



Université Sidi Mohamed Ben Abdellah
Faculté des Sciences et Techniques de Fès
Département de Génie Industriel



Mémoire de Projet de fin d'étude

Préparé par

HIMDI Karam

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat

Spécialité : Ingénierie en Mécatronique

Intitulé

Automatisation du fonctionnement de la
goulotte rétractable de la machine de coupe
des câbles

Lieu : SEWS-Maroc

Réf : 15/IMT17



Soutenu le 23 Juin 2017 devant le jury :

- Pr. B.RZINE (Encadrant FST)
- Mr. A.LEKHLILI (Encadrant SEWS-Maroc)
- Pr. D.TAHRI (Examinateur)
- Pr. M.ABARKANE (Examinateur)

Résumé

Ce projet de fin d'étude porte sur l'automatisation du fonctionnement d'une goulotte rétractable d'une machine de coupe des câbles. Actuellement, l'opération manuelle induit une diminution du rendement de la main d'œuvre chose qui aura son impact sur la productivité.

Notre objectif est de proposer une solution simple, à coût minimal et assurant le minimum d'encombrement permettant de changer le mode de fonctionnement de la goulotte du manuel à l'automatique.

Pour mener à bien notre projet, nous avons passé par une analyse fonctionnelle pour définir le besoin ainsi que les différentes fonctions de service relatifs au fonctionnement de la goulotte pour aboutir au cahier de charges fonctionnel. Nous avons proposé les différentes solutions possibles en se basant sur les résultats de notre analyse fonctionnelle pour retenir à la fin la solution la plus adéquate. Puis, nous avons dimensionné les différents éléments qui constituent notre solution avant de proposer par la suite une simulation du système. Pour ce faire, nous nous sommes servi des logiciels CATIA et FLUIDSIM. Enfin nous avons clôturé notre travail par un calcul des gains générés par ce projet.

Mots clés : CST, câble, goulotte rétractable, automatisation, vérin sans tige, productivité

Abstract

This end-of-study project deals with the automation of the operation of a retractable chute of a cable cutting machine. At present, the manual operation induces a decrease in the output of the workforce which will have its impact on productivity.

Our goal is to offer a simple solution, at minimum cost and ensuring the minimum of space required to change the operating mode of the chute from manual to automatic.

To carry out our project, we went through a functional analysis to define the need as well as the various service functions related to the operation of the chute to arrive at the functional specifications. We proposed the different possible solutions based on the results of our functional analysis to retain the most appropriate solution at the end.

Then, we have dimensioned the various elements that constitute our solution before proposing a simulation of the system. To do this, we used CATIA and FLUIDSIM software. Finally, we finished our work with a calculation of the gains generated by this project.

Keywords: CST, cable, Retractable chute, automation, rodless cylinder, productivity

Dédicaces

A mes très chers parents

Dont les sacrifices quotidiens ont fait de moi ce que je suis.
Aucun mot, aucune expression ne pourra témoigner de ma reconnaissance Et ma gratitude ou le profond amour que je vous porte pour les sacrifices Que vous avez consenti pour ma réussite
Vous m'avez soutenu et encouragé tout au long de mon parcours Vous avez supporté mes états d'âme
Que Dieu vous préservent bonne santé et longue vie.

A mon frère et ma petite sœur

Jamais un jour ne passe sans que je remercie Dieu de vous avoir toujours à mes côtés, partageant mes plaisirs et mes peines.

A mes chers professeurs

Pour le soutien

A mes très chers amis

Avec qui j'ai partagé de bons moments, qui m'ont offert l'occasion De sentir la valeur de la véritable amitié.

A tous ceux qui m'aiment et que j'aime,

Je dédie ce modeste travail

Remerciements

Au terme de la rédaction de ce rapport, c'est un devoir agréable d'exprimer en quelques lignes mon sentiment de reconnaissance que je dois à tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à l'élaboration de ce travail, qu'ils trouvent ici mes vifs respects et ma profonde gratitude.

Je tiens à exprimer mes profonds respects et mes reconnaissances à mon parrain industriel Mr. LEKHLILI, responsable de la maintenance de la zone de coupe qui s'est chargé de l'encadrement de ce projet durant toute la durée du stage.

Je tiens vivement à exprimer mes profondes gratitudees à Mme B.RZINE pour son encadrement pédagogique très consistant ainsi que pour l'intérêt avec lequel elle a suivi la progression de mon travail, et pour tous ses conseils et directives tout au long de ma période de projet.

Je remercie également les techniciens de la zone coupe pour leur encouragements et toutes leur informations bénéfiques ainsi que tous les opérateurs pour leur collaboration et leur aide.

Je tiens à remercier l'ensemble du personnel de SEWS-Maroc Kenitra, pour leur accueil chaleureux, leur disponibilité et leur générosité intellectuelle.

