté pour le système de guidage à galet combiné approprié à notre cahier de charge.

La charge maximale de chariot est 520 kg.

La charge uniformément répartie sur 4 galets combinés.

II.6.1 Calcul de la charge par galet combiné

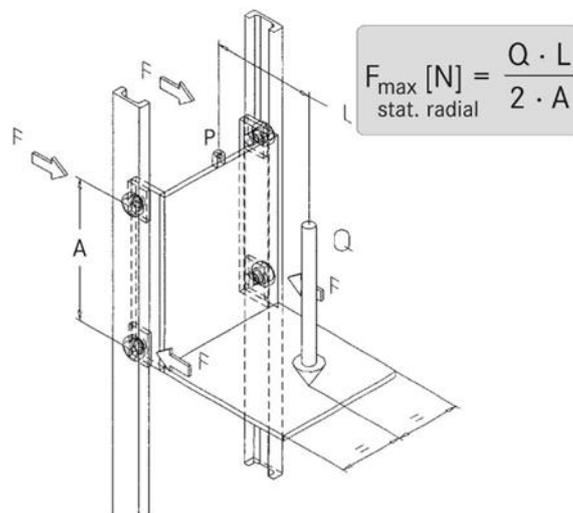


Figure II.15 : Lois de calcul de la charge par galet combiné [6]

Q = Charge utile (N)

L = Distance charge au point d'accrochage (mm)

P = Point d'accrochage

A = Distance recommandée entre les rouleaux (mm)

$$F_{\text{max}} = (5400 \times 600) / 2 \times 300 = 5400 \text{ N} = 5,4 \text{ kN}$$

La charge dynamique maximale admissible pour les galets combinés choisis est de 31 kN (Figure II.16). Donc le galet combiné choisi est compatible pour cette application suivant les caractéristiques données.

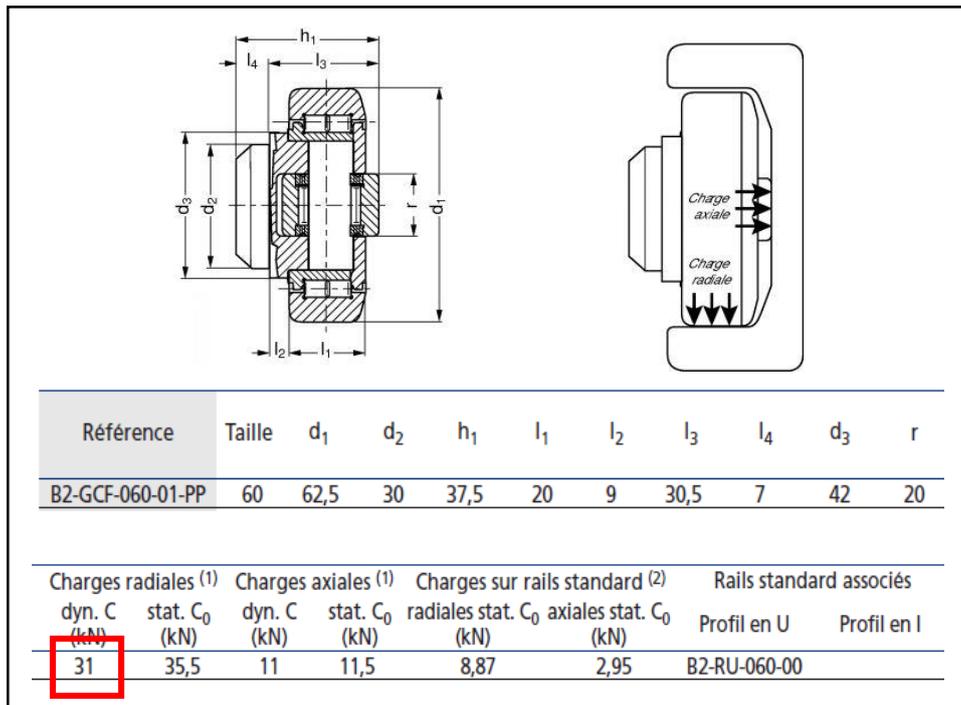


Figure II.16 : Dimension du galet a combin é[6]

On choisit le système de bride carrée pour supporter le galet a combin é

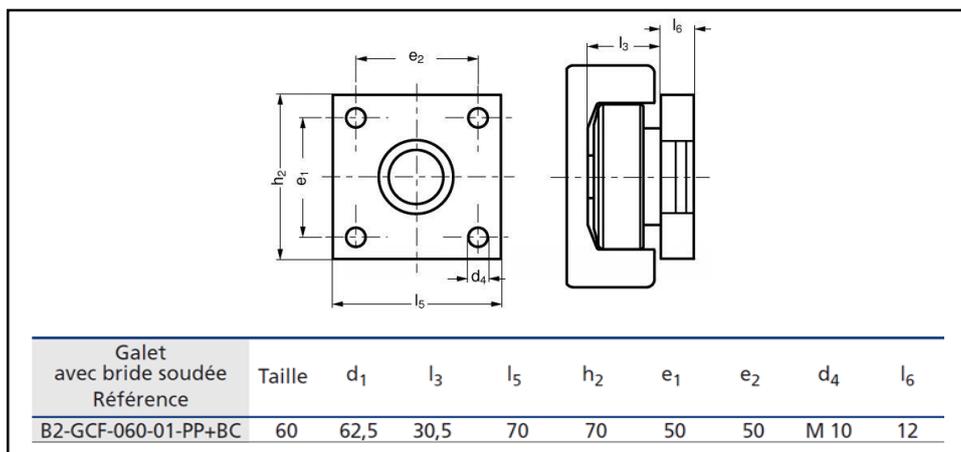


Figure II.17 : Dimension du supporte le galet a combin é[6]

On utilise la RAIL EN U pour guide le galet combin é

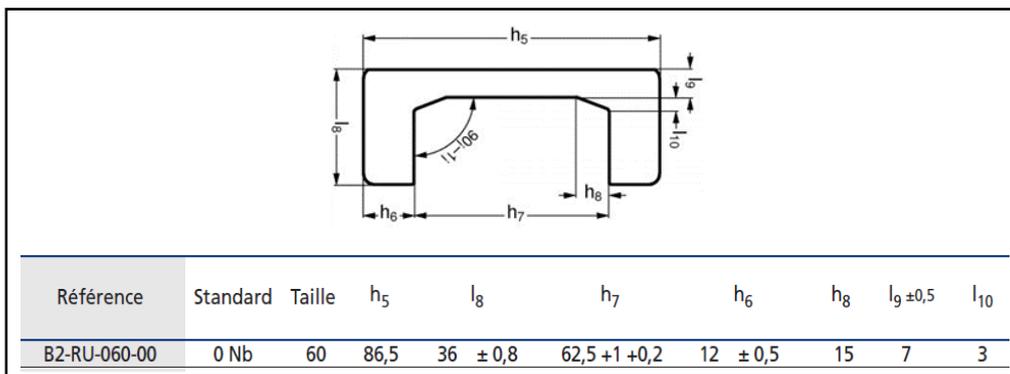


Figure II.18 : Dimension du la RAIL EN U pour guide le galet combin é[6]

II.6.2 Choix de vérin

Le vérin doit appliquer une force montante pour soulever le premier chariot de la charge de 540 kg qu'est important, ce qui nous oblige à utiliser un vérin hydraulique pour faciliter le levage de la charge.

Le choix de le vérin dépend l'effort de la charge à vaincre et la course et sous la pression adoptée du réseau.

Calcul $F_{théorique}$ avec un taux de charge de 50 %

$$F_{charge} = 540 \times 0,002 \times 4 + 540 = 544,32$$

$$F_{théorique} = \frac{F_{charge}}{t}$$

$$F_{théorique} = \frac{544,32}{0,5} = 1088,64 \text{ daN}$$

Après plusieurs recherches dans les catalogues internationaux et sous la norme **ISO 6020/2**, le vérin suivant assurer le levage d'une charge d'environ 540 Kg avec une course de 250 mm.

Tableau II.5 : Guide de choix de vérin ISO 6020/2 [9]

| ø D Alésage | ø d Tige | 6020/2 | 6020/1 | 6022 | S1 (cm²) | S2 (cm²) | S1/S2 | Effort poussant : F1 (en daN) | | | Effort tirant : F2 (daN) | | | |
|----------------|-------------|--------|--------|------|----------|----------|-------|----------------------------------|---------|---------|-----------------------------|---------|---------|------|
| | | | | | | | | 160 bar | 200 bar | 250 bar | 160 bar | 200 bar | 250 bar | |
| 25 | 12 | X | | | 4,91 | 3,78 | 1,30 | 785 | | | | 604 | | |
| | 14 | | X | | | 3,37 | 1,46 | | | | | 539 | | |
| | 18 | X | X | | | 2,36 | 2,08 | | | | | 378 | | |
| 32 | 14 | X | | | 8,04 | 6,50 | 1,24 | 1287 | | | | 1040 | | |
| | 18 | X | X | | | 5,50 | 1,46 | | | | | 880 | | |
| | 22 | X | X | | | 4,24 | 1,90 | | | | | 679 | | |
| 40 | 18 | X | | | 12,57 | 10,02 | 1,25 | 2011 | | | | 1603 | | |
| | 22 | X | X | | | 8,77 | 1,43 | | | | | 1402 | | |
| | 28 | X | X | | | 6,41 | 1,96 | | | | | 1025 | | |
| 50 | 22 | X | | | 19,63 | 15,83 | 1,24 | 3142 | 3927 | 4909 | | 2533 | | |
| | 28 | X | X | | | 13,48 | 1,46 | | | | | 2156 | | |
| | 32 | | | X | | 11,59 | 1,69 | | | | | 1855 | 2318 | 2898 |
| | 36 | X | X | X | | 9,46 | 2,08 | | | | | 1513 | 1891 | 2364 |

II.6.2.1 Dimension du v érin

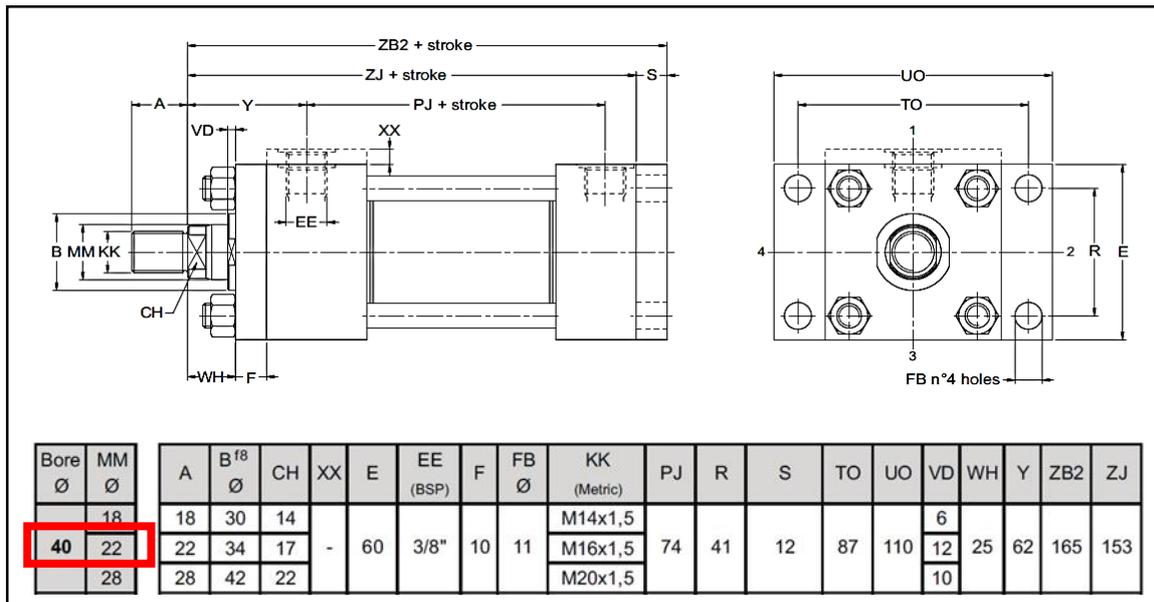
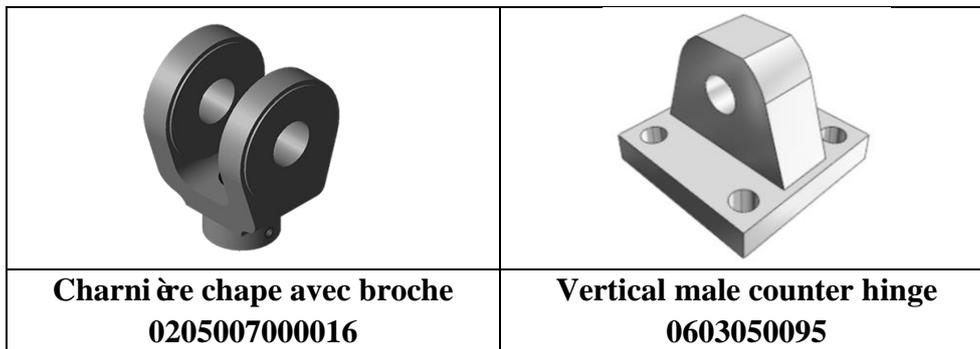


Figure II.19 : Dimension du v érin [9]

II.6.2.2 Fixations et montage du v érin

Tableau II.6 : Les Accessoires de fixation choisie



II.6.2.3 La vitesse du piston

Le calcul de la vitesse du v érin

La vitesse de sortie : $V_s = \frac{Q}{S} = \frac{7500}{12,57} = 596,66 \text{ cm/min} = \mathbf{9,94 \text{ cm/s}}$

La vitesse de rentrée : $V_e = \frac{Q}{S} = \frac{5300}{8,77} = 604,32 \text{ cm/min} = \mathbf{10.07 \text{ cm/s}}$

Le temps de cycle de distributeur de palette = le temps de cycle vitesse chariot (1) + le temps de cycle vitesse chariot (2) + le temps de pause (temps entre les mouvements des v érin= 0,5 s)

Le temps de cycle de distributeur de palette = 5 + 3 + 3 = 11 s

Donc la cadence de de distributeur de palette ≈ 5 palette/ min

II.6.3.4 Support de vérin

On a opté quatre vis à têtes hexagonale en A33 d'usage générale Pour fixer le support de vérin sur le chariot. Pour déterminer le diamètre des vis, nous faisons ce calcul d'après les conditions de résistance.

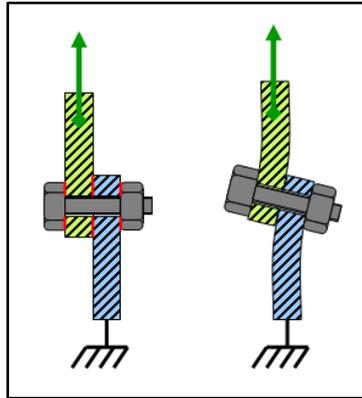


Figure II.20 : Condition de cisaillement admissible

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

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

F : la force radiale sur la vis

S : section cisailée

$$\text{Avec } S = \frac{\pi \times D^2 \times Z \times N}{4} \quad [10]$$

Z : nombre de surface cisailée = 1

N : nombre de vis = 4

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

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

Re: la limite élastique (A33) = 240N/mm²

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

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

$$D \geq \sqrt{\frac{4 \times 20110}{\pi \times 60 \times 1 \times 4}} \quad D \geq 10.33 \text{ mm}$$

Pour des raisons de normalisation, nous avons choisi de mettre des vis M12 qui satisfont aux conditions de résistance.

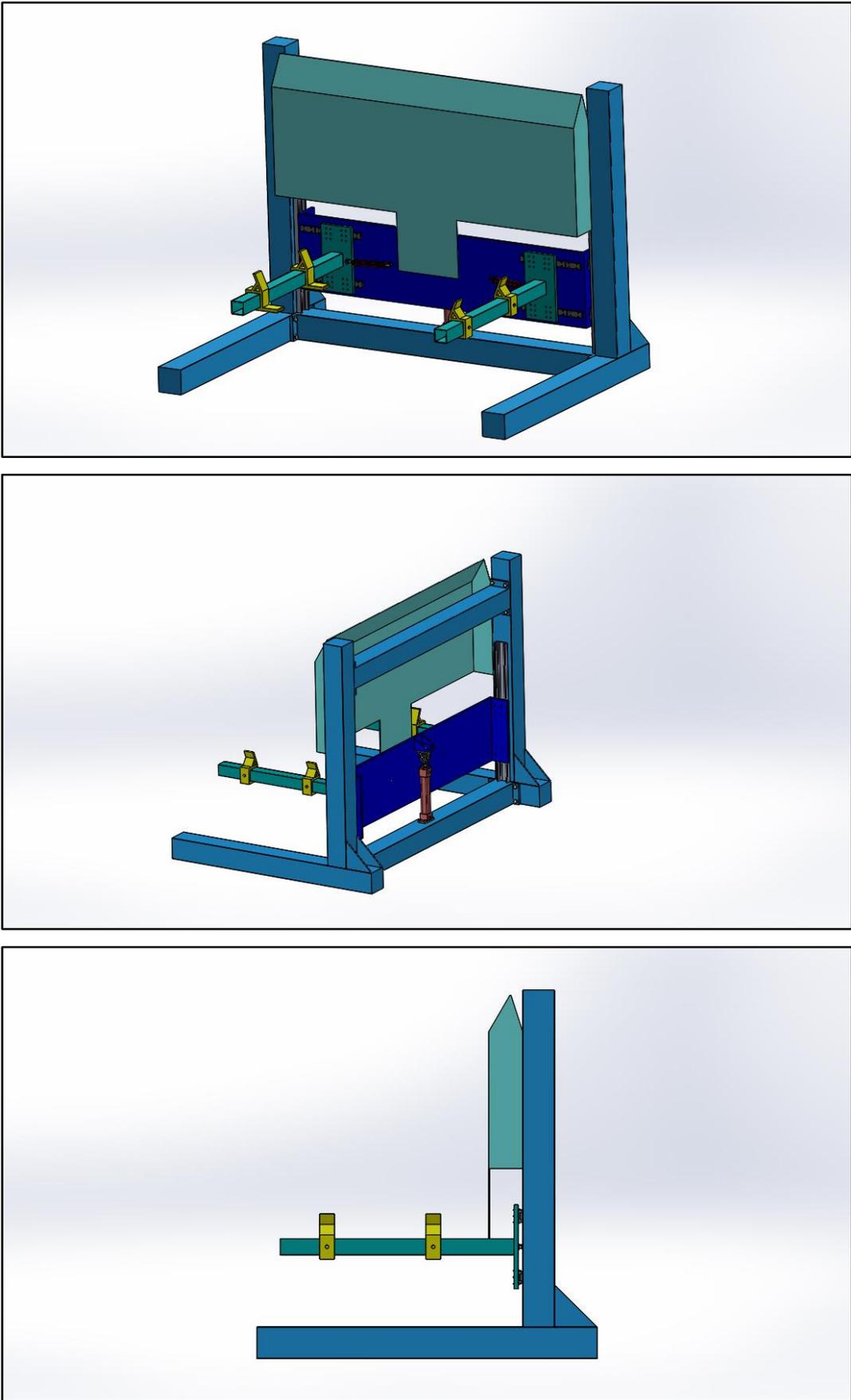


Figure II.21 : Diff érents vues de distributeur de palette r éalis és par Solidworks

II.7 Préhenseur de robot

Le préhenseur permet de porter deux rangs de bouteilles et un contreplaqué pour séparer les étages. La préhension des bouteilles est faite par des pinces pneumatiques et la préhension des contreplaqués est assurée par de ventouse. Ce préhenseur multifonction concept pour le format de bouteille de 5 litre et contreplaqué de 1 kg.

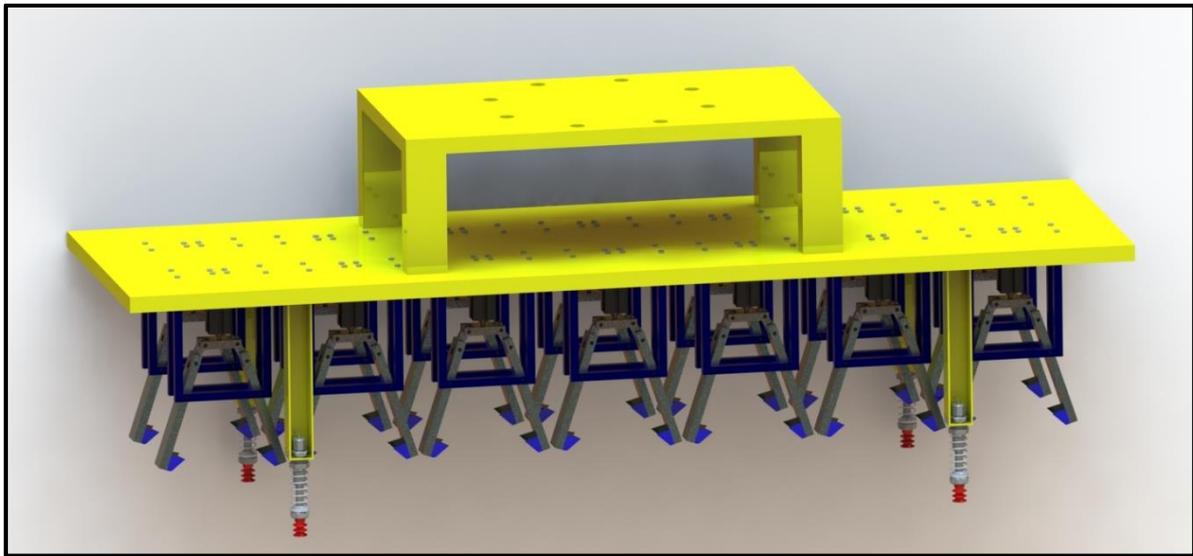


Figure II.22 : Préhenseur du robot réalisé par Solidworks

II.7.1 Pince de robot

Les pinces de robot sont largement utilisées dans l'industrie manufacturière. Leur forme dépend de l'élément à saisir et l'environnement dans lequel elles agissent. Le dimensionnement des pinces se fait en fonction des données du cahier des charges.