J'exprime ma profonde gratitude à la direction de la faculté des sciences et techniques de Fès. Ainsi que tout le corps professoral et administratif pour ces années de formation enrichissantes.

Je voudrais également exprimer mon ample gratitude envers les membres du jury, Mr D.TAHRI et Mme M.ABARKANE qui ont bien voulu me donner l'honneur d'évaluer et d'apprécier ce travail.

Liste des figures

Figure 1: Organigramme de Sumitomo Electric Industries	5
Figure 2 : Principaux constructeurs de SEWS-E	6
Figure 3: Implémentation des SEWS au Maroc	6
Figure 4: SEWS-Maroc (Kenitra)	7
Figure 5: Gamme de constructeur Renault.....	8
Figure 6: Gamme de constructeur PSA	8
Figure 7: Organigramme SEWS-Maroc	8
Figure 8: Types de Fil	10
Figure 9: Exemple d'un faisceau électrique.....	12
Figure 10: Processus de fabrication des faisceaux électriques au sein de SEWS-Maroc..	13
Figure 11 : Planification du projet avec GANTT Projet.....	19
Figure 12: KOMAX Alpha 433H	20
Figure 13: Applications de la machine alpha 433H	21
Figure 14: KOMAX Alpha 455	21
Figure 15: Applications de la machine alpha 455	21
Figure 16: KOMAX Alpha 455	22
Figure 17: Etapes d'une analyse fonctionnelle.....	23
Figure 18: Diagramme Bête à cornes	24
Figure 19: Diagramme Pieuvre-phase conception	25
Figure 20: Diagramme Pieuvre-fonctionnement normal.....	26
Figure 21: Diagramme Pieuvre-phase de maintenance	27
Figure 22: Diagramme SADT A-0	30
Figure 23: Diagramme FAST	30
Figure 24: Assemblage de l'arbre du vérin rotatif et le pignon à l'aide d'une clavette.....	33
Figure 25: Schéma explicatif du fonctionnement du premier système	34
Figure 26: Dessin du système pignon-crémaillère	34
Figure 27: Schéma explicatif du fonctionnement du système 2	36
Figure 28: Différentes positions du poussoir suite à la poussée du vérin	37
Figure 29: Approximation du profil de la came	37
Figure 30: Composants d'un vérin sans tige.....	39
Figure 31: Modélisation des forces appliquées sur la goulotte rétractable.....	43
Figure 32: Phénomène de la contrepression dans le vérin	45
Figure 33: Abaque pour la sélection du diamètre du vérin.....	46
Figure 34: Abaque d'amortissement.....	47
Figure 35: Définition de la longueur maximale entre deux points d'appui	48
Figure 36: Pattes d'équerre pour la fixation du vérin	49
Figure 37: Distributeurs 3/2 VOE-25	49
Figure 38: Ensemble de conditionnement d'air.....	50
Figure 39: Schéma de puissance pneumatique du système automatisé sous FLUIDSIM .	51

Figure 40: Fonctionnement du vérin sans tige en mode "aller" (à gauche) et "retour"(à droite)	52
Figure 41: Position et vitesse du piston du vérin sans tige.....	53
Figure 42: Schéma électrique pour le fonctionnement du système automatisé sous FLUIDSIM.....	53
Figure 43: Guidage à galets	54

Liste des tableaux

Tableau 1 : Historique du Groupe Sumitomo Electric Industries.....	4
Tableau 2: Fiche signalétique de SEWS-Maroc	7
Tableau 3: Certification SEWS-Maroc	10
Tableau 4: Fil électrique.....	11
Tableau 5: Accessoires du fil électrique	11
Tableau 6: Méthode QQQCP	17
Tableau 7: Machines KOMAX des différentes zones de la CST	20
Tableau 8: Questionnaire de validation du besoin	24
Tableau 9: Hiérarchisation des fonctions	28
Tableau 10: Cahier des charges fonctionnel.....	29
Tableau 11: Différents diamètres possibles du pignon	35
Tableau 12: Longueurs des côtés de triangle ABC.....	38
Tableau 13: Comparaison entre les différents systèmes de guidage en translation	40
Tableau 14: Solution retenue pour remplir les différentes fonctions.....	41
Tableau 15: Les éléments du circuit de puissance pneumatique du système automatisé	51

Tables des matières

Chapitre I : Présentation de l'organisme d'accueil

I. Présentation de l'organisme d'accueil	4
I.1 Groupe Sumitomo Electric Industries (SEI)	4
I.1.1 Historique et structure du groupe (SEI)	4
I.1.2 Historique SEWS-Europe (SEWS-E)	5
I.2 Sumitomo Electric Wiring System-Maroc (SEWS-Maroc)	6
I.2.1 Implémentation de SEWS-Maroc (Kenitra).....	7
I.2.2 Fiche signalétique de SEWS-Maroc (Kenitra).....	7
I.2.3 Projets détenus par SEWS-Maroc.....	8
I.2.4 Organigramme structurel de SEWS-Maroc	8
I.2.5 Certification	9
II. Processus de production des faisceaux électriques	10
II.1 Définition d'un câble/fil.....	10
II.2 Composants d'un câble	11
II.3 Définition d'un Faisceau électrique	12
II.4 Processus de fabrication des faisceaux électriques	12

Chapitre II: Cadre général et analyse fonctionnelle du projet

I. Cadre général du projet	16
I.1 Problématique.....	16
I.2 Cahier de charge du projet.....	16
I.3 Démarche du projet.....	18
II. Description de l'environnement d'étude	19
II.1 Description de la zone de travail (CST)	19
II.2 Description des machines KOMAX	20
II.3 Fonctionnement de la goulotte rétractable et des problèmes rencontrés	22
III. Analyse fonctionnelle de la goulotte rétractable	23
III.1 Analyse du besoin de la goulotte rétractable.....	23
III.1.1 Expression du besoin.....	23
III.1.2 Validation du besoin	24
III.2 Analyse fonctionnelle externe.....	24

III.3	Cahier de charges fonctionnel.....	28
III.4	Analyse fonctionnelle interne.....	28
III.4.1	Analyse fonctionnelle descendante.....	28
III.4.2	Analyse fonctionnelle technique.....	30
Chapitre III: Choix de la solution adéquate		
I.	Différents systèmes proposés.....	32
I.1.1	Premier système proposé.....	32
I.1.2	Deuxième système proposé.....	35
I.1.3	Troisième système proposé.....	38
II.	Choix de la solution adéquate	39
Chapitre IV: Dimensionnement et étude économique de la solution retenue		
I.	Dimensionnement de la solution retenue	41
I.1	Dimensionnement de la partie pneumatique	42
I.1.1	Dimensionnement du vérin sans tige	42
I.1.2	Choix du distributeur.....	48
I.1.3	Circuit d'alimentation en énergie pneumatique	48
I.1.4	Simulation du fonctionnement du vérin sans tige sous FLUIDSIM	49
I.2	Dimensionnement de la partie mécanique	52
I.2.1	Choix du guidage à galets.....	52
I.2.2	Simulation du mécanisme automatisé sous CATIA.....	53
II.	Etude économique.....	54
II.1	Estimation des prix des équipements	54
II.2	Estimation des gains	54

Liste des abréviations

BOL : Banc Off Line

C.D.C.F. Cahier de charges fonctionnel

FAST: Function Analysis System Technique

QQOQCP: Quoi, Qui, Où, Quand, Comment, Pourquoi

SADT: Structured Analysis and Design Technique

WIP: Work In Progress

Glossaire

Le sertissage est l'opération qui permet la liaison mécanique entre le terminal et un ou plusieurs fils électriques.

Le dénudage est l'opération qui consiste à enlever une partie de l'isolant située sur l'extrémité du fil à l'aide des lames de la machine de coupe.

Sertissage manuel: Dans certains cas, il s'avère impossible de sertir les terminaux aux extrémités des fils automatiquement. D'où la nécessité d'effectuer cette opération à l'aide de presses manuelles.

Le twisting : Cette opération consiste à torsader les fils afin d'éliminer les effets du champ électromagnétique.

Soudage ultra-son: une machine (dite Schunk) sert à souder (jointure de plusieurs fils) par Ultra-son

Introduction générale

L'ouverture commerciale et la libéralisation financière adoptées ces dernières années par le Maroc ont permis de développer de nouveaux secteurs d'activités dont le marché de câblage est l'un des leviers de la nouvelle ère industrielle marocaine.

Le câblage électrique est parmi les domaines qui s'introduisent dans le processus de fabrication des automobiles et qui connaît une forte compétitivité entre plusieurs entreprises. Ainsi, ces acteurs visent une politique d'amélioration continue qui assure plus d'efficacité tout en respectant les exigences des clients. Pour ce faire, il a fallu se tourner vers l'automatisation de ces processus.

C'est dans le cadre de cette philosophie que s'inscrit notre projet de fin d'études au sein de SEWS-Maroc. Le service maintenance où on m'a affecté, avait jugé nécessaire de changer le mode opératoire au niveau d'une machine de coupe des câbles. Il s'agit en fait d'une transformation d'une opération manuelle dans cette machine en une opération automatique.

En effet et dans un premier temps, nous allons commencer par une présentation de l'organisme SEWS-Maroc comme filiale du groupe SUMITOMO, suivi d'une description du processus de fabrication des faisceaux électriques.