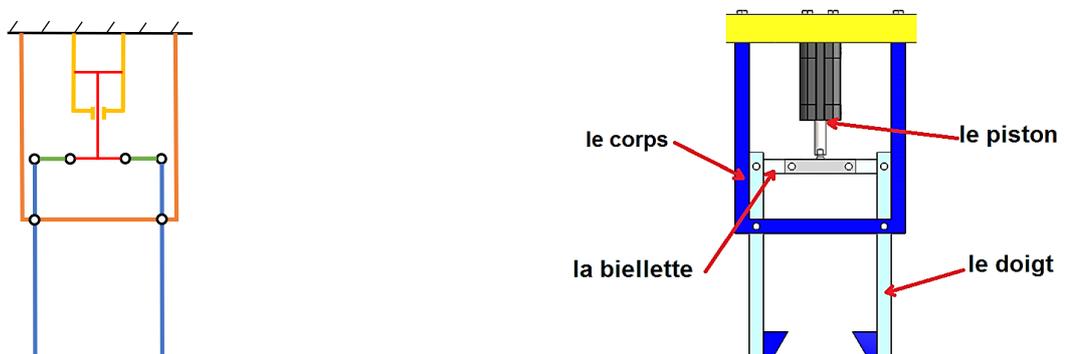


Figure II.23 : Pince de robot et son schéma cinématique

II.7.2 Choix de vérin

Le vérin doit appliquer une force pour fermer et ouvrir la pince de robot qui soulever une bouteille de la charge de 5 kg, on a choisie d'utiliser un vérin pneumatique double effet pour faciliter assure la rapidité de fonctionnement.

Le calcul de $F_{théorique}$ avec un taux de charge de 50 %

$$F_{théorique} = \frac{F_{charge}}{t}$$

$$F_{théorique} = \frac{50}{0,5} = 100 \text{ N}$$

D'après $F_{théorique}$ qui a été obtenu on choisit d'utiliser le même vérin qui nous avons choisi dans le chariot (1) mais avec une course de 160 mm.

Les dimensions de vérin sont représentées dans la Figure II.11.

II.7.3 Choix de ventouse

La ventouse est activée par la différence de pression entre l'intérieur (vide) et l'extérieur (atmosphère). La ventouse pourra ainsi manipuler des pièces d'un poids de quelques grammes à plusieurs tonnes suivant leur diamètre.

Le choix d'une ventouse nécessite la détermination des paramètres suivants :

- Nombre de ventouses ;
- Leur matière ;
- Leur diamètre ;
- Leur modèle ;
- Le type de leur fixation.

Dans notre projet, on a employé les ventouses pour la manipulation des contreplaqués et leurs rangements dans la palette. Pour assurer la stabilité de contreplaqué au cours du rangement on utilise 4 ventouses.

Le calcul du diamètre d'une ventouse [11]

$$D = 11,2 \sqrt{\frac{m}{\Delta p \times n \times s \times \mu}}$$

D = Diamètre de la ventouse **mm**

m : masse de produit à manipuler **Kg**

μ : coefficient de frottement entre le matériau de la ventouse et le matériau de produit à manipuler

s : Coefficient de sécurité

- 0,6 pour manutention d'une pièce horizontale.
- 0,4 pour manutention d'une pièce verticale.

ΔP : Niveau de vide **bar**

$$D = 11,2 \sqrt{\frac{1}{0,7 \times 4 \times 0,4 \times 0,5}}$$

D = 14,97 mm

On utilise des ventouses 2.5 soufflets de diamètre nominal D = 20mm

On fixe la ventouse avec Montage à ressort anti-rotation :

- Permet de compenser les différences de niveau ;
- Permet de conserver l'orientation des pièces,
- Matière : Laiton nickelé



Figure II.24 : Montage à ressort anti-rotation [11]

II.8 Segment (1) du robot cartésien

On utilise le logiciel de Solidworks pour calculer et vérifier les dimensions du segment de robot.

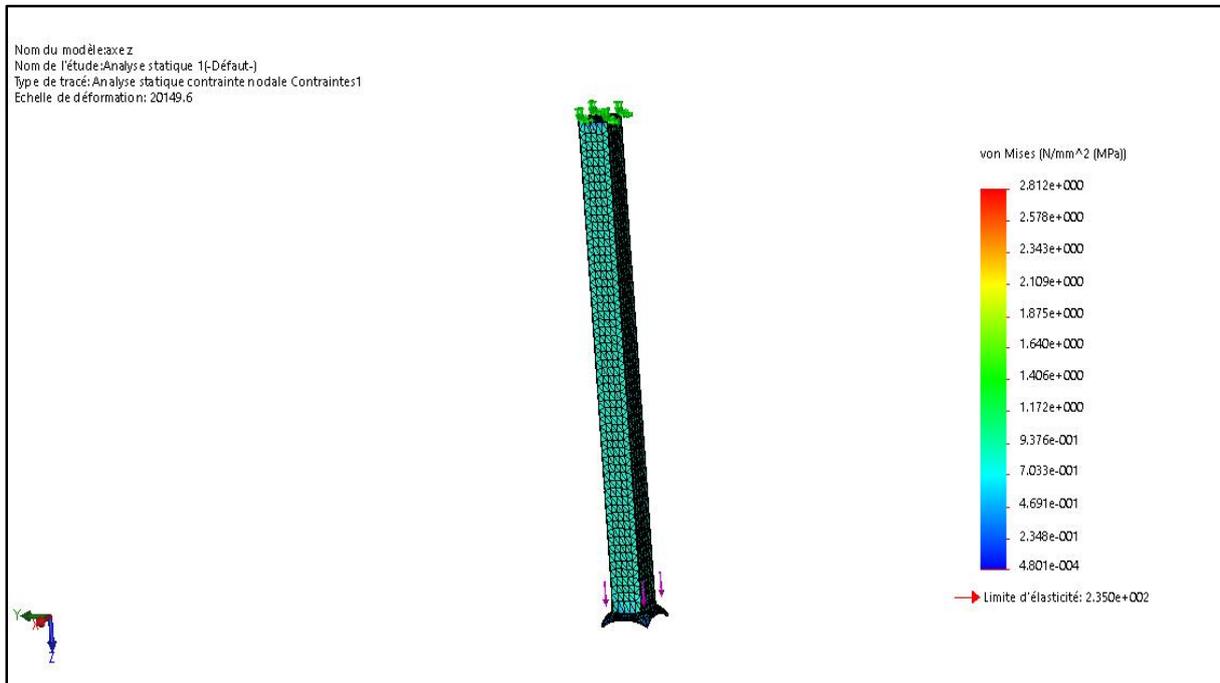


Figure II.25 : Flèche réelle du Segment (1) de robot cartésien

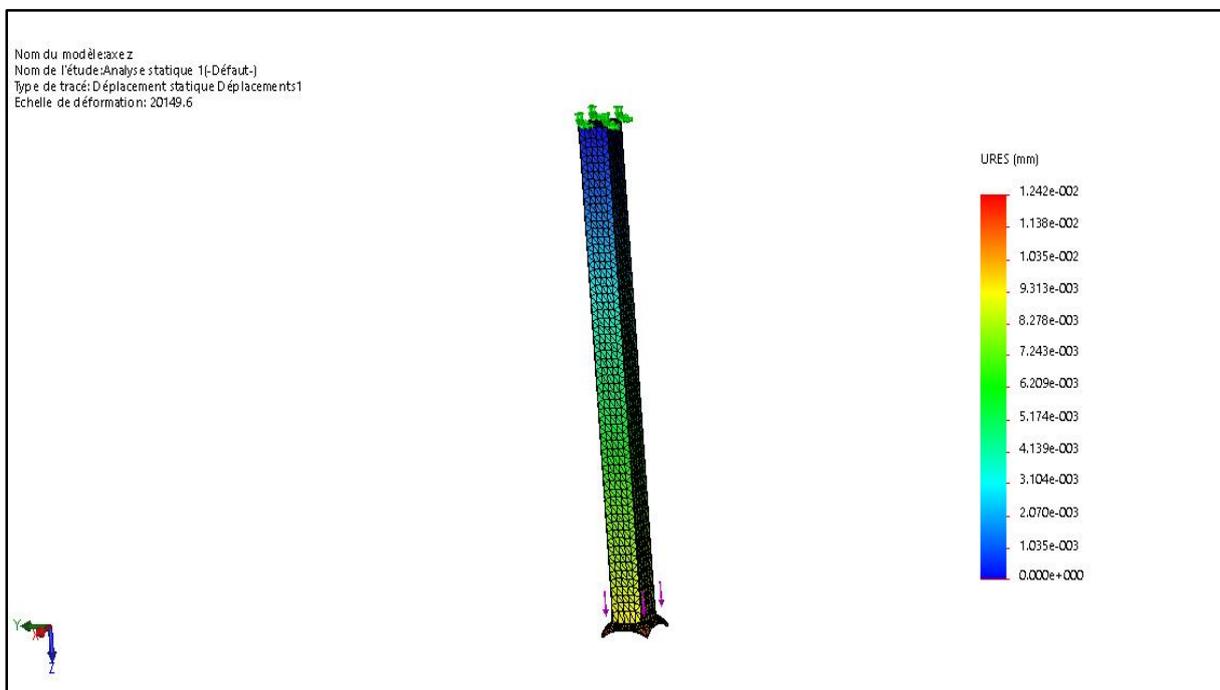


Figure II.26 : Contrainte maximale du Segment (1) de robot cartésien

Le profil choisi est compatible pour cette application suivant les caractéristiques données.

II.8.1 Choix du système de guidage

Pour assurer le guidage du porteur à mouvement rectiligne vertical on a choisi le système de guidage linéaire à billes.

On calcule la charge équivalente

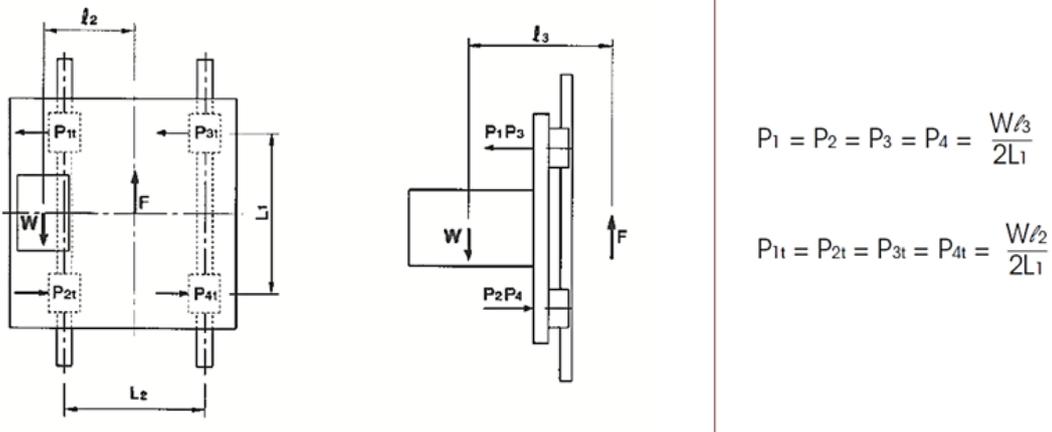


Figure II.27 : Lois de calcul des charges [6]

W = poids des bouteilles + poids préhenseur + poids bras z

$$W = 70 + 125 + 80 = 275 \text{ kg}$$

La charge radiale :

$$P = \frac{W \times l_3}{2l_1}$$

$$W = 2750 \text{ N}, \quad L_1 = 422,6 \text{ mm}, \quad L_2 = 120, \quad l_2 = 120 \text{ mm}, \quad l_3 = 50 \text{ mm}$$

$$\text{La charge radiale} = \frac{2750 \times 50}{2 \times 422,6} = 162,83 \text{ N}$$

La charge axial = 0 N

$$E_q = 550 \text{ N}$$

On choisit le même guidage à bille qui nous avons choisi pour le distributeur de palette et qui est représenté à (Figure II.10)

II.8.2 Choix de la transmission pour le déplacement du segment (1)

Pour transmettre le mouvement du motoréducteur au segment vertical qui déplace linéairement il faut choisir une solution de transmission entre ces propositions :

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

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

II.8.2.1 Dimensionnement de la crémaillère

Le profil de la crémaillère de référence définit les caractéristiques communes à toutes les roues cylindriques développante de cercle. Le module calculé par la formule :

$$m = 2,3 \sqrt{\frac{\|F_t\|}{K \times R p_e}} \quad [12]$$

$\|F_t\|$: Force tangentielle en newtons

K : Coefficient de largeur de denture, valeur choisie entre 6 et 10.

$R p_e$: Résistance pratique à l'extension du matériau de la dent en mégapascals.

Pour déterminer le module de la crémaillère il faut connaître l'effort tangentiel F_t transmis par une dent.

Le calcul de la force tangentielle d'après la Figure II.28

$$F_t = F_{\text{charge}} \times \cos 20$$

$$F_{\text{charge}} = \text{charge} + (\text{charge} \times \text{coefficient de frottement de guidage} \times \text{nombre de guidage})$$

$$F_{\text{charge}} = 2750 + (2750 \times 0,02 \times 4) = 2970 \text{ N}$$

$$F_t = 2970 \times \cos 20 = 2790,88 \text{ N}$$

$$F_t = 2790,88 \text{ N}$$

Le calcul de la résistance pratique

$$Rp_e = \frac{Re}{s}$$

$$Rp_e = \frac{340}{2} = 170 \text{ Mpa}$$

$$m = 2,3 \sqrt{\frac{2790,88}{10 \times 170}}$$

$m = 2,94$ on prend $m = 3$ (module normalise)

II.8.2.2 Dimensionnement de la Pignon

Le diamètre du pignon ne peut avoir moins de 17 dents en raison des interférences de denture. Nous avons proposé d'utiliser un pignon de nombre de dent $Z = 20$

Le diamètre du cercle primitif (ou diamètre primitif) = module \times le nombre de dents

$$D = m \times z = 3 \times 20 = 60 \text{ mm}$$

II.8.3 Choix de motor éducteur pour le déplacement du segment (1)

Le choix de moteur 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 moteur.

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.

Le calcul de puissance et couple nécessaire du moteur

Le calcul de puissance nécessite :

- la proposition de la vitesse V
- le diamètre de pignon d
- la force F_t .

$$V = 30 \text{ m/min} = 0.50 \text{ m/s}$$

$$dp = 60 \text{ mm} \Rightarrow R = 0.03 \text{ m}$$

$$F_t = 2790,88 \text{ N}$$

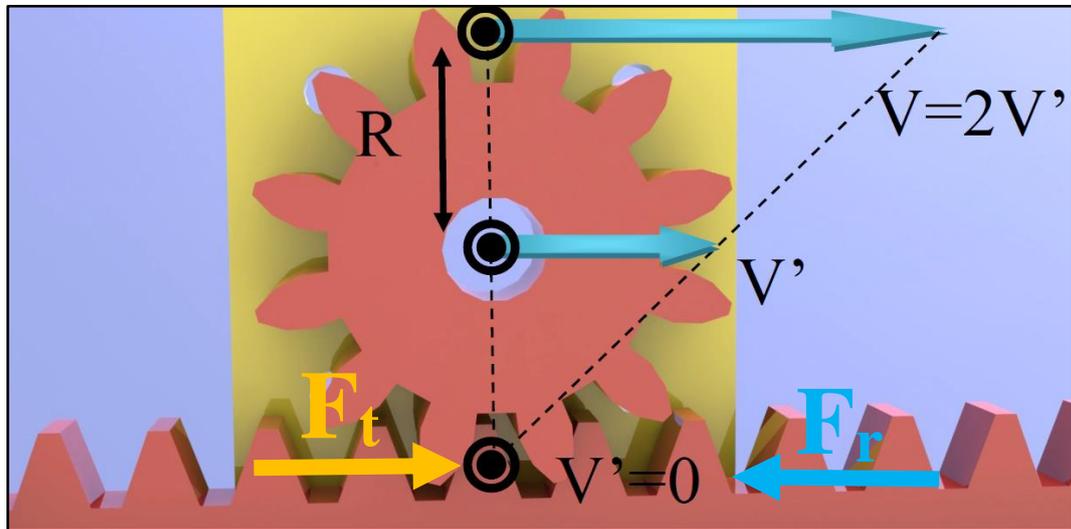


Figure II.28 : Schéma cinématique pignon-crémaillère

D'après la Figure II.28 on observe que la vitesse V qui sera utilisée pour le calcul est égale deux fois la vitesse proposée V'

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

La vitesse angulaire $\omega = V/R$

Avec R : le rayon du pignon

$$\text{Donc } \omega = 1 / 0.03 = 33,33 \text{ (rad/s)}$$

$$n_{\text{sortie accp}} = (\omega \times 30) / \pi$$

$$n_{\text{sortie accp}} = (33,33 \times 30) / \pi = 318,31 \text{ (tr/min)}$$

Le calcul du couple

$$C = F_t \times R$$

$$C = 2790,88 \times 0.03 = 83,72 \text{ Nm}$$

Le calcul de puissance utile

$$P = C \times \omega$$

$$P = 83,72 \times 33,33 = 2790,60 \text{ W} = 2,79 \text{ KW}$$

Après plusieurs recherches dans les catalogues internationaux, on a choisi un moteur réducteur triphasé de la marque **SEW** de référence R47DRE100LC4BE5.

Tableau II.7 : Caractéristiques du moteur réducteur [13]

| Caractéristiques | Valeurs | Unités |
|-----------------------------|---------|--------|
| Vitesse nominale moteur | 1460 | tr/min |
| Vitesse de sortie | 336 | tr/min |
| Rapport de réduction global | 4,34 | |
| Couple de sortie | 85 | Nm |
| Puissance moteur | 3 | kW |
| Tension moteur | 230/400 | V |
| Poids net | 49 | Kg |
| Options moteur | | |
| BE5- Frein à disque SEW | | |

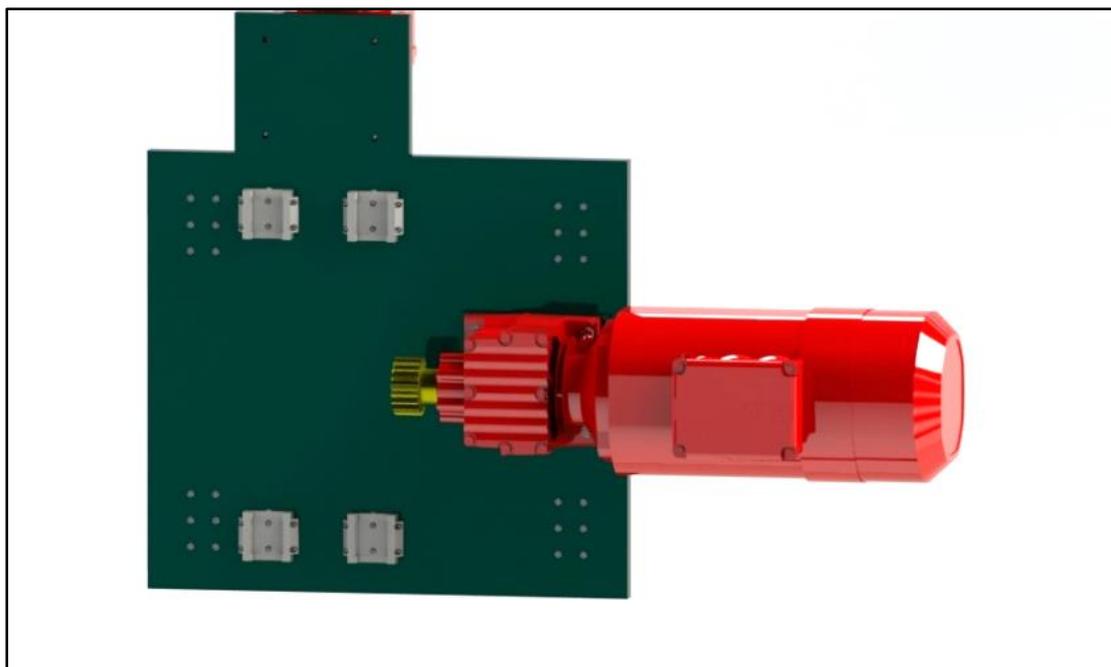


Figure II.29 : Montage du moteur et les guidages à bille, réalisés par Solidworks

II.9 segment (2) du robot cartésien

On utilise le logiciel de Solidworks pour calculer et vérifier les dimensions du segment du robot.