Le deuxième chapitre présentera le cadre général de notre projet en décrivant la problématique et la situation actuelle ainsi qu'une analyse du besoin en se basant sur un diagnostic de l'existant. Nous suivons lors de ce chapitre les étapes de l'analyse fonctionnelle pour l'élaboration d'un cahier de charges fonctionnel résumant les fonctions du nouveau système automatisé proposé et les niveaux de leurs critères d'appréciation.

Cette étude théorique nous permettra par la suite de recenser les différentes solutions techniques permettant de répondre à notre cahier de charges avant de fixer une solution finale qui sera un sujet d'étude par la suite.

Le quatrième et dernier chapitre sera consacré à une étude du mécanisme proposé en dimensionnant ses différents éléments. Il sera clôturé par une étude économique qui vise à présenter les gains apportés à travers la réalisation de ce projet.

Présentation de l'organisme d'accueil

Chapitre

1

Dans ce premier chapitre, nous allons présenter l'organisme d'accueil au sein duquel nous avons effectué le stage relatif au présent projet, en décrivant le cœur de métier de l'entreprise et le produit fini livré.

I. Présentation de l'organisme d'accueil:

I.1 Groupe Sumitomo Electric Industries (SEI)

I.1.1 Historique et structure du groupe (SEI)

La société Sumitomo Electric Wiring Systems (SEWS), filiale du groupe Japonais Sumitomo Electric Industries est présente au Maroc à travers 5 sites de production de faisceaux de câbles automobiles : à Casablanca, Berrechid, Tanger, Ain Aouda et Kenitra et MFZ qui sous-traite la partie câblage pour plusieurs constructeurs automobiles Internationaux.

L'histoire du Groupe d'entreprises Sumitomo remonte à plus de 400 ans. Aujourd'hui, Sumitomo compte plus de 267.000 collaborateurs à travers le monde et enregistre un chiffre de ventes annuel dépassant les 400 milliards de dollars. Il est spécialisé plus précisément dans la production des systèmes électriques et électroniques et des systèmes de freinage, fabriqués et distribués par l'intermédiaire d'un réseau mondial présent dans plus de 30 pays.

Le tableau 1 illustre l'historique du groupe SEI :

Février 1917	Fondation de « Tokai Electric Wire Works » pour démarrer la fabrication et la vente de fils dénudés et de fils blindés.
Décembre 1917	Réorganisation du travail et fondation de « Tokai Electric Wire Co., Ltd ».
Juillet 1931	Entrée en alliance technologique et de capital avec Sumitomo Electric Wire & Câble Works (aujourd'hui Sumitomo Electric Industries, Ltd).
Février 1959	Lancement de la production de harnais électriques pour les véhicules à deux roues.
1960	Lancement de la production de harnais électriques pour les véhicules à trois roues.
Janvier 1961	Lancement de la production de harnais électriques pour les véhicules à quatre roues.
Avril 1985	Changement de la dénomination commerciale en Sumitomo Wiring Systems, Ltd.
2002	Début des réformes structurelles pour reconstruire le système de la production locale et pour se concentrer sur le secteur automobile.

Tableau 1 : Historique du Groupe Sumitomo Electric Industries

Le groupe Sumitomo Electric Industries détient vers 25% des parts du marché International de l'automobile et emploie une force salariale qui dépasse les 60.000 employés dans le monde entier.

L'organigramme de la figure 1 schématise la structure du groupe et situe clairement sa filiale SEWS-Maroc.