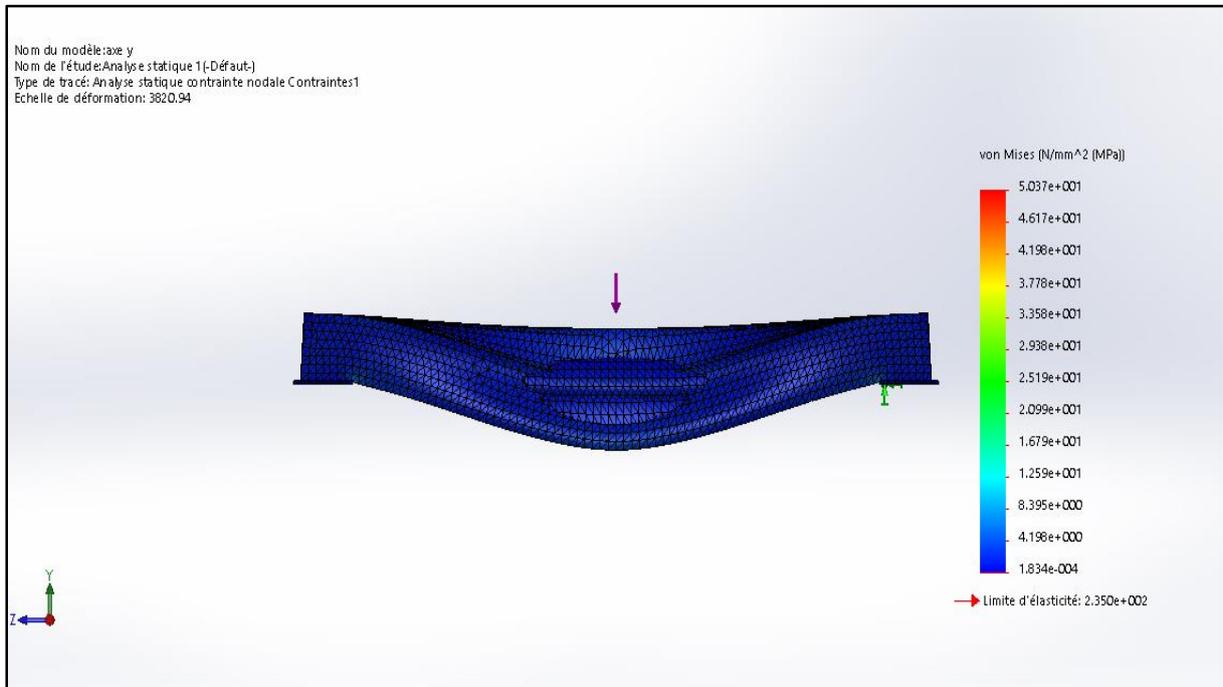


Figure II.30 : Flèche réelle du segment (2) de robot cartésien

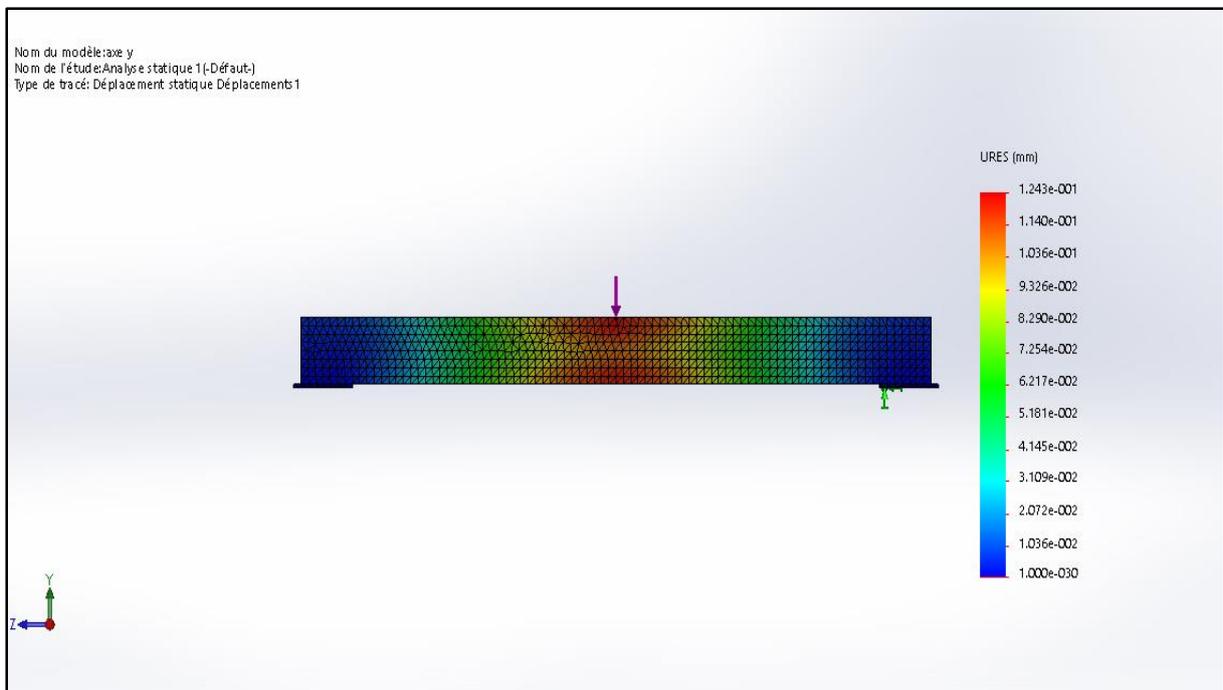


Figure II.31 : Contrainte maximale du segment (1) de robot cartésien

Le profil choisi est compatible pour cette application suivant les caractéristiques données.

II.9.1 Choix du système de guidage

Pour assurer le guidage du porteur à mouvement rectiligne vertical on a choisi le système de guidage linéaire à billes.

On calcule la charge dynamique d'après la (Figure II.31)

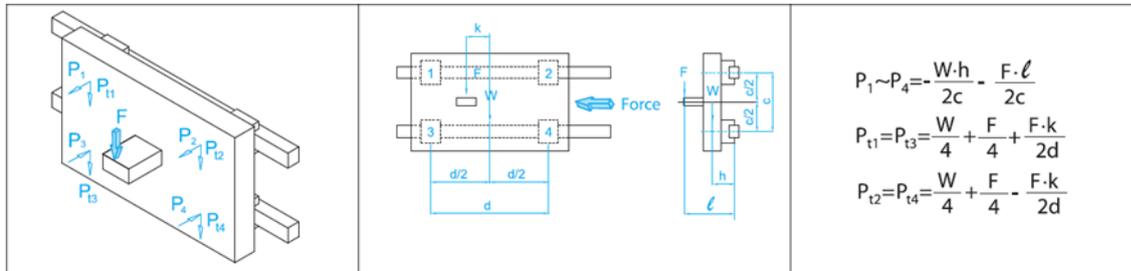


Figure II.32 : Lois de calcul des charges [6]

W = poids de segment (1) + poids de chariot + les deux motor éducteur

$$P = 275 + 55 + 100 = 430 \text{ kg}$$

$$F = 4300 \text{ N}$$

$$W = 550 \text{ N} , h = 22 \text{ mm} , F = 4300 \text{ N} , C = 405 \text{ mm} , l = 150 \text{ mm} , d = 421 \text{ mm}$$

La charge radiale :

$$P = -\frac{W \times h}{2c} - \frac{F \times l}{2c}$$

$$P = -\frac{550 \times 22}{810} - \frac{4300 \times 150}{810} = - 811,23 \text{ N}$$

La charge axiale :

$$P = \frac{W}{4} + \frac{F}{4}$$

$$P = \frac{550}{4} + \frac{4300}{4} = 1212,5 \text{ N}$$

Charge équivalente :

$$F_E = 811,23 + 1212,5 = 2023,73 \text{ N}$$

On opte pour le même guidage à bille que nous avons choisi pour le distributeur de palette et qui est représenté dans la Figure II.10.

II.9.2 Choix de la transmission pour le déplacement du segment (1)

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

II.9.2.1 Dimensionnement de la crémaillère

Le module calculé par la formule :

$$m = 2,3 \sqrt{\frac{\|F_t\|}{K \times Rpe}} \quad [12]$$

Le calcul de la force tangentielle d'après la Figure II.28

$$F = m \times F_f \times \text{nombre de guidage} \times g$$

m : la masse

F_f : la force de frottement

g : la gravité

$$F = 430 \times 0,02 \times 4 \times 10 = 344 \text{ N}$$

$$F_t = F \times \cos 20 = 323,25 \text{ N}$$

Le calcul de la résistance pratique

$$Rpe = \frac{Re}{s}$$

$$Rpe = \frac{340}{2} = 170 \text{ Mpa}$$

$$m = 2,3 \sqrt{\frac{323,25}{10 \times 170}}$$

$m = 1,01$ on prend $m = 1,5$ (module normalise)

II.9.2.2 Dimensionnement du pignon

Le diamètre du pignon ne peut avoir moins de 17 dents en raison des interférences de denture.

Nous avons proposé d'utiliser un pignon de nombre de dent $Z = 20$

Le diamètre du cercle primitif (ou diamètre primitif) = module \times le nombre de dents

$$D = m \times z = 1,5 \times 20 = 30 \text{ mm}$$

II.9.3 Choix du motor éducteur pour le déplacement du segment (1)

On calcul la puissance et le couple nécessaire pour choisir le motor éducteur

Le calcul de puissance nécessite :

- la proposition de la vitesse V
- le diamètre de pignon d
- la force F_t .

$$V = 30 \text{ m/min} = 0.50 \text{ m/s}$$

$$d_p = 30 \text{ mm} \Rightarrow R = 0.015 \text{ m}$$

$$F_t = 344 \text{ N}$$

D'après la Figure II.28, on relève que la vitesse V qui sera utilisé pour le calcul est égal deux fois la vitesse proposé V'

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

La vitesse angulaire $\omega = V/R$

Avec R : le rayon du pignon

$$\text{Donc } \omega = 1 / 0.015 = 66,66 \text{ (rad/s)}$$

$$n_{\text{sortie accp}} = (\omega \times 30) / \pi$$

$$n_{\text{sortie accp}} = (66,66 \times 30) / \pi = 636,62 \text{ (tr/min)}$$

Le calcul du couple

$$C = F_t \times R$$

$$C = 323,25 \times 0.015 = 4,85 \text{ Nm}$$

Le calcul de la puissance utile

$$P = C \times \omega$$

$$P = 4,85 \times 66,66 = 323,30 \text{ W}$$

Après plusieurs recherches dans les catalogues internationaux on a choisi un motor éducteur triphasé de la marque **SEW** de référence **RX67DRS71S4BE05** qui respect notre besoin.

Tableau II.8 : Caractéristiques de moteur réducteur [13]

| Caractéristiques | Valeurs | Unités |
|-----------------------------|---------|--------|
| Vitesse nominale moteur | 1380 | tr/min |
| Vitesse de sortie | 675 | tr/min |
| Rapport de réduction global | 2,04 | |
| Couple de sortie | 5,2 | Nm |
| Puissance moteur | 0,37 | kW |
| Tension moteur | 230/400 | V |
| Poids net | 21,4 | Kg |
| Options moteur | | |
| BE5 - Frein à disque SEW | | |

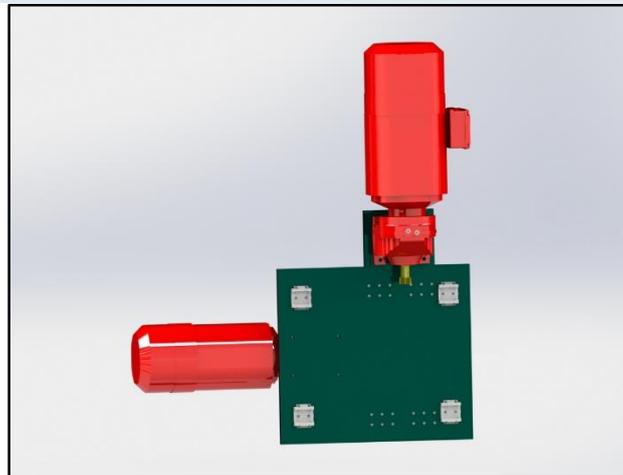


Figure II.33 : Montage de moteur et guidage à bille, réalisé par Solidworks

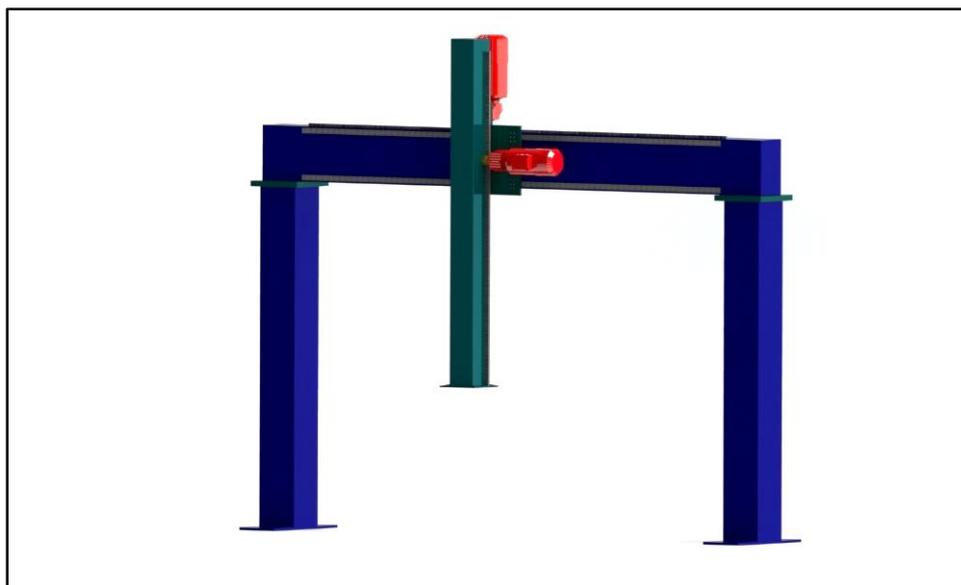


Figure II.34 : Assemblage du robot réalisé par Solidworks

II.10 Convoyeur à rouleaux

Pour relier le distributeur de palette avec le robot cartésien, il existe plusieurs technologies différentes, citons les convoyeur à rouleaux, à chaînes, modulaire, horizontal

Le constructeur **ALVEY** propose beaucoup de modèles différents, à prix modéré. Après la lecture de leur catalogue, nous nous sommes arrêté sur le convoyeur à rouleaux, approprié à notre cahier de charge.

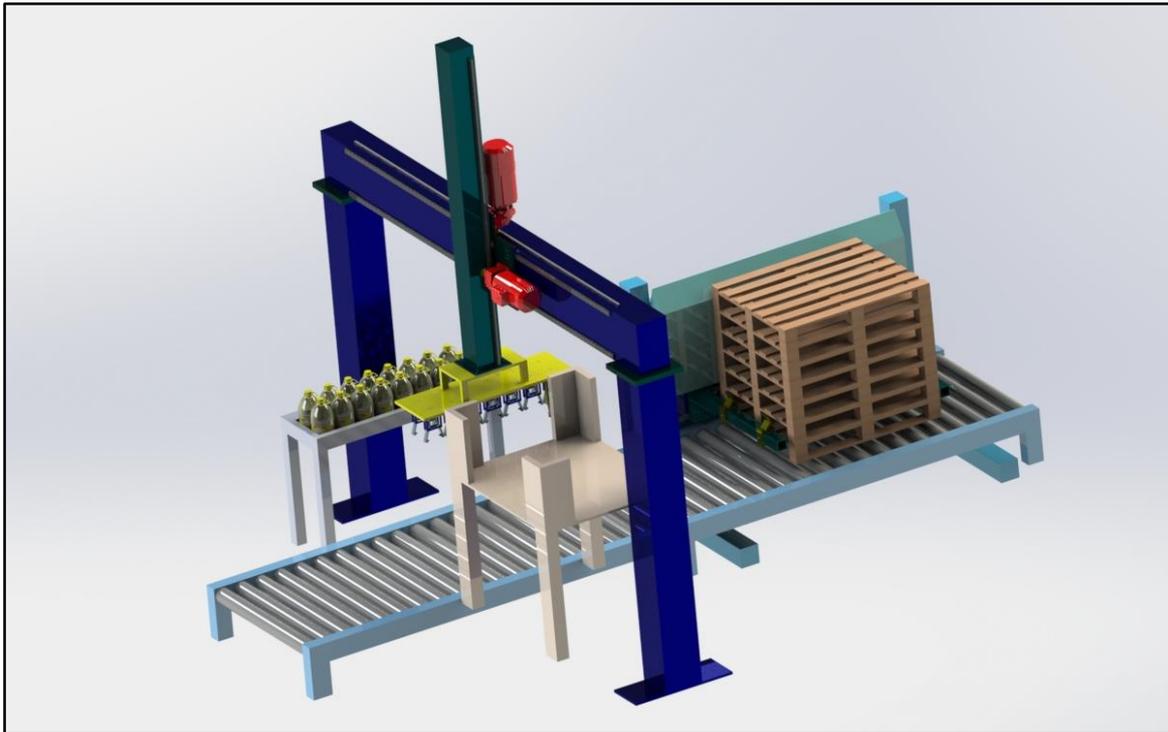


Figure II.35 : L'assemblage de système de palettisation

II.11 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons fait la conception du système de palettisation selon le cahier de charge, le choix a été fixé sur les éléments : les matériaux, les actionneurs, les modèles de transmissions

La conception du système de palettisation doit être commandée par un automate, ce qui sera présenté dans le chapitre suivant.

III. AUTOMATISATION ET INSTRUMENTATION

III.1 Introduction

L'automatisation est définie comme étant l'ensemble des procédés qui rendent l'exécution d'une tâche, auparavant manuelle, automatique, sans intervention de l'homme. Dans cette partie, nous présentons pour la commande du système de palettisation définie dans le chapitre précédent, l'instrumentation nécessaire ainsi que le programme régissant toutes les opérations correspondantes aux différentes tâches de palettisation.

III.2.Généralités sur les capteurs

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.

III.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.2.2.Constitution d'un capteur

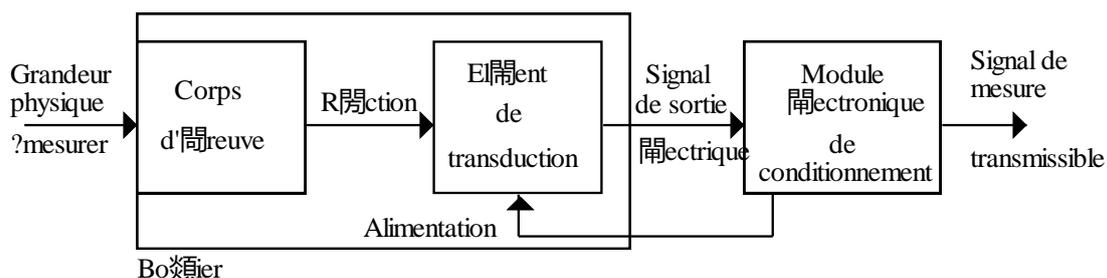


Figure III.1 Constitution d'un capteur

- **Corps d'épreuve** : élément mécanique qui réagit sélectivement à la grandeur à mesurer (appelé aussi mesurande).

But : transformer la grandeur à mesurer en une autre grandeur physique dite mesurable.

- **Elément 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.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'adaptent essentiellement aux capteurs à sortie analogique. Le mode de fonctionnement des capteurs à sortie numérique et logique sont des cas particuliers.

III.2.4. Classification suivant type de sortie

III.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.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.2.4.3. Capteurs logiques

Ou capteurs TOR (Tout ou rien) 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/0v
- DEL allumée/éteinte
- Signal pneumatique (pression normale/forte pression)
- ...etc.

III.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.3.1. Critères de choix des capteurs

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, ou encore 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.

III.3.2. Démarche de choix d'un détecteur

Le choix proposé se déroule en deux temps.

Le logigramme ci-dessous illustre cette démarche qui conduit à sélectionner une famille de détecteurs sur la base de critères simples.

Phase n°1 : elle consiste à déterminer la famille de détecteurs la mieux adaptée à l'application en répondant aux questions suivantes :

- Nature de l'objet à détecter : solide, liquide, gazeux, métallique ou non.
- Contact possible avec l'objet.
- Distance objet/détecteur, masse de l'objet.
- Vitesse de défilement.
- Cadences de manœuvres.
- Espace d'intégration du détecteur dans la machine.

Phase n°2 : elle vise à déterminer le type et la référence du détecteur recherché

Cette deuxième phase tient compte :

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

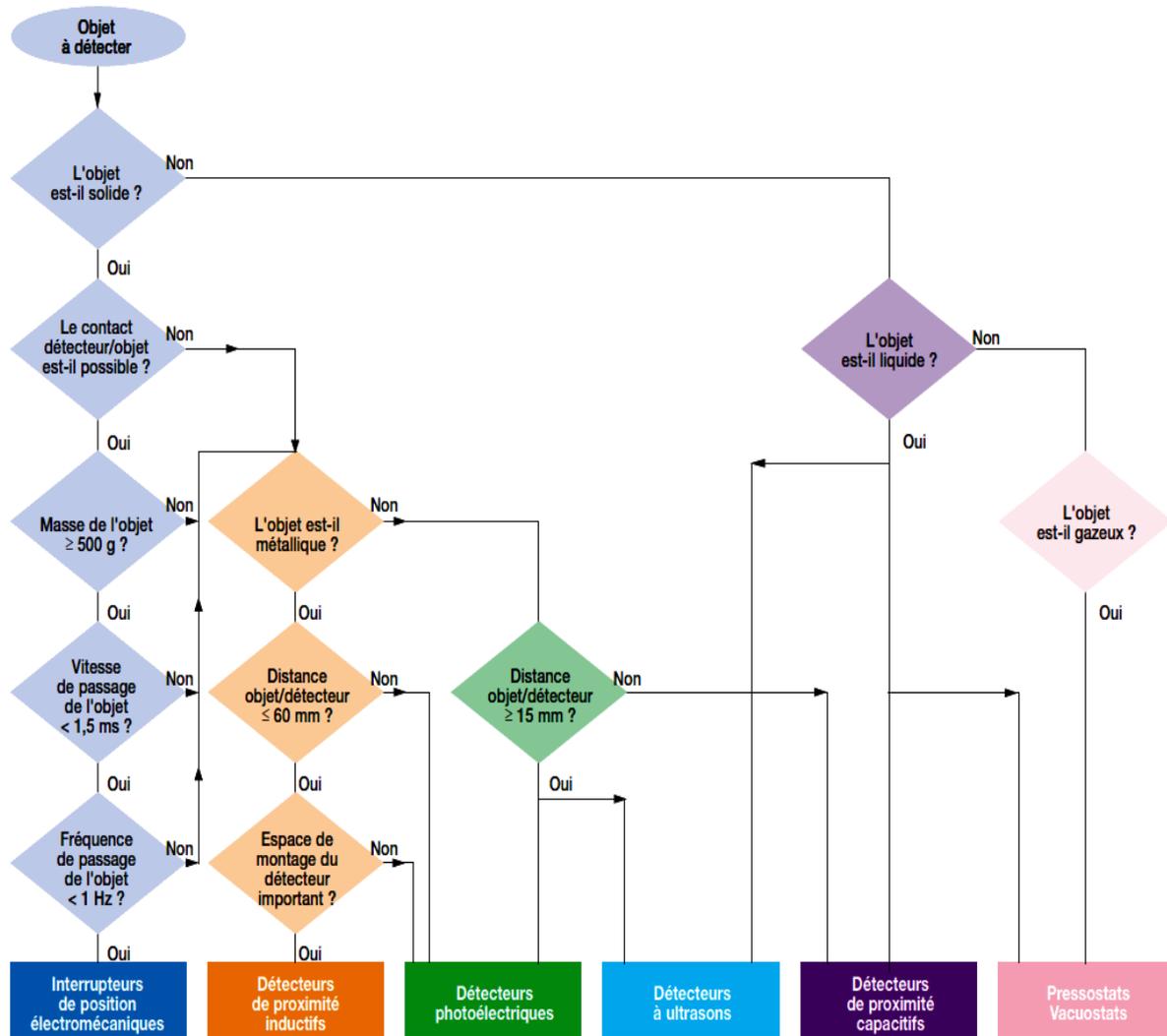


Figure III.2 Critères de choix d'un capteur

III.3.3 Choix des capteurs de système

À partir de la méthode de choix des capteurs présentés dans (Figure III.2) nous avons choisi les capteurs de système comme suit :

Capteur de proximité ILS FESTO :

Son rôle est de détecter la position du vérin.