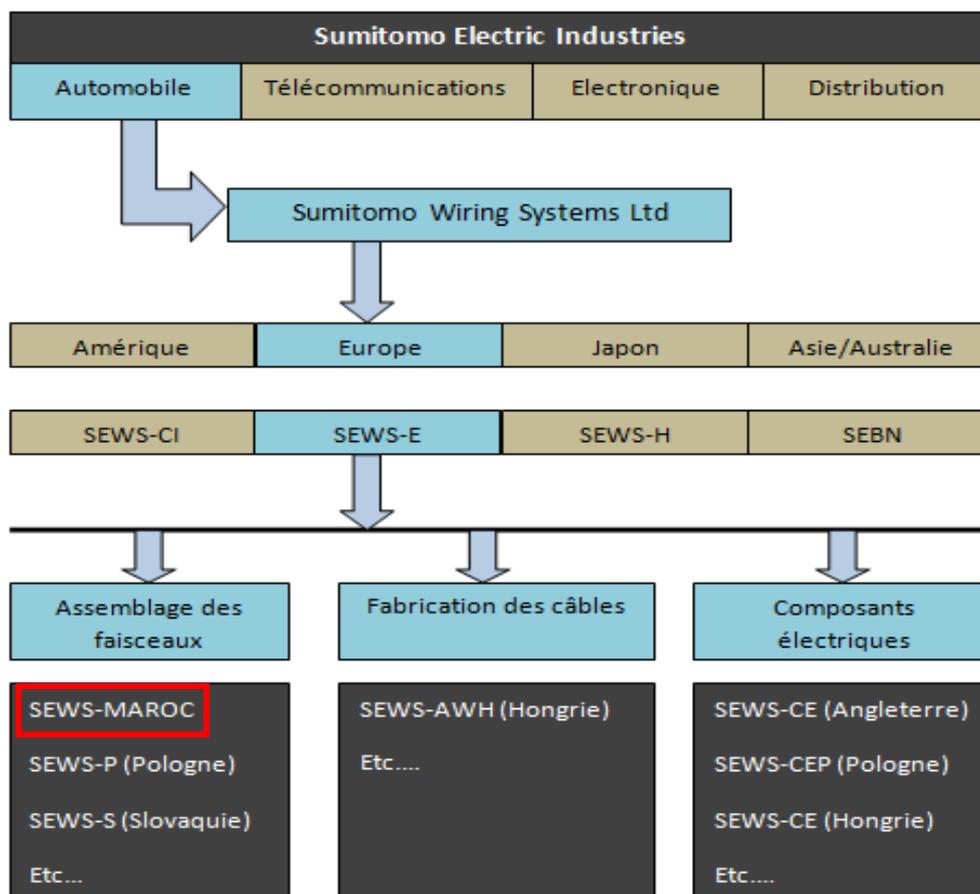


Figure 1: Organigramme de Sumitomo Electric Industries

I.1.2 Historique SEWS-Europe (SEWS-E)

Depuis 1919 le groupe Sumitomo n'a cessé de se développer en ouvrant des usines et des bureaux techniques dans différents pays Européens tels que la Slovaquie et le Royaume-Uni jusqu'en 1999 où il a formé SEWS-Europe.

SEWS-Europe a comme activités principales la conception, la fabrication et la fourniture de boîtiers de fusibles et de l'électronique, du câblage et des connecteurs à la plupart des constructeurs automobiles du premier rang en Europe.

Travaillant en étroite collaboration avec les ressources du groupe au Japon, SEWS-Europe poursuit une dynamique de recherche et une stratégie de développement pour produire des produits innovants et de haute technologie.

Son engagement envers la qualité des produits inégalés, un service de qualité, une valeur imbattable et la satisfaction des clients fait de SEWS-Europe le choix naturel pour l'industrie automobile Européenne.

SEWS-E (dont le siège est basé à Staffordshire en Angleterre) travaille avec plusieurs constructeurs automobiles mondiaux dont les fondamentaux sont : Honda, Toyota, Nissan, Peugeot-Citroën et Mini (figure 2).



Figure 2 : Principaux constructeurs de SEWS-E

I.2 Sumitomo Electric Wiring System-Maroc (SEWS-Maroc)

Le groupe dispose de cinq groupes basés au Maroc présentés dans la figure 3.



Figure 3: Implémentation des SEWS au Maroc

I.2.1 Implémentation de SEWS-Maroc (Kenitra)

Créée en mars 2007, SEWS-Maroc est une société à responsabilité limitée spécialisée dans la fabrication des faisceaux électriques pour l'industrie automobile.

SEWS-Maroc (figure 4) a démarré son activité en mai 2007 avec le support des collaborateurs des sociétés homologues en Angleterre (siège européen), au Japon, en Roumanie et en France... grâce à leur savoir-faire et à leur longue expérience dans le domaine du câblage destiné à l'industrie automobile.



Figure 4: SEWS-Maroc (Kenitra)

La décision d'investir au Maroc se veut essentiellement par la proximité de l'Europe, la stabilité politique du pays et par la disponibilité d'une main d'œuvre qualifiée

L'usine construite sur une surface de 30000 m², est aménagée comme suit :

- Entrepôt (1944 m²) : Il est à la fois magasin de matières premières dans sa partie droite et des produits finaux dans sa partie gauche.
- Cafeteria : Espace où les employés peuvent faire des petites pauses.
- Espace de production (12960 m²) : Espace où la matière première est assemblée pour construire le câblage automobile prêt à être livré au client.
- Bureaux des départements : Ingénierie, Qualité, Production, Logistique, Maintenance.
- Finances, Bureau d'études, IT et Ressources Humaines.

I.2.2 Fiche signalétique de SEWS-Maroc (Kenitra)

La fiche signalétique de SEWS-Maroc est présentée dans le tableau 2.

Raison Sociale	SEWS-Maroc
Siège Social	177, Z.I. Bir Rami, Kenitra 14000, Maroc
Forme Juridique	S.A.R.L (Société à responsabilité limitée)
Date de création	Mars 2007
Ville	Kenitra
Effectif	2446 employés (Avril 2017)
Produits	Faisceaux électriques pour les automobiles
Principaux clients en Europe	 

Tableau 2: Fiche signalétique de SEWS-Maroc

I.2.3 Projets détenus par SEWS-Maroc

Les projets relatifs au client RENAULT sont illustrés dans la figure 5 :



Figure 5: Gamme de constructeur Renault

Les projets relatifs au client PSA sont illustrés dans le figure 6 :



Figure 6: Gamme de constructeur PSA

I.2.4 Organigramme structurel de SEWS-Maroc

L'organigramme de SEWS-Maroc est représenté dans la figure 7 :



Figure 7: Organigramme SEWS-Maroc

L'organigramme dévoile l'existence de plusieurs départements à savoir :

- **Département Production** : son rôle est de programmer la production des faisceaux électriques demandés par le constructeur automobile tout le temps en assurant une bonne qualité du produit, en respectant les délais fixés au préalable et optimisant les performances pour

augmenter la production afin d'accroître la notoriété de l'entreprise ainsi de satisfaire les besoins des clients.

- **Département logistique** : son rôle est d'optimiser la mise en place et le lancement des programmes de fabrication tout en assurant une gestion optimale du stock et une expédition à temps aux clients.
- **Département ingénierie** : qui a pour mission d'adapter les procédés de fabrication conformément aux règles définies par les Directions Engineering et Qualité (plans de surveillance, control plan, ...) du groupe Sumitomo.
- **Département qualité** : c'est le garant de la politique et du système qualité de l'entreprise à travers l'implantation d'un système qualité fiable qui répond aux exigences des clients afin d'atteindre le niveau de qualité escompté sur le plan du processus et des produits.
- **Département des ressources humaines (RH)** : Sa mission principale consiste à disposer à temps et de manière permanente des effectifs suffisants et d'assurer une gestion performante individuelle et collective du personnel par la formation.
- **Département IT** : Le département informatique est chargé d'animer et d'assurer la cohérence des divers systèmes traitant l'information et les mettre à la disposition des utilisateurs, il est chargé également de l'outil informatique de gestion des réseaux, des postes et des logiciels de bureautique et de l'assistance et la formation du personnel
- **Département finances** : assure les fonctions financières et comptables de l'entreprise, développe et implante les pratiques, les procédures financières et le contrôle de gestion qui affectent la santé financière de la firme tout en veillant à la préservation de son patrimoine financier.
- **Service maintenance** : assure l'installation et la maintenance de tous les équipements de l'usine avec une fiabilité optimale et une efficacité maximale des outils de production de SEWS-Maroc.

I.2.5 Certification

Pour des raisons d'assurance de bonne qualité, sécurité et la confiance des clients. SEWS-Maroc justifie de plusieurs certificats internationaux comme indiqué dans le tableau 3.

Certification	Version	Spécifications
ISO TS 16949	2009	Relative au secteur automobile.
ISO 14001	2004	Relative à l'environnement.
BS OHSAS 18001	2007	Relative au système de sécurité de travail

Tableau 3: Certification SEWS-Maroc

II. Processus de production des faisceaux électriques

Le processus est décomposé de plusieurs lignes de production, chaque ligne est réalisée une partie bien définie afin de produire des faisceaux électriques spécifiés à la demande du constructeur.

Avant de citer les principales étapes, on va définir quelque notion de base.

II.1 Définition d'un câble/fil

Un câble électrique est composé de plusieurs fils et éventuellement d'un blindage extérieur. Il peut être employé pour transmettre des signaux électriques et/ou de l'énergie électrique. Les matériaux utilisés présentent des caractéristiques intéressantes en ce qui concerne la résistance électrique, le poids, la tenue mécanique. Un fil électrique est le composant électrotechnique servant au transport de l'électricité, afin de transmettre de l'énergie. Il est constitué d'un matériau conducteur, monobrin ou multibrin, souvent entouré d'une enveloppe isolante (plastique, ou autre). L'intérieur du fil électrique est appelée « âme » du fil.

Un câblage se subdivise en plusieurs parties qui sont liées entre elles on trouve :