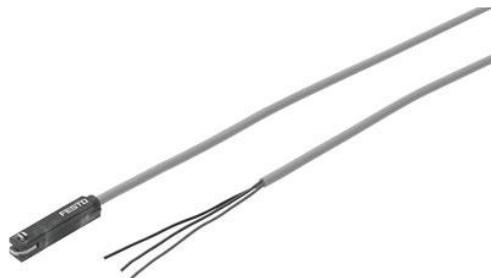


Figure III.3 : Capteur de proximité ILS FESTO [7]

Capteur photo électrique W12-3 SICK laser :

On installe :

- Un capteur sur le distributeur de palette pour détecter la présence de la palette.
- Deux capteurs sur le convoyeur à rouleaux pour détecter la position de la palette.



Figure III.4 : Capteur photo électrique W12-3 SICK [13]

Capteur mécaniques de position XCKJ10541H29 TELEMECANIQUE :

On l'installe pour de détecter la position du robot sur les axes horizontal et vertical.



Figure III.5 : Capteur mécaniques de position XCKJ10541H29 TELEMECANIQUE [14]

Capteur mécaniques de position XCKD2106P16 TELEMECANIQUE :

Son rôle est de détecter la présence du contreplaqué



Figure III.6 : Capteur mécaniques de position XCKD2106P16 TELEMECANIQUE [14]

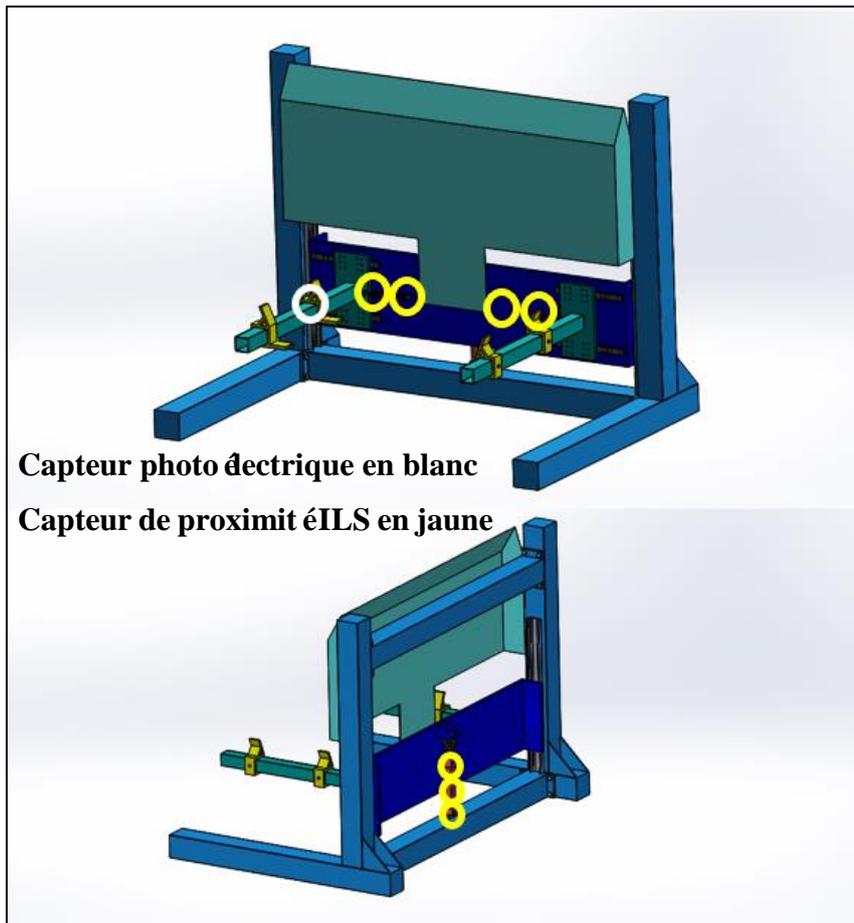


Figure III.7 : La zone d'installation des capteurs sur le distributeur de palette

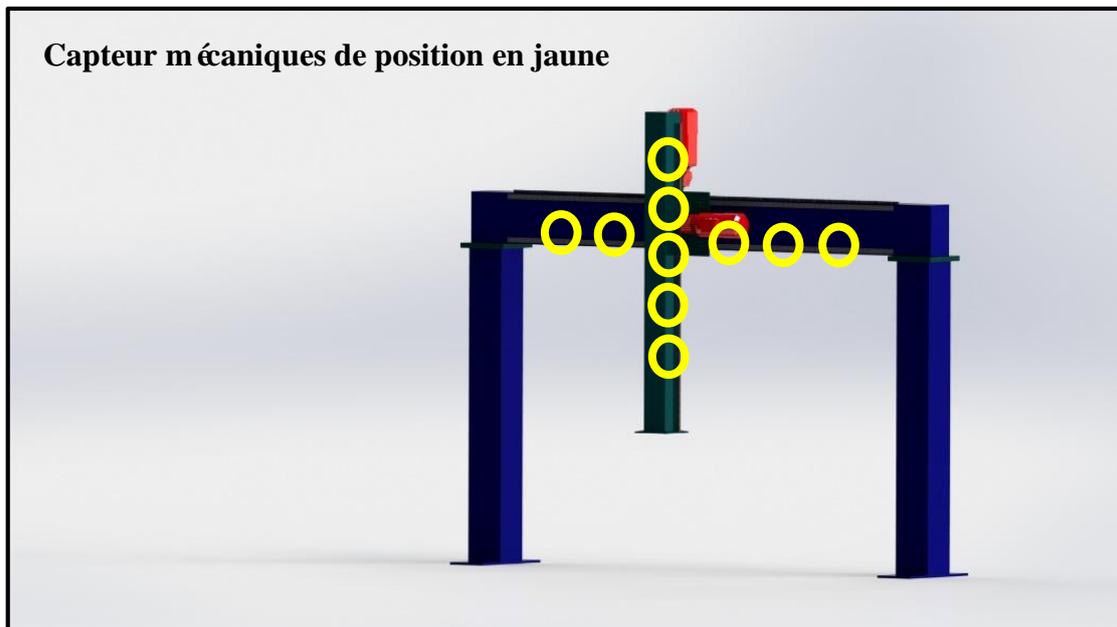


Figure III.9 : La zone d'installation des capteurs sur le robot cart é sien

III.4 L'automatisation de système

L'automatisation des systèmes industriels n'est aujourd'hui pas seulement très répandue dans le domaine industriel, mais aussi indispensable à l'industrie, vu la complexité des systèmes de production de cette dernière, et les contraintes économiques dans un environnement très concurrentiel.

L'outil d'automatisation par excellence est l'automate programmable industriel appelé le plus souvent API ou PLC (Programmable Logic controller), qui offre des solutions simples à mettre en œuvre une souplesse d'adaptation à l'évolution des processus de production et une grande flexibilité.

III.4.1 But de l'automatisation

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

- L'accroissement de la productivité du système c'est à dire l'augmentation de la quantité de produits.
- L'amélioration de la flexibilité de production.
- L'amélioration de la qualité du produit grâce à une meilleure respectabilité de la valeur ajoutée.
- L'adaptation à des contextes particuliers :
 - Adaptation à des environnements hostiles pour l'homme (milieu salin, spatial, nucléaire...),
 - Adaptation à des tâches physiques ou intellectuelles pénibles pour l'homme (manipulation de lourdes charges, tâches répétitives parallèles...),
 - Augmentation de la sécurité etc.

III.2.2 Structure d'un système automatisé

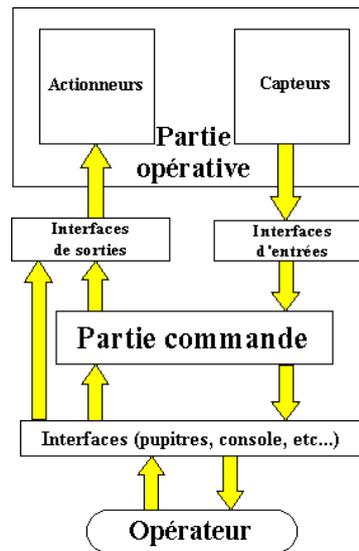


Figure III.10 : Structure d'un système automatisé

Un automatisme peut être représenté suivant le schéma ci-dessus (Figure III.10). Sur ce schéma on a représentées les liaisons qui existent entre les différents éléments du système automatisé. Ces différentes liaisons sont :

- L'opérateur dialogue avec la partie commande (PC) du système à l'aide de boutons, poussoirs, du pupitre ou d'un terminal de programmation. La partie commande peut dialoguer avec l'opérateur à l'aide de voyants, de compteurs, d'afficheurs du pupitre, etc...
- le pupitre communique avec la partie commande soit à l'aide de signaux de différentes natures (électriques, pneumatiques ou autres) soit directement avec les interfaces de sortie pour les commandes d'arrêt d'urgence par exemple, en cas de dysfonctionnement de la partie commande. En retour la partie commande enverra des signaux vers le pupitre qui permettront à l'opérateur de suivre le fonctionnement du système automatisé
- la partie commande dialogue avec la partie opérative (PO) au travers d'interfaces d'entrées et de sorties. Si la partie commande est un automate, ce qui est souvent le cas dans notre étude, il est nécessaire de changer la nature du signal ou de l'énergie de sortie et inversement pour l'entrée. On utilise alors des interfaces qui peuvent être soit des interfaces d'entrées de l'automate, soit des interfaces de sorties de l'automate qui vont avoir pour but de changer la nature du signal ou de l'énergie pour la rendre active sur la partie opérative ou compréhensible par la partie commande.
- les interfaces vont permettre l'établissement d'une communication entre la partie commande et la partie opérative.

III.5 Automatisation par un API et choix de L'automate

III.5.1 Automate programmable industriel

Un API est un dispositif électronique programmable destiné à la commande de processus industriels par un traitement séquentiel. Il envoie des ordres vers les préactionneurs, de la partie opérative, à partir de données d'entrée, de consignes (en provenance des capteurs) et d'un programme informatique. [15]

Dans un système automatisé l'automate programmable constitue le système de traitement des données, c'est le cerveau de l'installation (la partie commande). C'est lui qui va décider et effectuer les actions à entreprendre en fonction des informations qui lui sont fournies.

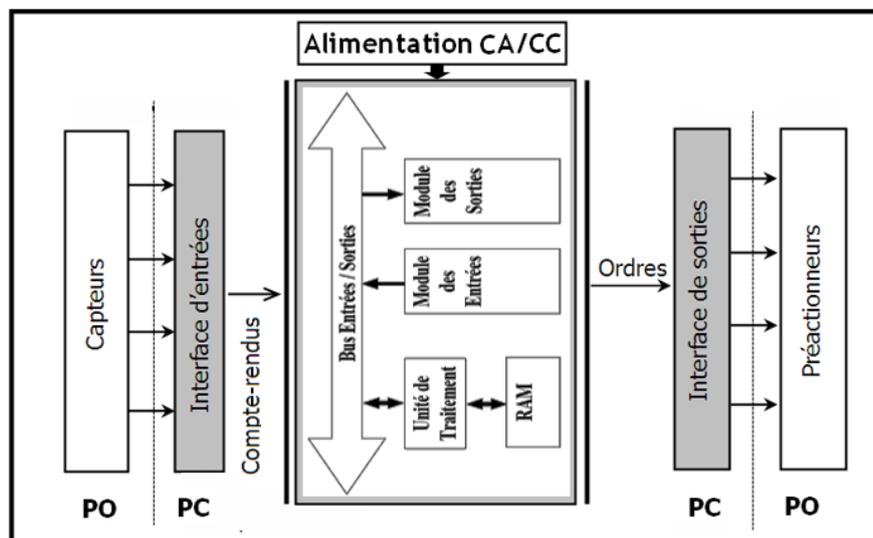


Figure III.11 : Liaison de la partie opérative avec la partie commande

L'automate programmable reçoit les informations relatives à l'état du système et puis commande les préactionneurs suivant le programme inscrit dans sa mémoire.

Un API se compose donc de trois grandes parties principales :

- Le microprocesseur : Le microprocesseur réalise toutes les fonctions logiques (OU, ET...), les fonctions de temporisation, de comptage, de calcul à partir d'un programme contenu dans sa mémoire.

Il est connecté aux autres éléments (mémoire et interface E/S) par des liaisons parallèles appelées BUS qui véhiculent des informations sous forme binaire.

- La mémoire : La mémoire va permettre :
 - De recevoir les informations issues des capteurs d'entrées.
 - De recevoir les informations générées par le processeur et destinées à la commande des sorties (valeur des compteurs, temporisations...).
 - De recevoir et conserver le programme de processus.
- Les interfaces d'entrées/sorties : Les entrées reçoivent des informations en provenance des éléments de détection (capteurs) et du pupitre opérateur (BP).
Les sorties transmettent des informations aux pré-actionneurs (relais, électrovannes...) et aux éléments de signalisation (voyants) du pupitre.

III.5.2 Choix de l'automate

Le choix d'un automate programmable est en premier lieu le choix d'une société. Les grandes sociétés privilégieront deux fabricants pour faire jouer la concurrence et pouvoir se « retourner » en cas de « perte de vitesse » de l'une d'entre elles.

Le personnel de maintenance doit toutefois être formé sur ces matériels. Les critères de choix d'un automate sont assez nombreux, nous citons :

- Nombre d'entrées / sorties : le nombre de cartes peut avoir une incidence sur le nombre de racks dès que le nombre d'entrées / sorties nécessaires devient élevé ;
- La capacité Kilo Octets, de la mémoire qui stockera les différents programmes ;
- Les différentes technologies qui existent dans le marché ;
- Le coût, y compris celui des adaptations nécessaires ;
- Les performances du logiciel système du point de vue rapidité et sécurité ;
- Les outils d'aides à la maintenance ;
- La possibilité de fonctionner en réseau ;
- La disponibilité

En pratique, le choix de l'API peut être fait en s'appuyant uniquement sur les quatre premiers critères. En effet, les autres critères sont remplis par tous les constructeurs d'une façon automatique.

Notre choix s'est porté sur l'automate programmable SIEMENS, qui est un des automates les plus installés à travers le monde pour les raisons suivantes :

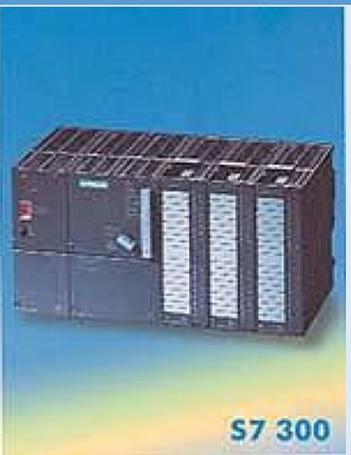
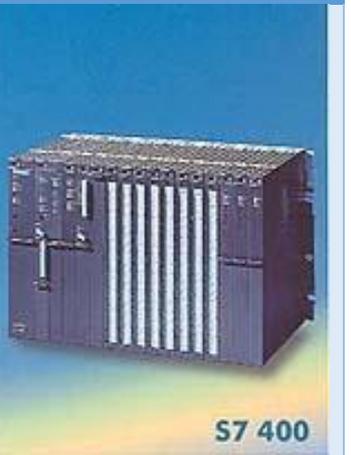
- L'API SIEMENS est un automate utilisant des langages de programmations de type LADDEER : les mises au point et les dépannages peuvent être assurés dans les meilleurs

conditions puisque tout le personnel de la coopérative est très bien familiarisé avec la technologie à relais ;

- Coût moins élevé ;
- Un jeu d'instruction puissant ;
- Il est installé dans tous les plus grands pays industrialisés ;
- Possibilité de contrôler jusqu'à 4096 points d'entrées et sorties ;
- Choix de multiples processeurs, réseaux et taille mémoire.

III.5.2.1 Etude des trois gammes

Tableau III.1 : comparatif des caractéristiques du micro-automate présenté par siemens S7

| S7-200 | S7-300 | S7-400 |
|--|--|--|
|  |  |  |
| Micro automate modulaire pour les applications d'entrées de gamme | Automate modulaire pour les applications d'entrée et de milieu de gamme | Automate haute performance pour les applications de milieu et haut de gamme |
| Vaste gamme de modules | Gamme complète de modules | Gamme complète de modules |
| Plage de performances échelonné des unités centrales (CPU) | Gamme diversifiée de CPU | Gamme diversifiée de la CPU |
| Possibilité d'extension jusqu'à 7 modules | possibilité d'extension jusqu'à 32 modules | Possibilité d'extension à plus de 300 modules |
| Bus de fond de panier intégré au module | Bus de fond de panier intégré aux modules | Bus de fond de panier intégré au rack |

Certes le micro automate S7-200 permet d'avoir une automatisation maximale à moindre frais, mais cet automate ne peut prendre en charge toutes les entrées/sorties de notre étude, de ce fait nous ne pouvons choisir cet automate, notre choix du matériel se restreint alors aux micros automates S7300 et S7-400.

Le S7-400 est le plus puissant des automates de la gamme proposées par siemens S7, la possibilité d'extension de plus de 300 modules qu'il nous propose il convient aux systèmes complexes dans les industries manufacturières, le S7-300 moins performant que le S7-400 mais tout aussi efficace. La possibilité d'extension de plus de 32 modules qu'il nous propose il prend en charge l'ensemble des entrées/sorties de notre projet en nous offrant une marge de sécurité importante prévoyant ainsi la possibilité d'ajouts futurs d'autres extensions. Ainsi notre choix se porte sur le micro automate S7-300.

III.5.2.2 Automate Siemens Simatic S7300

Le SIMATIC S7300 est l'automate le plus vendu au monde dans le contexte Totally Integrated Automation et peut faire une multitude de référence dans les secteurs industriels les plus variés fabrication manufacturière, industrie automobile, construction mécanique générale,... L'automate S7300 supporte de multiples tâches technologiques et offre de vastes possibilités de communication. Le Simatic S7300 conçu pour des solutions dédiées au système manufacturier et constitue à ce titre une plateforme d'automatisation universelle pour des applications avec des architectures centralisées et décentralisées.

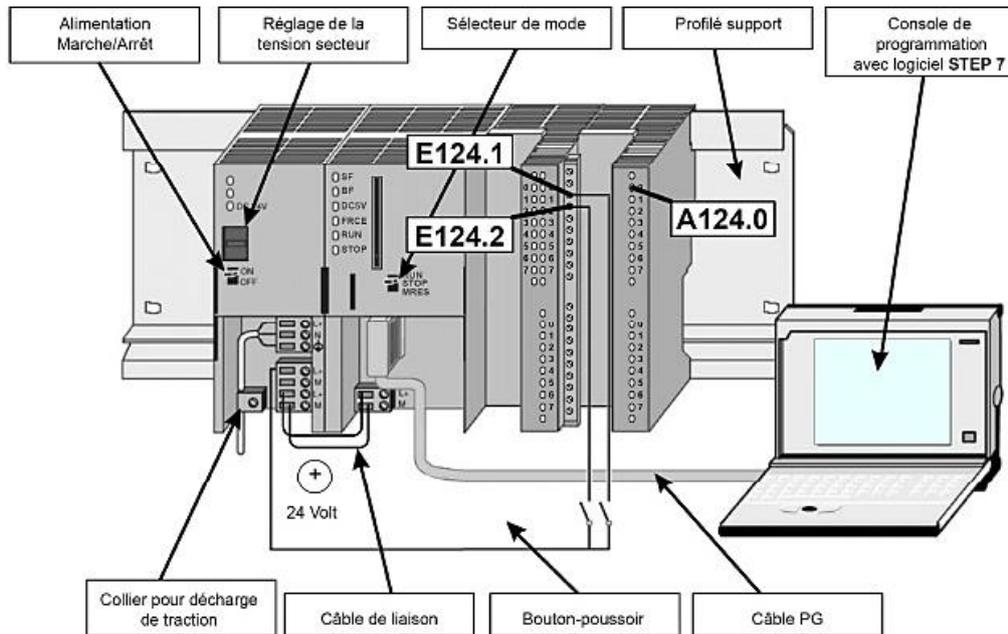
a) Avantages S7300

Le S7300 offre des nombreux avantages :

- Une construction compacte et modulaire, libre de contraintes de configuration.
- Une riche gamme des modules adaptés à tous les besoins du marché est utilisable en architecture centralisée ou décentralisée,
- Une large gamme de CPU adaptée à toutes les demandes de performances pouvant obtenir des temps de cycle machine courts.
- Une économie d'ingénierie en utilisant les outils orientés application et normalisés IEC1131-3 (normes décrivent les fonctions standard qui peuvent être utilisés dans le programme API) tels que les langages SCL ou des logiciels exécutifs orientés technologie pour le contrôle des mouvements.

b) Présentation de l'automate SIEMENS 314C-2DP

Le processeur (CPU) 314C-2DP dispose de 24 entrées et 16 sorties tout ou rien (TOR), 5 entrées analogiques et 2 sorties analogiques. De plus, certaines entrées et sorties TOR permettent des fonctions technologiques (comptage, mesure, etc.). Toutes ces entrées/sorties sont lues ou écrites dans le programme par leurs adresses. Cette CPU est un automate de milieu de gamme Siemens.



| Entrée/sorties | Adresses par défaut | Remarques |
|--------------------------------|---|---|
| 24 entrées TOR | TOR 124.0 à 126.7 dont 16 entrées pour les fonctions technologiques : 124.0 à 125.7 | Toutes les entrées TOR peuvent être paramétrées comme entrées d'alarmes |
| 16 sorties TOR | 124.0 à 125.7 dont 4 sorties pour les fonctions technologiques : 124.0 à 124.3 | Fonctions technologiques : - Comptage - Mesure de fréquence - Positionnement - Régulation |
| 4+1 entrées analogiques | 752 à 761 | |
| 2 sorties analogiques | 752 à 755 | |

Figure III.12 : Les Entrées et les sorties disponibles sur la CPU 314C-2DP

c) Programmation de l'automate S7300

Dans tout automate programmable, deux programmes s'exécutent :

- Le programme relatif au système d'exploitation de l'automate.
- Le programme utilisateur développé sur STEP7 puis chargé dans la CPU de l'automate.