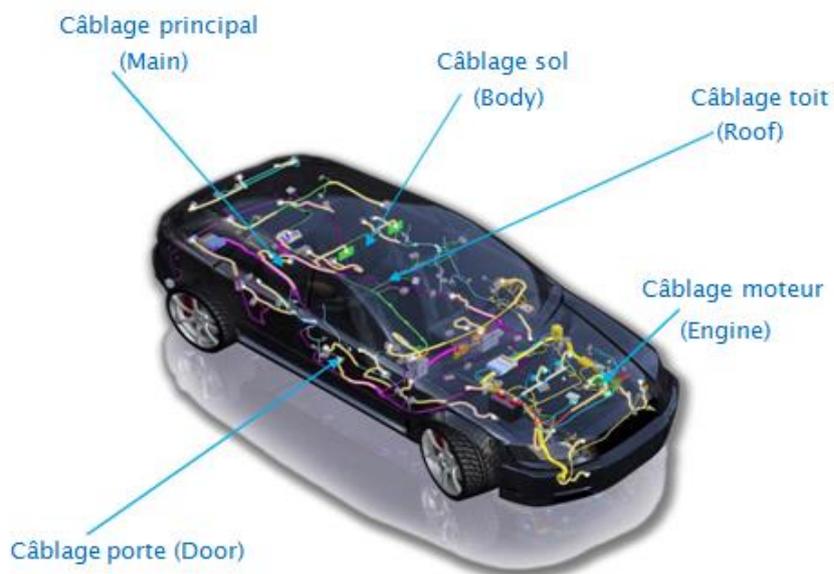


Figure 8: Types de Fil

II.2 Composants d'un câble

Un fil électrique se compose de (tableau 4) :

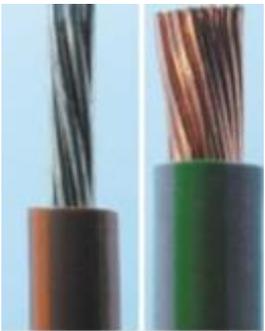
Fil électrique	Fonction	Constituants	Paramètres
	Conduire le courant électrique d'un point à un autre	Filaments en cuivre, isolant en plastique	Couleur Espèce Section : varie entre 0.3 et 25 mm ²

Tableau 4: Fil électrique

Dans le domaine du câblage automobile, un fil électrique a besoin d'un certain nombre d'accessoires (tableau 5) pour être bien exploité.

Composant	Description
Terminaux 	Pour assurer une bonne connexion entre deux câbles (l'un est une source d'énergie, l'autre est un consommateur d'énergie)
Connecteurs 	Des pièces où les terminaux seront insérés, ils permettent d'établir un circuit électrique débranchable, d'établir un accouplement mécanique séparable et d'isoler électriquement les parties conductrices.
Accessoires 	Des composants pour la protection et isolation du câblage : les rubans d'isolement, les tubes.
Matériel de protection 	Des pièces qui protègent le câble et tous ses éléments de la surcharge du courant qui pourrait l'endommager

Tableau 5: Accessoires du fil électrique

II.3 Définition d'un Faisceau électrique

Un faisceau de câbles comprend plusieurs composantes telles que les câbles, les terminaux, les enveloppes, les tubes et les bandes. Etant assemblés dans une forme particulière pour faciliter son installation dans un véhicule, le faisceau de câbles est aussi dit "câbles attachés." Les faisceaux de câbles sont utilisés pour acheminer les informations et le courant électrique, exactement comme les nerfs et les vaisseaux sanguins du corps humain. La figure 9 présente un exemple d'un faisceau électrique.



Figure 9: Exemple d'un faisceau électrique

II.4 Processus de fabrication des faisceaux électriques

Un faisceau électrique passe par plusieurs étapes avant sa livraison au client (figure 10), à savoir :

➤ **Magasin des matières premières :**

La matière première venant du fournisseur passe par le laboratoire du contrôle de qualité pour subir un contrôle de réception avant d'être stockée dans le magasin de matière première.

➤ **Préparation des fils :**

C'est la première étape de fabrication d'un faisceau. Dans la zone WIP (Work In Progress) ou bien les **●**cours, à la sortie du magasin et l'entrée de la zone coupe, les bobines de fils électriques sont classées par rangés selon des critères de sélection tel que la section et la couleur.

On trouve sur cette zone :

- **CST** : « coupe sertissage automatique » où les bobines sont découpées en plusieurs fils de longueur bien déterminée, dénudées ou pré dénudées, ainsi que le sertissage automatique des connexions sur leurs extrémités.