Le système d'exploitation de l'automate organise toutes les fonctions qui assurent le bon fonctionnement de l'API. Il permet :

- Le démarrage de la CPU.
- L'actualisation de la mémoire image des entrées et l'émission de la mémoire image des sorties.
- L'appel du programme utilisateur.
- L'enregistrement des alarmes et l'appel des OB d'alarmes.
- La détection et le traitement d'erreurs.
- La gestion des zones de mémoires.
- La communication avec les autres partenaires.

Le programme utilisateur assure quant à lui les fonctions nécessaires au traitement des tâches d'automatisation du processus. Il permet de :

- Traiter les données du processus (opérations booléennes sur des données binaires, lire et exploiter des valeurs analogiques, définir des signaux binaires pour les sorties, écrire des valeurs analogiques).

La programmation de l'automate S7300 se fait à l'aide du logiciel STEP 7 d'après le grafset fonctionnel.

III.6 Le GRAFCET

III.6.1.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.[16]

III.6.2. 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 consignés.

III.6.3 Les concepts de base d'un GRAFCET

Le GRAFCET se compose d'un ensemble :

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

III.6.3.1 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 énumériquement (Figure III.13). 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.

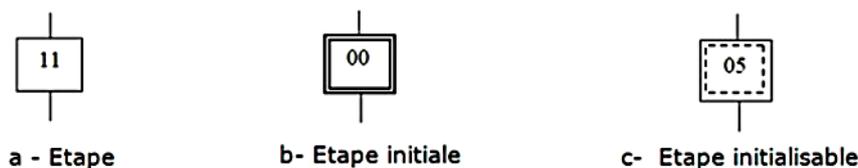


Figure III.13 : Représentation d'une étape de grafcet

III.6.3.2 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.

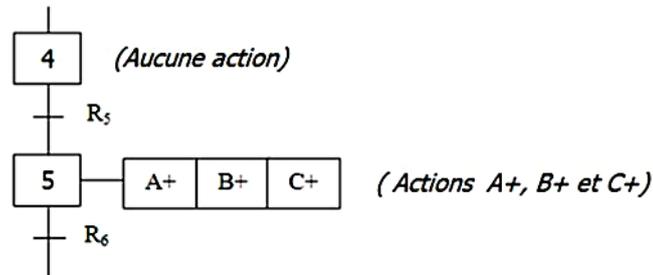


Figure III.14 : Représentation normalisée des actions de grafcet

III.6.3.3 Transition

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

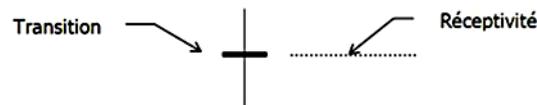


Figure III.12 Transition de grafcet

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.

III.6.3.4 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.

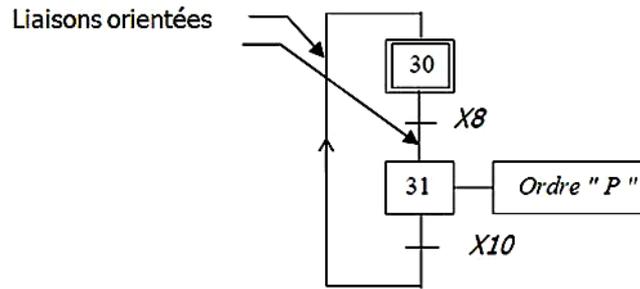


Figure III.15 : Liaisons orientées de grafcet

III.6.4 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.

III.6.4.1 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.

III.6.4.2 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.

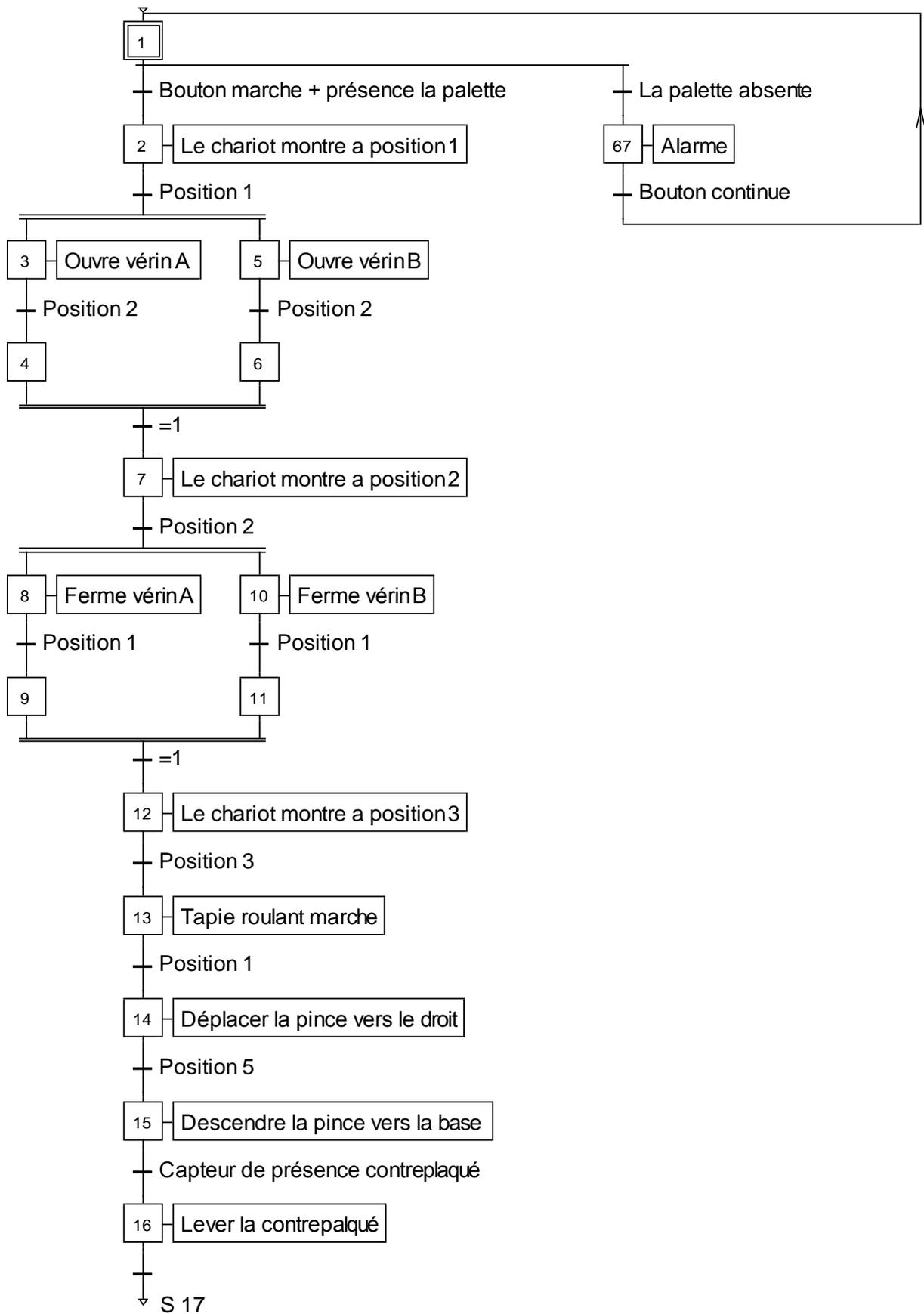
III.6.4.3 GRAFCET du point de vue partie commande :

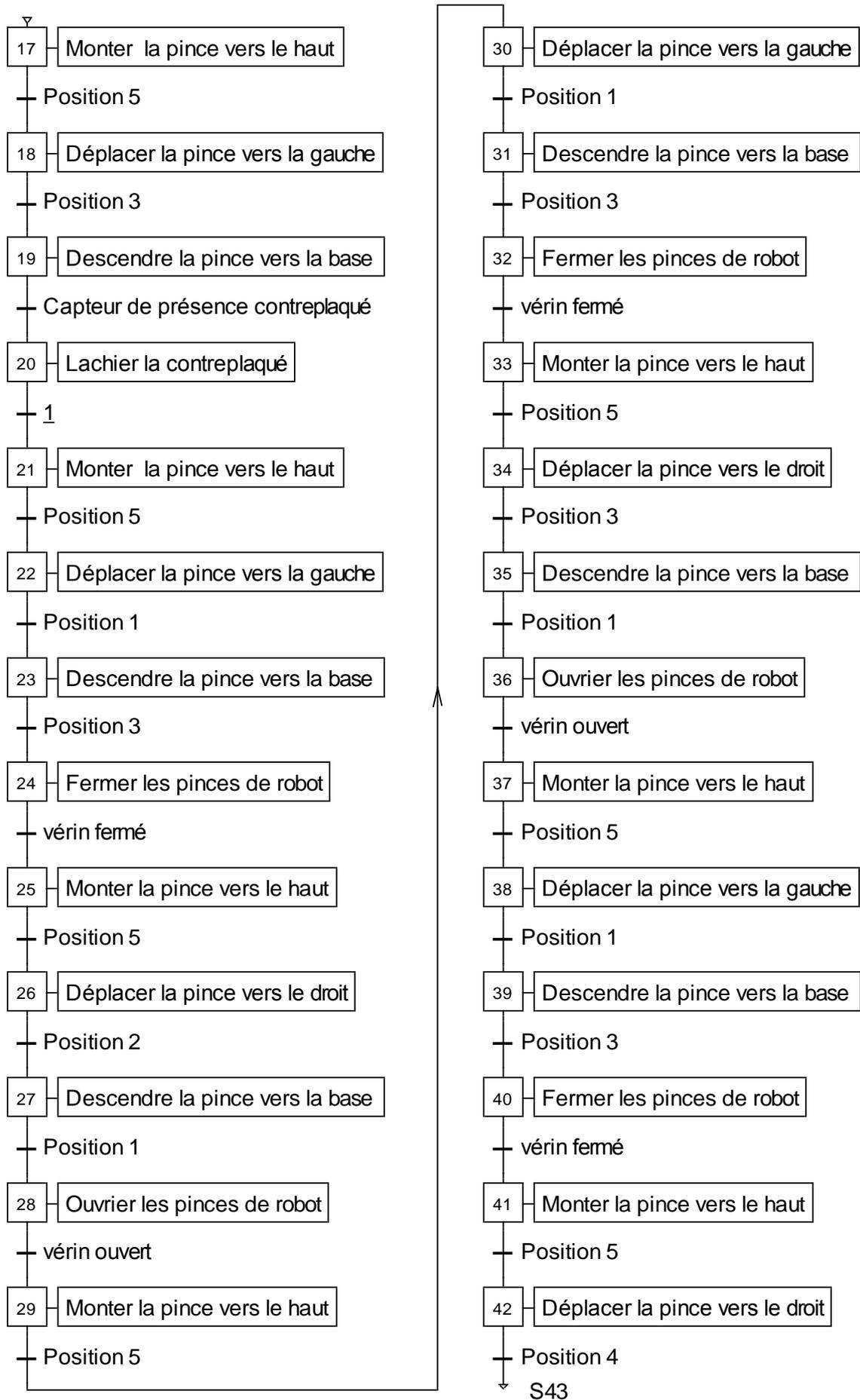
Ce grafcet est établi en spécifiant la technologie des éléments de dialogue :

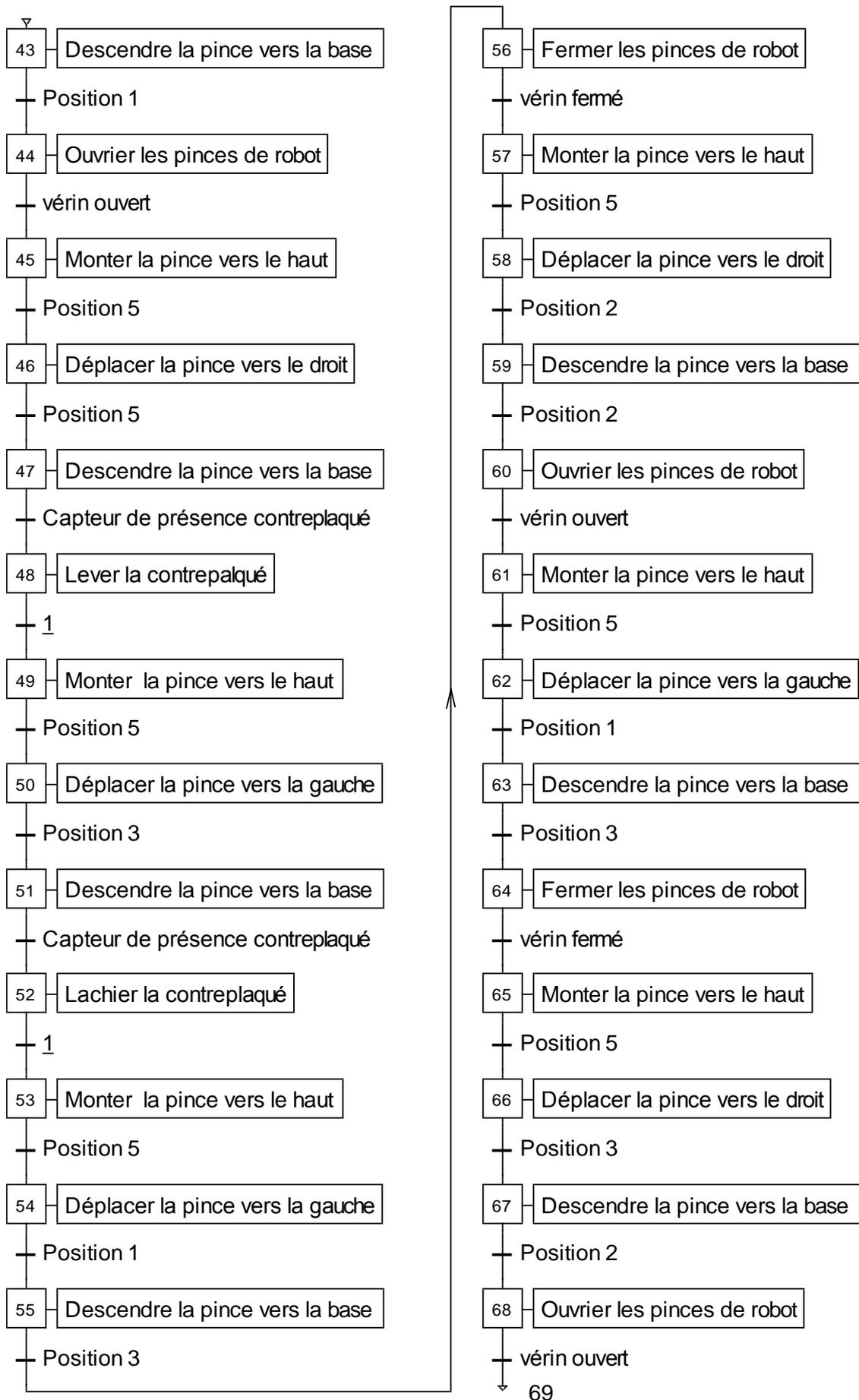
- entre PC et PO.
- entre PC et opérateur.
- entre PC et autre système.

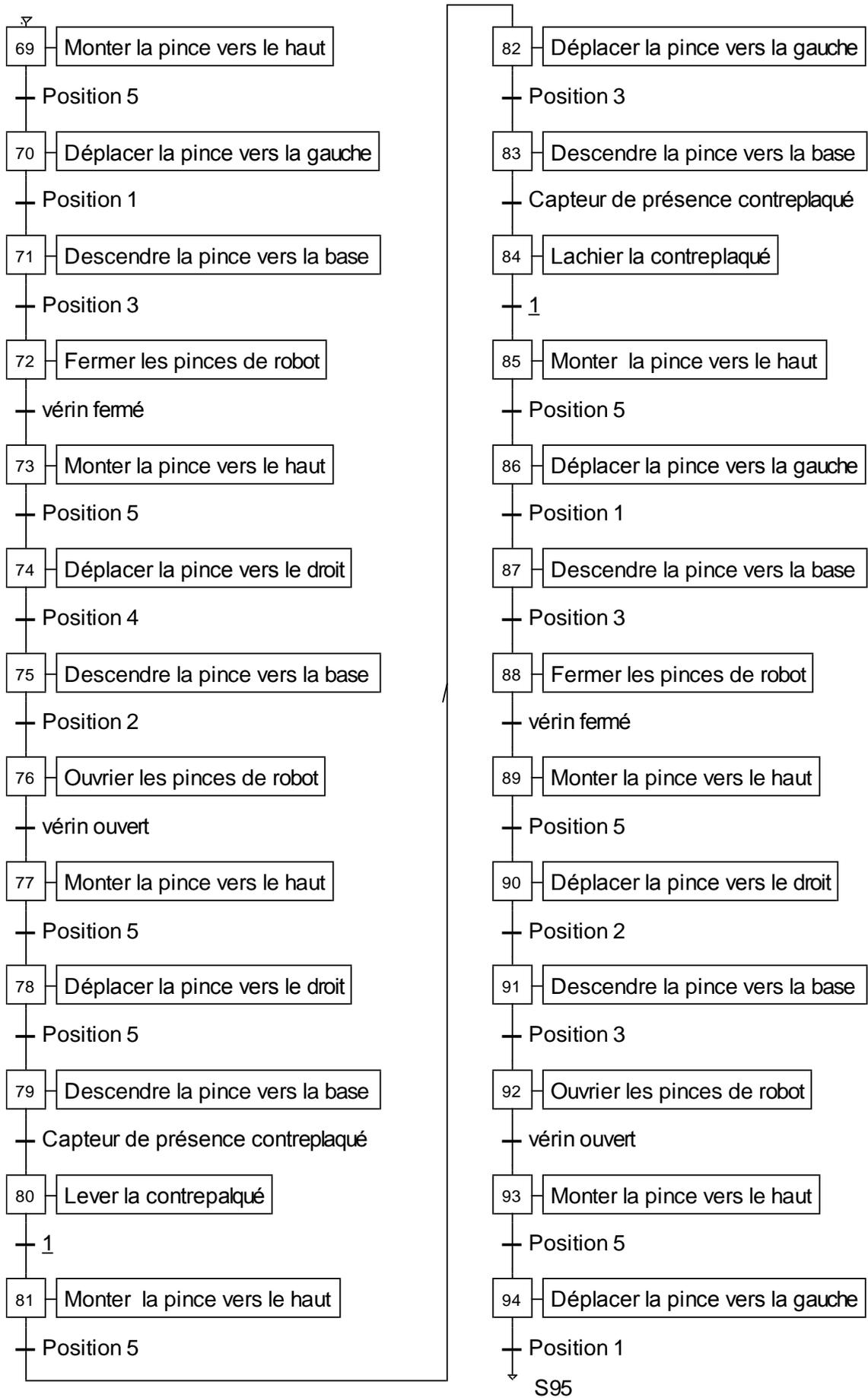
C'est un grafcet établi par un spécialiste, c'est la version qui lui permet d'établir les équations et éventuellement les schémas de réalisation (électrique, pneumatique...)

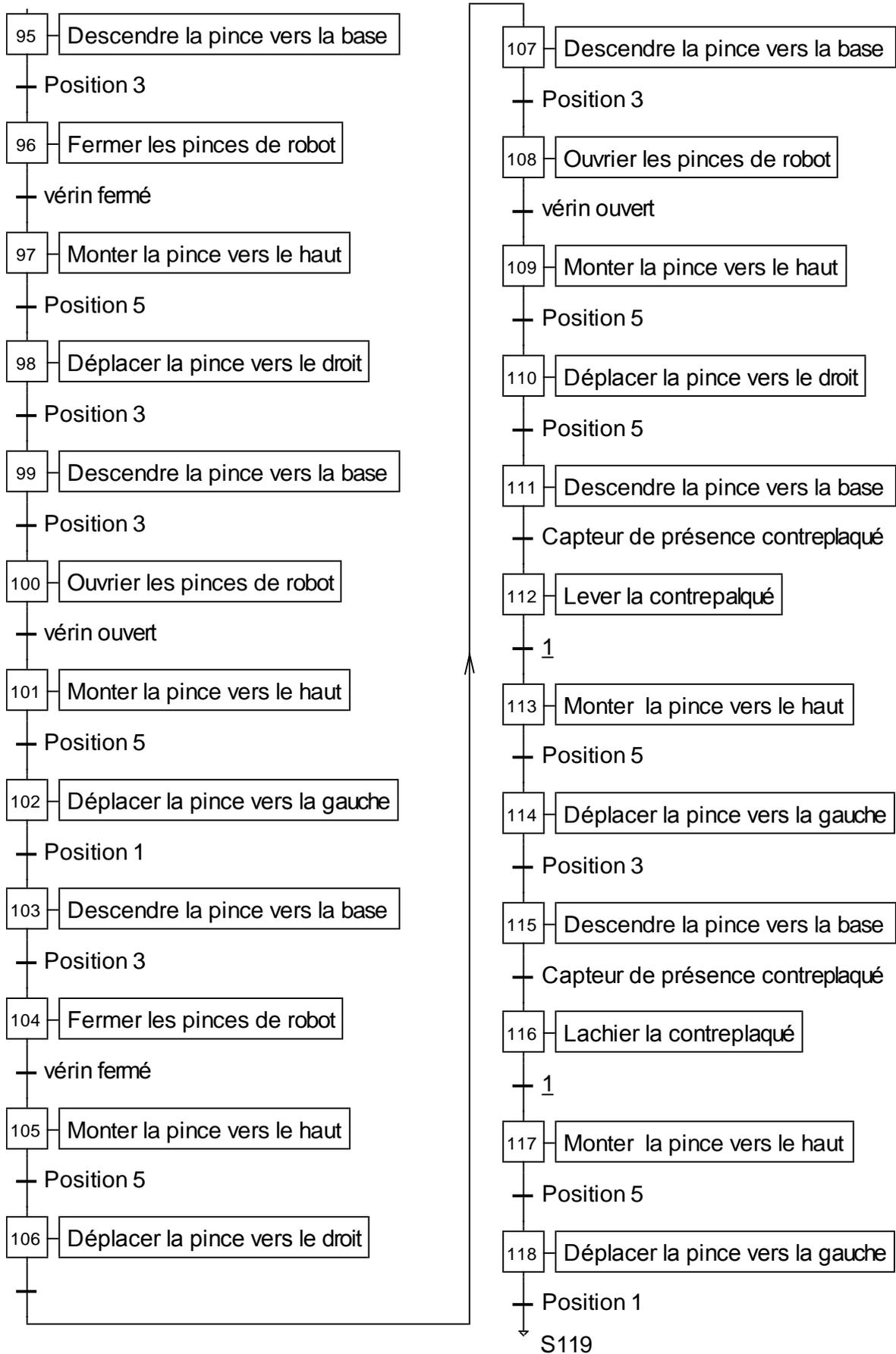
III.6.5 GRAFCET de syst ème de palettisation du point de vue partie op érative :

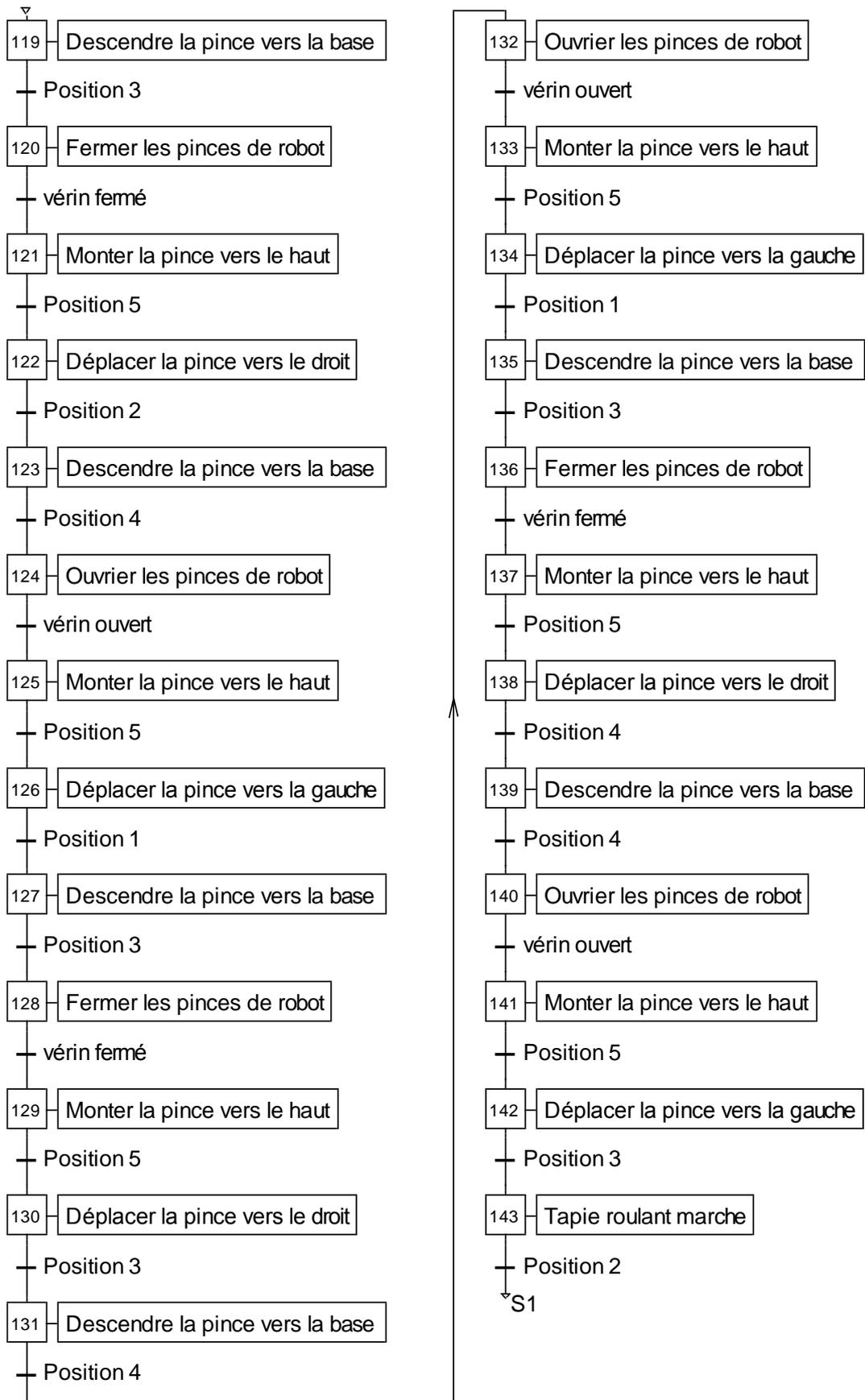












III.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons choisi l'instrumentation et l'automate nécessaire pour automatiser le système, cet automate nécessite une programmation avec logiciel STEP7 selon le graphique de fonctionnement du système de palettisation ce que nous aborderons dans le chapitre suivant.

IV. PROGRAMMATION DU SYSTEME DE PALETTISATION

IV.1 Introduction

Dans ce chapitre, on va présenter la démarche adoptée pour programmer dans l'environnement SIMATIC step7, d'abord nous présentons Logiciel de programmation STEP7 et les différentes phases de création d'un projet, ensuite on va élaborer la configuration matérielle de la station SIMATIC, et à la fin de cette partie on va présenter les différents programmes qui représentent la solution technique qu'on a proposé.

IV.2 Logiciel de programmation STEP7

Le logiciel STEP 7 est l'outil standard de programmation des automates programmables S7300. Basé sur la norme CEI 1131, STEP 7 répond à la norme européenne et allemande DIN EN 6.1131-3. Il offre toutes les fonctionnalités nécessaires configurer, paramétrer et programmer les automates S7-300 ou S7-400.



Figure IV.1 : Logo de logiciel STEP 7

La conception de l'interface utilisateur du logiciel STEP 7 étant simple, ça nous permet une assistance durant toutes les phases du processus de création de notre solution automatisée à savoir :

- La création et la gestion de projets.
- La configuration et le paramétrage du matériel et de la communication.
- La gestion des mnémoniques.
- La création de programmes.
- Le chargement de programmes.
- Le test de l'installation d'automatisation.

IV.3 Applications du logiciel de base STEP 7

Le logiciel Step7 met à disposition les applications suivantes :

- Le gestionnaire de projet La configuration du matériel.
- L'éditeur de mnémoniques.
- L'éditeur de programmes CONT, LOG, LIST et GRAPH.
- La configuration de la communication NETPRO.
- Le diagnostic du matériel.

Ces différentes applications sont démarrées automatiquement lors de la création d'un nouveau projet sous STEP 7.

IV.3.1 Le gestionnaire de projets

Le gestionnaire de projets SIMATIC gère toutes les données relatives à un projet d'automatisation. Il démarre automatiquement les applications requises pour le traitement des données.

IV.3.2 Editeur de mnémoniques :

L'éditeur de mnémoniques vous permet de gérer toutes les variables globales du système à automatiser en définissant les désignations symboliques et les commentaires. La table des mnémoniques qui en résulte est mise à disposition de toutes les applications.

La modification de l'un des paramètres d'une mnémonique est de ce fait reconnue automatiquement par toutes les applications.

IV.3.3 Langage de programmation

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

Liste d'instructions (IL : Instruction list) : Langage textuel de même nature que l'assembleur (programmation des microcontrôleurs). Très peu utilisé par les automaticiens.

Langage littéral structuré (ST : Structured Text) : Langage informatique de même nature que le Pascal, il utilise les fonctions comme if ... then ...else ... (si ... alors ... sinon ...) Peu utilisé par les automaticiens.

Langage à contacts (LD : Ladder diagram) : Langage graphique développé pour les électriciens. Il utilise les symboles tels que : contacts, relais et blocs fonctionnels et s'organise en réseaux (labels). C'est le plus utilisé

Blocs Fonctionnels (FBD : Function Block Diagram) : Langage graphique où des fonctions sont représentées par des rectangles avec les entrées à gauche et les sorties à droites. Les blocs sont programmés (bibliothèque) ou programmables. Utilisé par les automaticiens.

GRAFCET (SFC : Sequential Function Chart) : Le GRAFCET, langage de spécification, est utilisé par certains constructeurs d'automate (Schneider, Siemens) pour la programmation. Parfois associé à un langage de programmation, il permet une programmation aisée des systèmes séquentiels tout en facilitant la mise au point des programmes ainsi que le débogage

des systèmes. On peut également traduire un Grafcet en langage en contacts et l'implanter sur tout type d'automate.

IV.3.4 Configuration du matériel

Cette application est utilisée pour configurer et paramétrer le matériel d'un projet d'automatisation. On dispose des fonctions suivantes :

- On sélectionne des châssis (Racks) dans un catalogue électronique et on affecte les modules sélectionnés aux emplacements souhaités dans les racks. La configuration de la périphérie décentralisée est identique à celle de la périphérie centralisée.
- le paramétrage de la CPU, des menus nous permettent de définir des caractéristiques telles que le comportement à la mise en route et la surveillance du temps de cycle. Pour le paramétrage des modules, des boîtes de dialogue nous permettent de définir tous les paramètres modifiables, le paramétrage des modules est réalisé automatiquement au démarrage de la CPU.
- L'avantage découlant de ce paramétrage c'est que le remplacement d'un module est possible sans nouveau paramétrage.

Ce programme peut constituer plusieurs types de blocs :

- Les blocs d'organisation (OB)
- Les blocs fonctionnels (FB)
- Les fonctions (FC)

Les blocs d'organisations : les blocs d'organisation (OB) constituent l'interface entre le système d'exploitation et le programme utilisateur. Ils sont appelés par le système d'exploitation et gèrent le traitement de programme cyclique, ainsi que le comportement à la mise en route de l'automate programmable et le traitement des erreurs. On peut programmer les blocs d'organisation et déterminer ainsi le comportement de la CPU.

Les blocs fonctionnels : les blocs fonctionnels font partie des blocs qu'on programme nous-mêmes. Un bloc fonctionnel est un bloc avec rémanence, c'est-à-dire qu'un bloc de données d'instance lui est associé qui en constitue la mémoire. Les paramètres transmis au FB ainsi que les variables statiques sont sauvegardés dans le bloc de données d'instance. (DB).

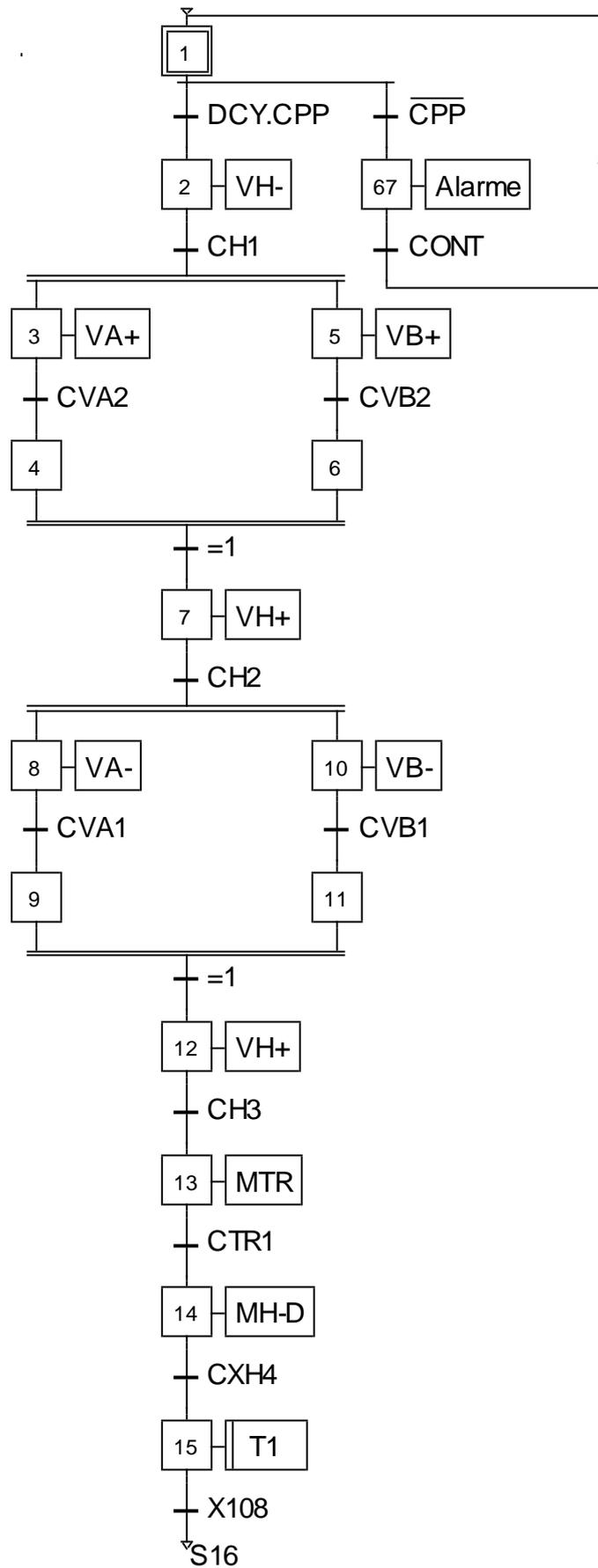
Les fonctions : les fonctions font partie des blocs qu'on programme nous-mêmes. Une fonction est un bloc de code sans mémoire. Les variables temporaires d'une fonction sont sauvegardées dans la pile des données locales, et ces données sont perdues à l'achèvement de la fonction.

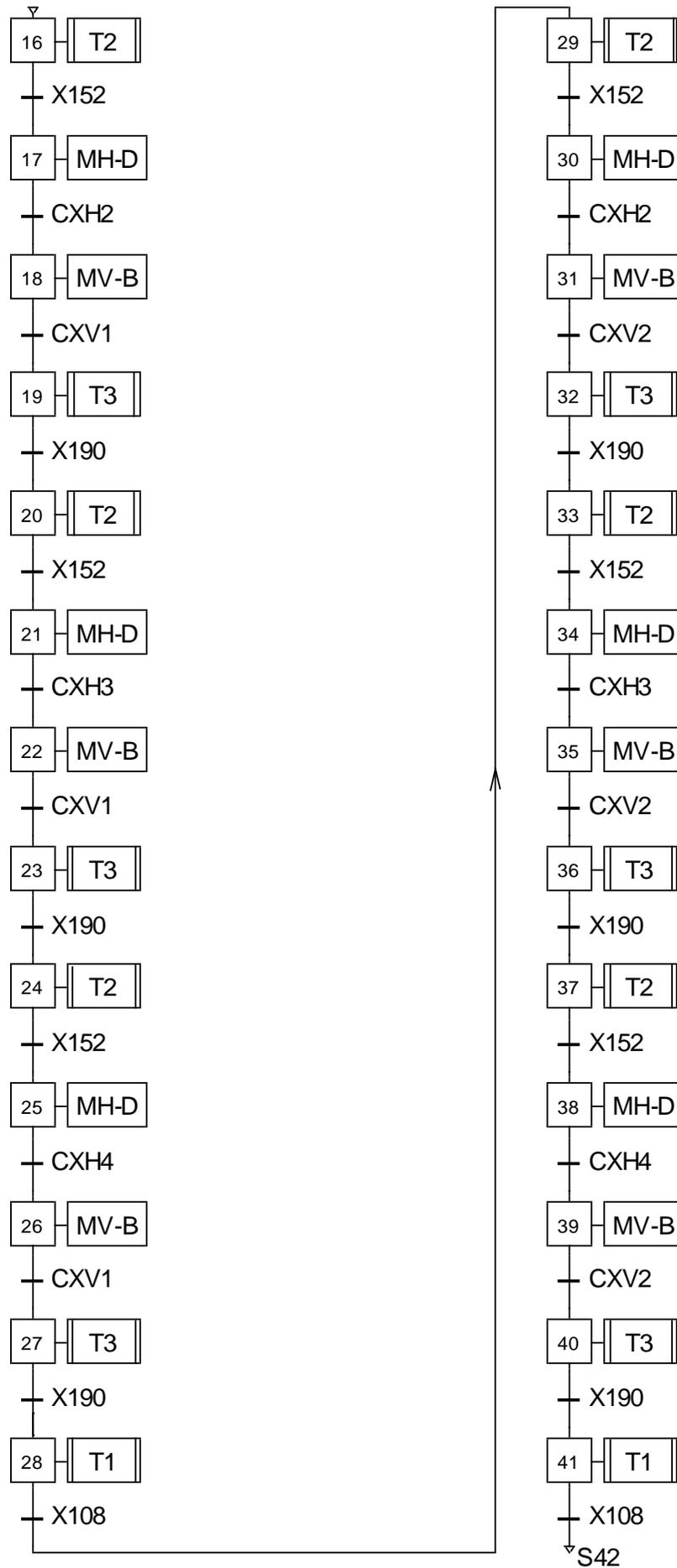
IV.4 Tableau Mnémonique

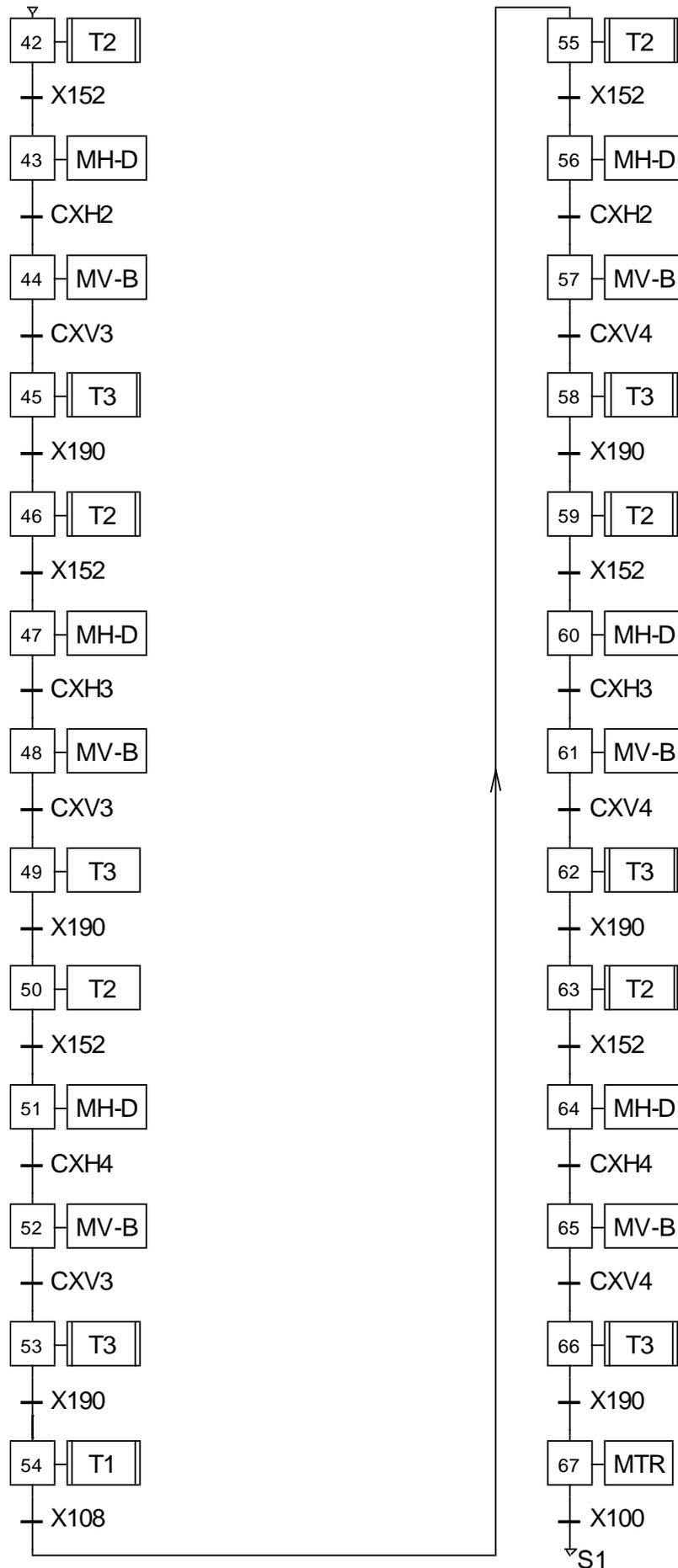
| Mnémonique | Opérande | Type de données | Commentaire |
|------------|----------|-----------------|--|
| VH+ | A 124.0 | BOOL | Electrovanne v érin hydraulique+ |
| VH- | A 124.1 | BOOL | Electrovanne v érin hydraulique- |
| VA+ | A 124.2 | BOOL | Electrovanne v érin A+ |
| VA- | A 124.3 | BOOL | Electrovanne v érin A- |
| VB+ | A 124.4 | BOOL | Electrovanne v érin B+ |
| VB- | A 124.5 | BOOL | Electrovanne v érin B- |
| MTR | A 124.6 | BOOL | Moteur de tapie roulant |
| MH-D | A 124.7 | BOOL | Moteur H de robot (tourne- à droite) |
| MH-G | A 125.0 | BOOL | Moteur H de robot (tourne- à gauche) |
| MV-H | A 125.1 | BOOL | Moteur V de robot (haut) |
| MV-B | A 125.2 | BOOL | Moteur V de robot (bas) |
| VP1+ | A 125.3 | BOOL | Electrovanne v érin 1+ |
| VP1- | A 125.4 | BOOL | Electrovanne v érin 1- |
| VP2+ | A 125.5 | BOOL | Electrovanne v érin 2+ |
| VP2- | A 125.6 | BOOL | Electrovanne v érin 2- |
| VP3+ | A 125.7 | BOOL | Electrovanne v érin 3+ |
| VP3- | A 126.0 | BOOL | Electrovanne v érin 3- |
| VP4+ | A 126.1 | BOOL | Electrovanne v érin 4+ |
| VP4- | A 126.2 | BOOL | Electrovanne v érin 4- |
| VP5+ | A 126.3 | BOOL | Electrovanne v érin 5+ |
| VP5- | A 126.4 | BOOL | Electrovanne v érin 5- |
| VP6+ | A 126.5 | BOOL | Electrovanne v érin 6+ |
| VP6- | A 126.6 | BOOL | Electrovanne v érin 6- |
| VP7+ | A 126.7 | BOOL | Electrovanne v érin 7+ |
| VP7- | A 127.0 | BOOL | Electrovanne v érin 7- |
| VP8+ | A 127.1 | BOOL | Electrovanne v érin 8+ |
| VP8- | A 127.2 | BOOL | Electrovanne v érin 8- |
| VP9+ | A 127.3 | BOOL | Electrovanne v érin 9+ |
| VP9- | A 127.4 | BOOL | Electrovanne v érin 9- |
| VP10+ | A 127.5 | BOOL | Electrovanne v érin 10+ |
| VP10- | A 127.6 | BOOL | Electrovanne v érin 10- |
| VP11+ | A 127.7 | BOOL | Electrovanne v érin 11+ |
| VP11- | A 128.0 | BOOL | Electrovanne v érin 11- |
| VP12+ | A 128.1 | BOOL | Electrovanne v érin 12+ |
| VP12- | A 128.2 | BOOL | Electrovanne v érin 12- |
| VP13+ | A 128.3 | BOOL | Electrovanne v érin 13+ |
| VP13- | A 128.4 | BOOL | Electrovanne v érin 13- |
| VP14+ | A 128.5 | BOOL | Electrovanne v érin 14+ |
| VP14- | A 128.6 | BOOL | Electrovanne v érin 14- |
| Alarme | A 128.7 | BOOL | Alarme |
| vanM | A 129.0 | BOOL | Electrovanne ventouse marche |
| DCY | E 124.0 | BOOL | Bouton marche (d épart de cycle) |
| CPP | E 124.1 | BOOL | Capteur de pr ésence de palette |
| CH1 | E 124.2 | BOOL | Capteur de position 1 v érin hydraulique |
| CH2 | E 124.3 | BOOL | Capteur de position 2 v érin hydraulique |
| CH3 | E 124.4 | BOOL | Capteur de position 3 v érin hydraulique |
| CVA1 | E 124.5 | BOOL | Capteur de v érin A (Ferm é) |
| CVA2 | E 124.6 | BOOL | Capteur de v érin A (Ouvert) |
| CVB1 | E 124.7 | BOOL | Capteur de v érin B (Ferm é) |

| | | | |
|-----------------|---------|------|---|
| CVB2 | E 125.0 | BOOL | Capteur de vérin B (Ouvert) |
| CTR1 | E 125.1 | BOOL | Capteur de position 1 de palette |
| CTR2 | E 125.2 | BOOL | Capteur de position 2 de palette |
| CXH1 | E 125.3 | BOOL | Capteur de position 1 de robot axe horizontal |
| CXH2 | E 125.4 | BOOL | Capteur de position 2 de robot axe horizontal |
| CXH3 | E 125.5 | BOOL | Capteur de position 3 de robot axe horizontal |
| CXH4 | E 125.6 | BOOL | Capteur de position 4 de robot axe horizontal |
| CXH5 | E 125.7 | BOOL | Capteur de position 5 de robot axe horizontal |
| CXV1 | E 126.0 | BOOL | Capteur de position 1 de robot axe vertical |
| CXV2 | E 126.1 | BOOL | Capteur de position 2 de robot axe vertical |
| CXV3 | E 126.2 | BOOL | Capteur de position 3 de robot axe vertical |
| CXV4 | E 126.3 | BOOL | Capteur de position 4 de robot axe vertical |
| CXV5 | E 126.4 | BOOL | Capteur de position 5 de robot axe vertical |
| CPCP | E 126.5 | BOOL | Capteur de présence de contreplaqué |
| CPB | E 126.6 | BOOL | Capteur de présence de bouteille |
| CVP1-1 | E 126.7 | BOOL | Capteur de pince 1 (Ouvert) |
| CVP1-2 | E 128.0 | BOOL | Capteur de pince 1 (Fermé) |
| CVP2-1 | E 128.1 | BOOL | Capteur de pince 2 (Ouvert) |
| CVP2-2 | E 128.2 | BOOL | Capteur de pince 2 (Fermé) |
| CVP3-1 | E 128.3 | BOOL | Capteur de pince 3 (Ouvert) |
| CVP3-2 | E 128.4 | BOOL | Capteur de pince 3 (Fermé) |
| CVP4-1 | E 128.5 | BOOL | Capteur de pince 4 (Ouvert) |
| CVP4-2 | E 128.6 | BOOL | Capteur de pince 4 (Fermé) |
| CVP5-1 | E 128.7 | BOOL | Capteur de pince 5 (Ouvert) |
| CVP5-2 | E 129.0 | BOOL | Capteur de pince 5 (Fermé) |
| CVP6-1 | E 129.1 | BOOL | Capteur de pince 6 (Ouvert) |
| CVP6-2 | E 129.2 | BOOL | Capteur de pince 6 (Fermé) |
| CVP7-1 | E 129.3 | BOOL | Capteur de pince 7 (Ouvert) |
| CVP7-2 | E 129.4 | BOOL | Capteur de pince 7 (Fermé) |
| CVP8-1 | E 129.5 | BOOL | Capteur de pince 8 (Ouvert) |
| CVP8-2 | E 129.6 | BOOL | Capteur de pince 8 (Fermé) |
| CVP9-1 | E 129.7 | BOOL | Capteur de pince 9 (Ouvert) |
| CVP9-2 | E 130.0 | BOOL | Capteur de pince 9 (Fermé) |
| CVP10-1 | E 130.1 | BOOL | Capteur de pince 10 (Ouvert) |
| CVP10-2 | E 130.2 | BOOL | Capteur de pince 10 (Fermé) |
| CVP11-1 | E 130.3 | BOOL | Capteur de pince 11 (Ouvert) |
| CVP11-2 | E 130.4 | BOOL | Capteur de pince 11 (Fermé) |
| CVP12-1 | E 130.5 | BOOL | Capteur de pince 12 (Ouvert) |
| CVP12-2 | E 130.6 | BOOL | Capteur de pince 12 (Fermé) |
| CVP13-1 | E 130.7 | BOOL | Capteur de pince 13 (Ouvert) |
| CVP13-2 | E 131.0 | BOOL | Capteur de pince 13 (Fermé) |
| CVP14-1 | E 131.1 | BOOL | Capteur de pince 14 (Ouvert) |
| CVP14-2 | E 131.2 | BOOL | Capteur de pince 14 (Fermé) |
| CCP | E 131.3 | BOOL | Capteur de contreplaqué |
| AUR | E 131.4 | BOOL | Bouton d'arrêt d'urgence |
| CONT | E 131.5 | BOOL | Bouton de continue |
| Cycle Exécution | OB 1 | OB 1 | |

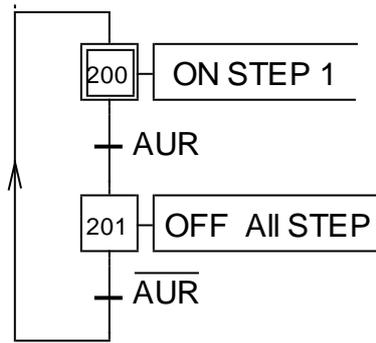
IV.5 GRAFCET du point de vue partie commande



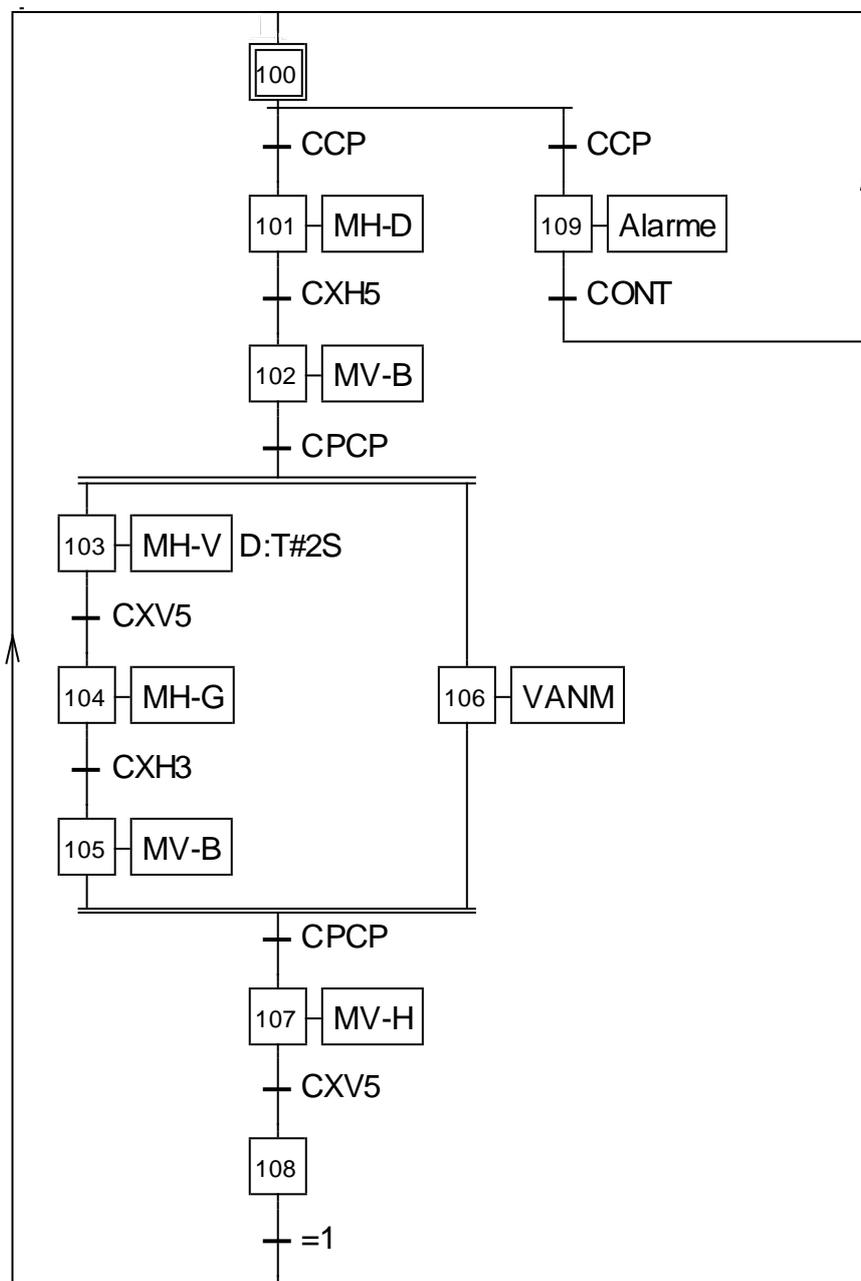




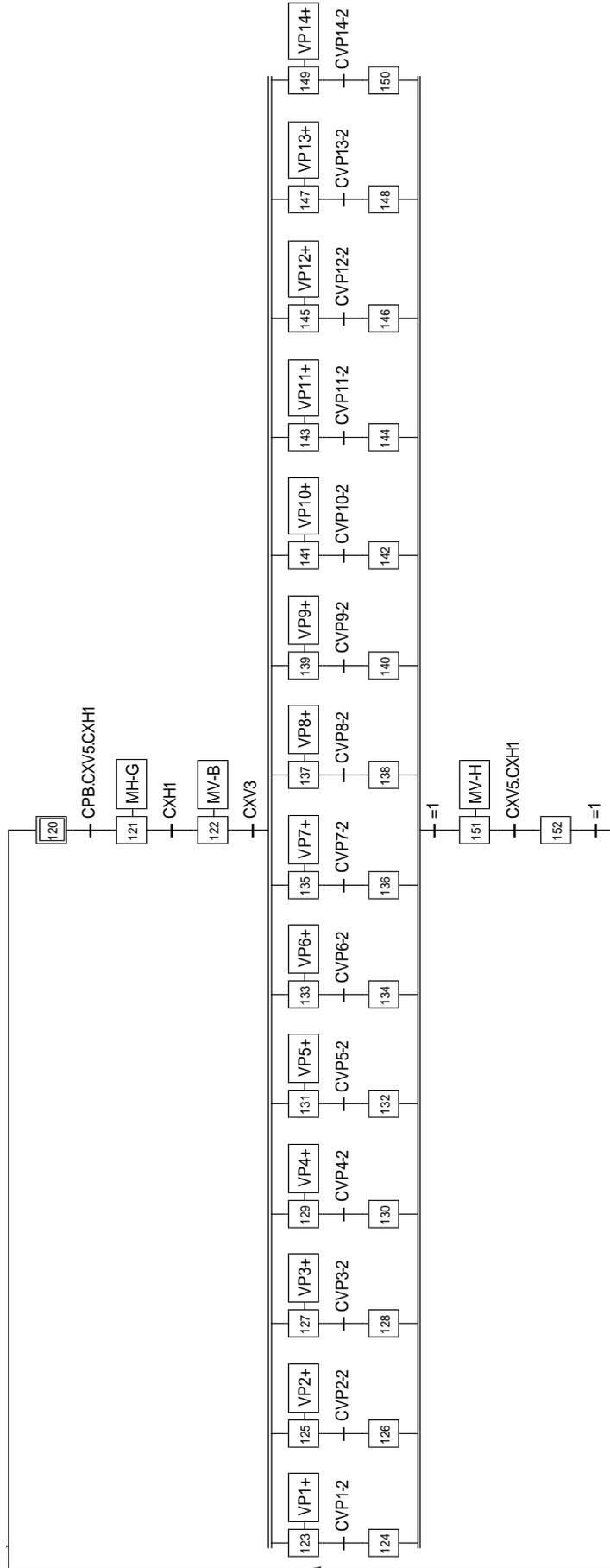
Arête d'urgence



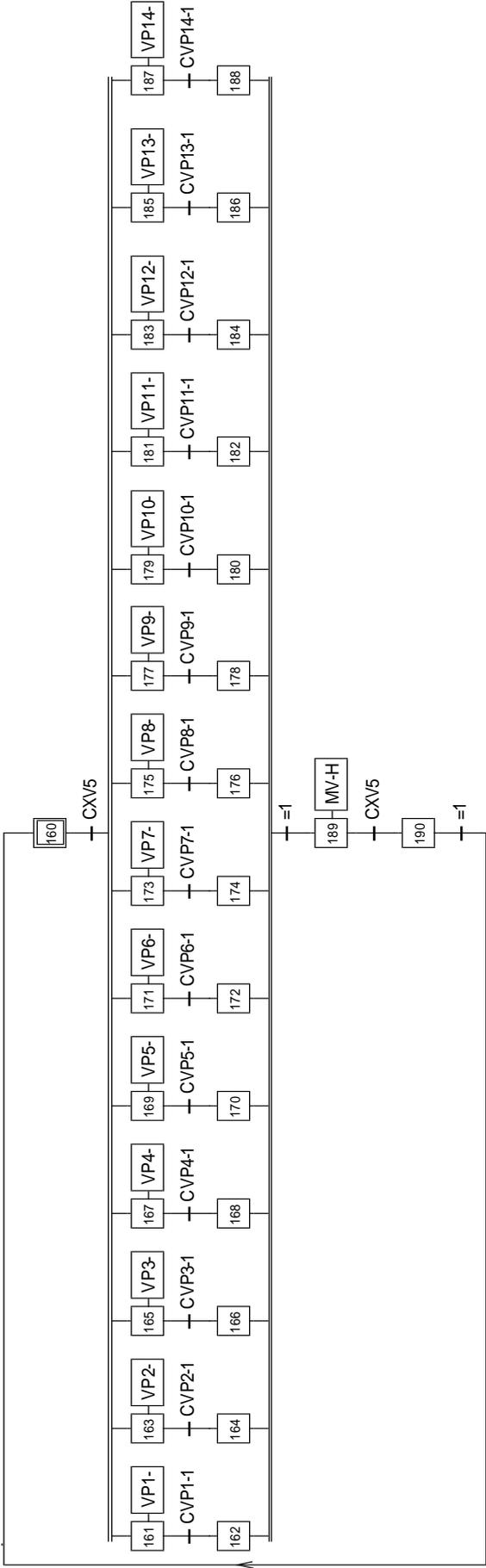
Sous-programme T2



Sous-programme T2



Sous-programme T3



IV.6 Programmation de l'automatisme

Dans cette partie, on va présenter la démarche adoptée pour programmer dans l'environnement SIMATIC step 7, on va d'abord présenter les différentes phases de création d'un projet, ensuite, on va élaborer la configuration matérielle de la station SIMATIC, et à la fin de cette partie on va présenter les différents programmes qui représentent la solution technique qu'on a proposé.

IV.6.1 Création du projet

Le projet qu'on va créer englobera l'ensemble des données et des programmes qui nous sont nécessaires dans notre tâche d'automatisation. Pour créer un nouveau projet sous step 7 on doit :

- Lancer SIMATIC step 7.
- Fichier/Nouveau.
- Donner un nom au projet créé.
- Préciser son emplacement.
- Valider la création du projet en appuyant sur OK.

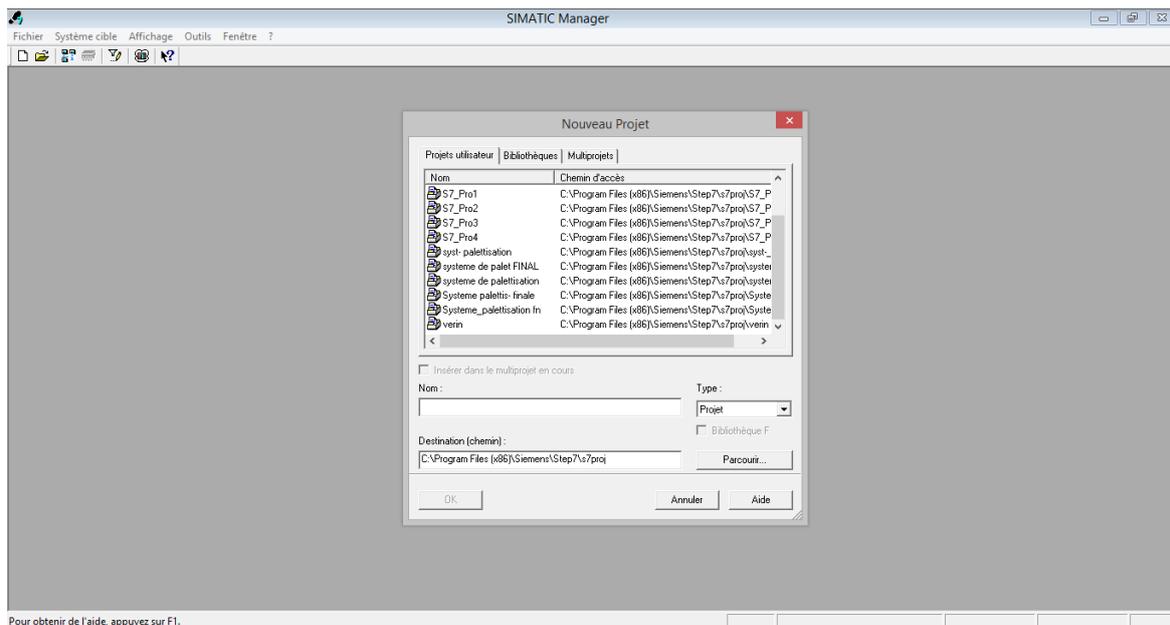


Figure IV.2 : Création du projet sur step 7

Une fois la phase de création du nouveau projet est terminée, une fenêtre d'organisation du projet est affichée, elle est partagée en 2 volets :

- Le volet gauche présente l'arborescence du projet.
- Le volet droit présente le contenu du projet.
- Une fois le projet est créé, on est amené à configurer la station SIMATIC dans laquelle on va insérer nos programmes.

IV.6.2 Configuration mat ériel

SIEMENS possède une large gamme de processeur, alimentation, module d'entrée et de sortie. Dans ce cas, il est primordial de bien choisir le mat ériel utilis é en fonction des capteurs, pré actionneurs, taille du programme, capacité et vitesse de travail,... En effet, on va montrer ci-apr ès les diff érentes étapes.

En double cliquant sur « Mat ériel », l'outil de la configuration matérielle "HW CONFIG" se lance et nous permet d'insérer un RACK vide dont on va mettre dessus le module d'alimentation, le microprocesseur, le module de connexion entre automates (réseaux) et les modules d'entrées et de sorties. Dans notre cas la configuration matérielle se fait comme suite :

- Choix de l'alimentation (power supply).
- Choix du microprocesseur CPU.
- Choix du module de connexion.
- Choix du/des module(s) d'entrées.
- Choix du/des module(s) de sorties.

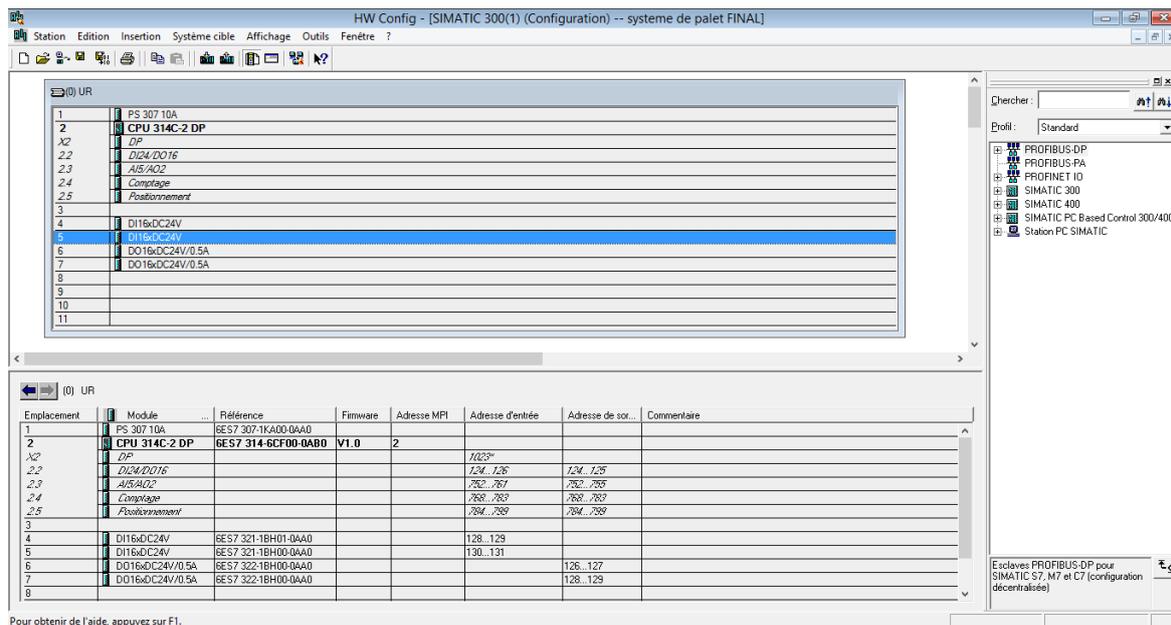
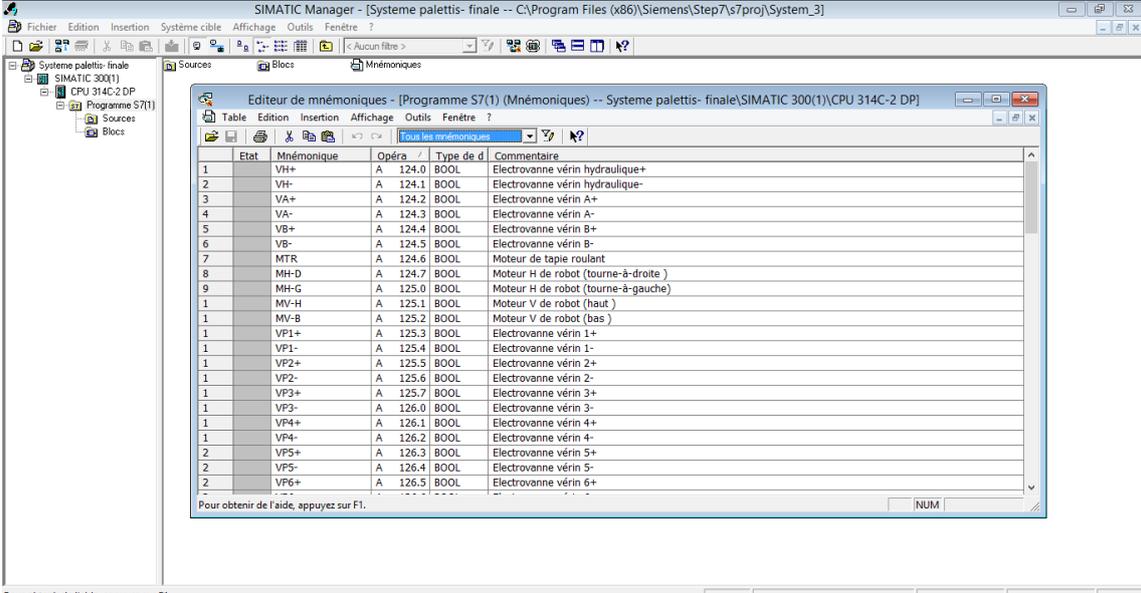


Figure IV.3 : Configuration matérielle avec step 7

Une fois la configuration matérielle achev ée, et apr ès avoir cliqué sur enregistrer et compiler qui permet d'enregistrer la configuration dans le projet actuel et si des blocs de "Données système" sont g énéés ils seront déposés dans le dossier "Blocs", on peut entamer la configuration logicielle.

IV.6.3 Table de mnémoniques

La table de mnémoniques nous permet d'assurer une bonne lisibilité de notre programme puisqu'elle affecte à chaque adresse d'entrée ou de sortie un nom symbolique qui le caractérise des autres entrées/sorties.



| Etat | Mnémonique | Opéra | Type de d | Commentaire |
|------|------------|---------|-----------|-------------------------------------|
| 1 | VH+ | A 124.0 | BOOL | Electrovanne vérin hydraulique+ |
| 2 | VH- | A 124.1 | BOOL | Electrovanne vérin hydraulique- |
| 3 | VA+ | A 124.2 | BOOL | Electrovanne vérin A+ |
| 4 | VA- | A 124.3 | BOOL | Electrovanne vérin A- |
| 5 | VB+ | A 124.4 | BOOL | Electrovanne vérin B+ |
| 6 | VB- | A 124.5 | BOOL | Electrovanne vérin B- |
| 7 | MTR | A 124.6 | BOOL | Moteur de tapis roulant |
| 8 | MH-D | A 124.7 | BOOL | Moteur H de robot (tourne-à-droite) |
| 9 | MH-G | A 125.0 | BOOL | Moteur H de robot (tourne-à-gauche) |
| 1 | MV-H | A 125.1 | BOOL | Moteur V de robot (haut) |
| 1 | MV-B | A 125.2 | BOOL | Moteur V de robot (bas) |
| 1 | VP1+ | A 125.3 | BOOL | Electrovanne vérin 1+ |
| 1 | VP1- | A 125.4 | BOOL | Electrovanne vérin 1- |
| 1 | VP2+ | A 125.5 | BOOL | Electrovanne vérin 2+ |
| 1 | VP2- | A 125.6 | BOOL | Electrovanne vérin 2- |
| 1 | VP3+ | A 125.7 | BOOL | Electrovanne vérin 3+ |
| 1 | VP3- | A 126.0 | BOOL | Electrovanne vérin 3- |
| 1 | VP4+ | A 126.1 | BOOL | Electrovanne vérin 4+ |
| 1 | VP4- | A 126.2 | BOOL | Electrovanne vérin 4- |
| 2 | VP5+ | A 126.3 | BOOL | Electrovanne vérin 5+ |
| 2 | VP5- | A 126.4 | BOOL | Electrovanne vérin 5- |
| 2 | VP6+ | A 126.5 | BOOL | Electrovanne vérin 6+ |

Figure IV.4 : Table de mnémoniques avec step 7

IV.6.4 Programmation du bloc fonctionnel

Un double clic sur le bloc FB1 ouvre l'éditeur de programme CONT/LIST/LOG. On choisit dans la boîte de dialogue des propriétés du bloc fonctionnel, le langage de création est GRAPH, on valide toutes les autres options avec OK.

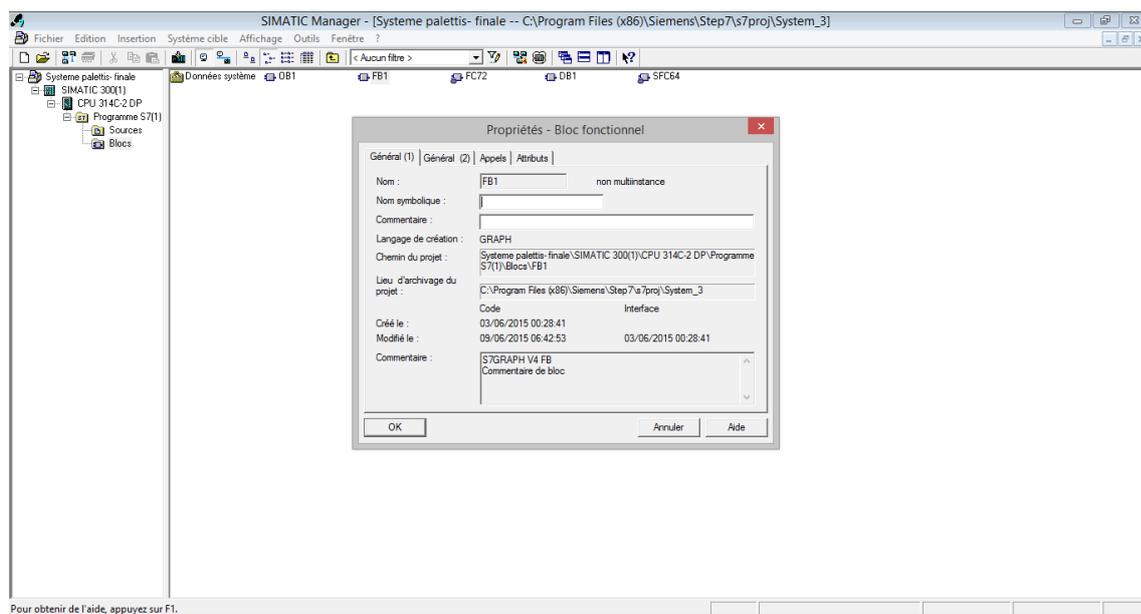


Figure IV.5 : Création du bloc fonctionnel avec step 7

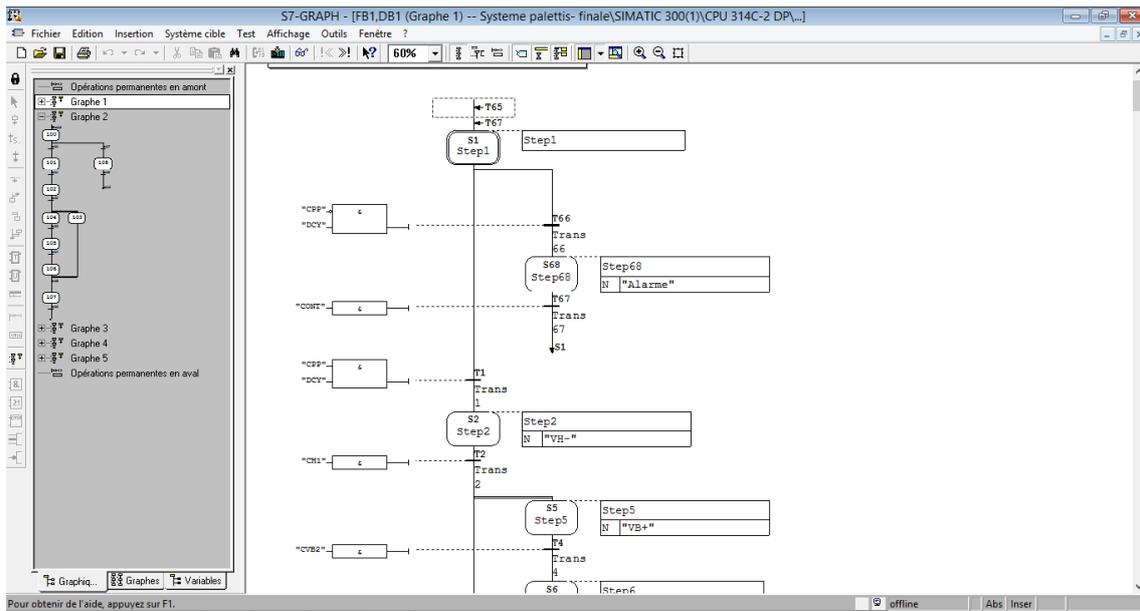


Figure IV.6 : Programmation avec S7-GRAPH

IV.6.5 Chargement des blocs programmés et test du fonctionnement du programme

Une fois le programme est sauvegardé, il est nécessaire d’activer la simulation au niveau de SIMATIC qui met en marche l’application S7-PLCSIM qui fournit une interface utilisateur graphique permettant de visualiser et de modifier des variables du programme de commande, d’exécuter la CPU de simulation en mode Cycle unique ou Cycle continu, ainsi que de modifier l’état de fonctionnement de l’AP de simulation. Pour tester le programme de commande s’il est en exécution ou non il faut mettre le sélecteur de mode en RUN.

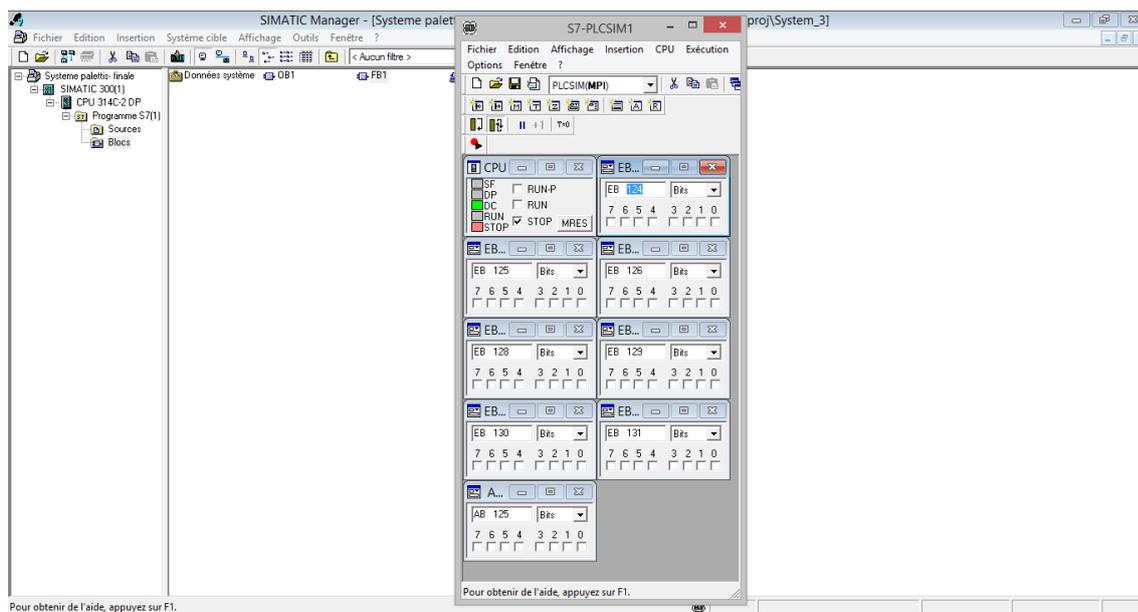


Figure IV.7 : Simulateur S7-PLCSIM

A ce moment il faut transférer le programme à la CPU en appuyant sur le bouton « charger ». Une fois notre programme est chargé dans le simulateur, on va cliquer l'icône des « lunettes » afin de visualiser l'état dynamique du bloc.

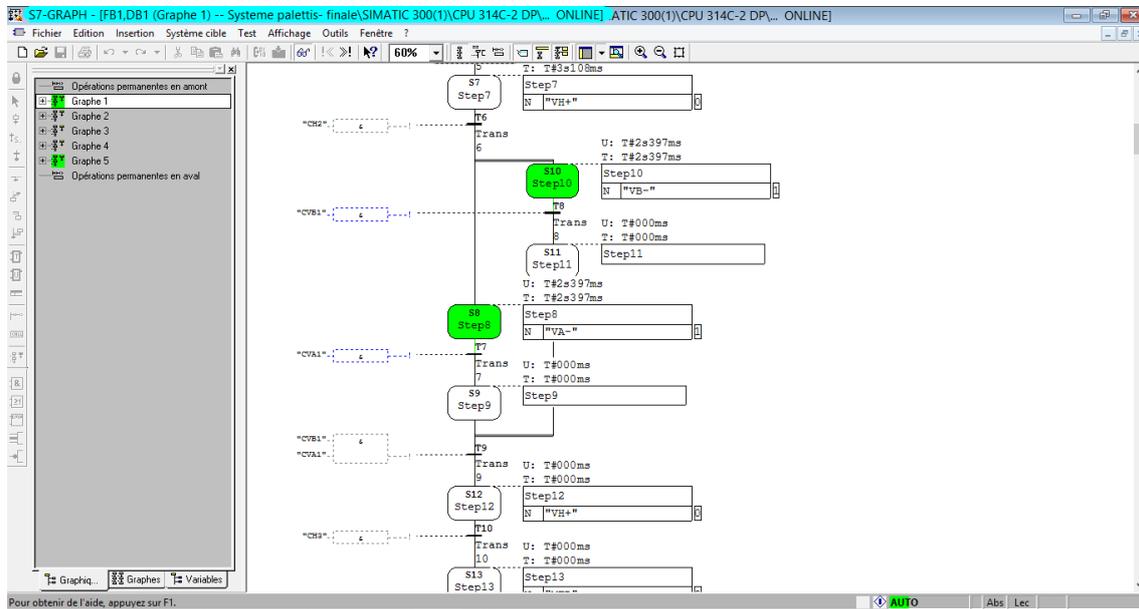


Figure IV.8 : La simulation du programme

Lors du test de programme on remarque que tous les éléments sont en états actifs. Donc le programme réalise bien le cahier de charge du projet.

IV.7 Conclusion

Dans ce chapitre on a défini la description de logiciel de la programmation STEP7 et par la suite on a expliqué les étapes de programmation du projet, enfin on a simulé et vérifié le fonctionnement de programme élaboré sur S7-PLCSIM.

CONCLUSION ET PERSPECTIVE

Le travail que nous venons de présenter est l'aboutissement d'une réflexion portant sur des aménagements au niveau l'unité de conditionnement, la conception du système de palettisation et son automatisation. La mise en pratique de cette solution permettra à l'entreprise d'être plus efficace par :

- l'augmentation de la productivité;
- l'amélioration des conditions du travail et de sécurité;
- Réduction des coûts de main d'œuvre ;
- Flexibilité de la gestion des stocks.

Ce projet nous a offert une expérience fructueuse et bénéfique durant le cursus d'études. Il englobe plusieurs disciplines, allant de la conception (les calculs cinématiques, statiques et dynamiques, le choix des matériaux, les calculs de résistance et le dimensionnement des différentes parties de la structure mécanique du palettiseur, l'étude des assemblages) ; à l'automatisation du système de palettisation par : le choix des actionneurs, les capteurs et l'automate programmable...).

Nous espérons que par ce travail, nous avons apporté une réelle contribution à l'amélioration de l'unité de conditionnement. En perspective, nous proposons l'extension de l'automatisation du système de banderolage en utilisant les entrées et sorties dont dispose l'automate que nous avons proposé

BIBLIOGRAPHIE

- [1] J. THIBAUT. *Palettiseurs et Palettisation*. Techniques Ingénieur : Référence A9280, Paris, 1998
- [2] Archives LaBelle, Annaba, 2014.
- [3] E. VIERLING. *Aliments et boissons : filières et produits (3^{ème} édition)*. Doin, Rueil-Malmaison, 2008.
- [4] G. LEMASSON ; L. BLAIN. *Matériaux de construction mécanique et électrique : désignations, classifications, caractéristiques, emplois (5^{ème} édition)*. Dunod, Paris, 1976.
- [5] R. FONTAINE. *Calculs en construction mécanique Tome 1*, Dunod, Paris, 1967.
- [6] MICHAUD-CHAILLY. *Catalogue direct transmission version 6*. Lyon, Juin 2008.
- [7] FESTO. *Catalogue produits 2013/2014*. Adresse URL : https://www.festo.com/cat/fr_fr/
- [8] J. FANCHON. *Guide pratique des sciences et technologies industrielles*. Nathan, Paris, 2007.
- [9] CMBCILINDRI. *Catalogue Hydraulic cylinders ISO 6022 - Go Fluids*. Italie, 2014
- [10] G. Drouin. *Eléments de machines (2^{ème} édition)*. Montréal : Editions de l'École polytechnique de Montréal, 1986.
- [11] SAPELEM. *Catalogue SAPELEM*. <http://www.sapelem.com/cobotics/uploads/documents>
- [12] A. Chevalier. *Guide du dessinateur industriel*. Hachette, Paris, 2004
- [13] SICK. *Catalogue produits 2015*. Adresse URL : <https://www.sick.com/fr/fr/>
- [14] TELEMECANIQUE. *Catalogue sensor mecanico 2014*. Adresse URL : www.tesensors.com/fr/fr/home/
- [15] W. Bolton. *Les automates programmables industriels*. Dunod, Paris, 2010
- [16] S. Moreno : E. Peulot. *Le GRAFCET : Conception-Implantation dans les automates programmables industriels*. Casteilla, Paris ,2009
- [17] H. Berger. *Automating with STEP 7 in LAD and FBD: SIMATIC S7-300/400 Programmable Controllers*. Wiley VCH .2012