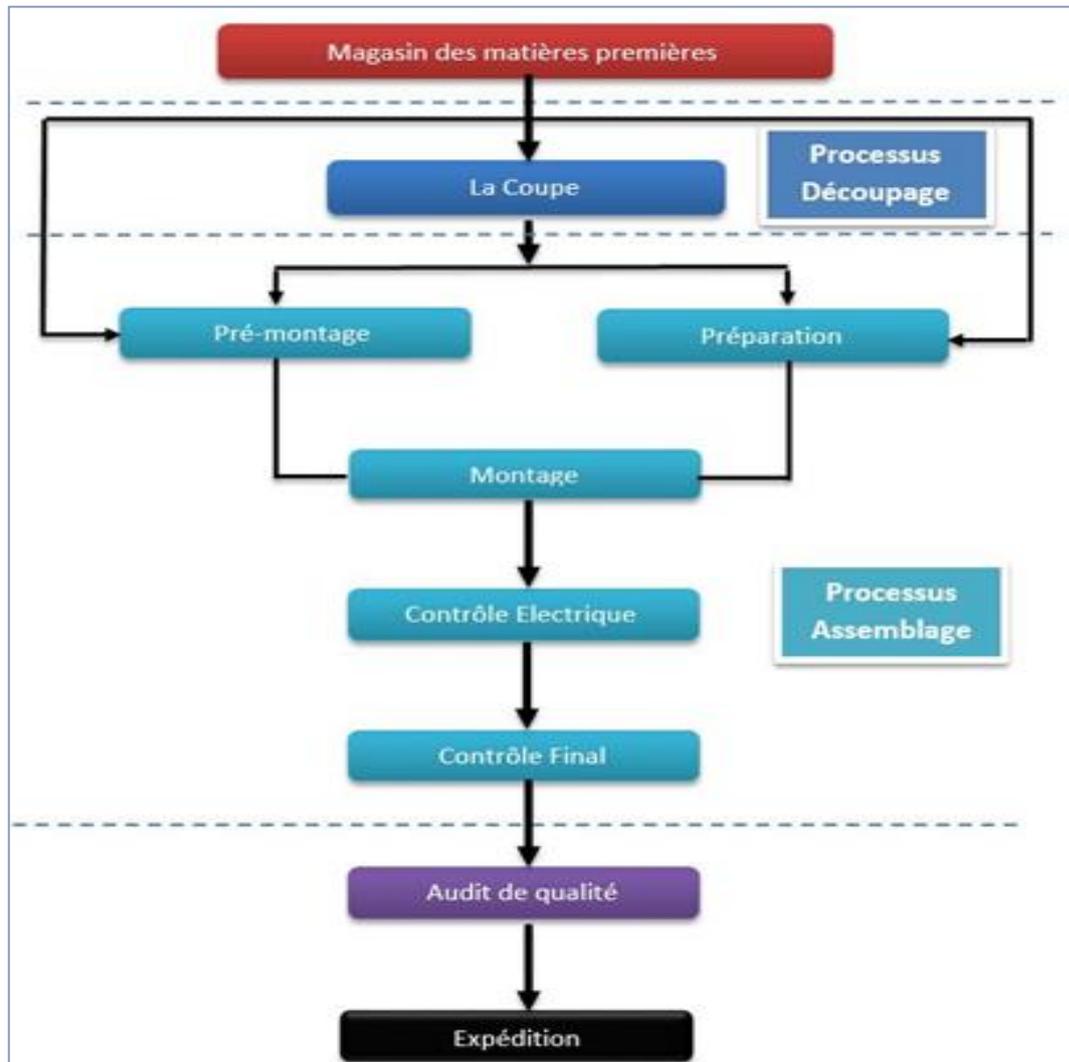


Figure 10: Processus de fabrication des faisceaux électriques au sein de SEWS-Maroc

- **SUB** : « sertissage manuelle » c'est conçue pour faire les tâches qu'elles s'estiment non réalisables par les machines de coupe comme le sertissage des fils de grandes sections et le sertissage des connexions de grande taille après être coupé et dénudé en CST.
- **SPLICE** : « épissurage ultra sonique » là où se passe le soudage des fils électriques suivant la demande du faisceau.

➤ **Pré-montage :**

Pour faciliter le travail, le faisceau électrique est décomposé en plusieurs sous-éléments réalisés séparément dans des postes de pré-montage.

➤ **Assemblage :**

Cette opération consiste à assembler plusieurs fils servis par le Kitter du Kanban en les connectant à des connecteurs et à habiller les troncs de fils par des gaines, des agrafes et des

passes fils. Elle se fait généralement sur des carrousels formés de plusieurs planches fixées sur un support roulant et tournant avec une vitesse et un temps programmé appelé : « le Takt time ». A tour de rôle, chaque opérateur met un ensemble de fils dans sa propre place en respectant le « Board plot » sur la planche et ainsi de suite jusqu'à l'assemblage d'un faisceau complet.

➤ **Contrôle qualité :**

Pour faire ce test, il y a des appareils, appelés Banc Off Line, sur lesquelles on trouve les emplacements de chaque connexion du faisceau comme sur le véhicule à laquelle il est destiné. En montant le faisceau sur un B.O.L, le logiciel superviseur donne la commande pour passer par plusieurs phases de test (selon la référence du faisceau) comme le test de continuité, des fusibles.

➤ **Contrôle final :**

C'est une opération faite par des opérateurs qui consiste à comparer le faisceau avec un autre faisceau exemplaire (Référence).

➤ **Audit :**

C'est un test fait visuellement par le département qualité qui vérifie le dimensionnement ainsi que toute anomalie non détectable par les autres tests comme l'excès d'enrubannage, le manque d'une pièce auxiliaire, les connecteurs cassés.

➤ **Emballage :**

Cette opération vise à positionner le faisceau dans un contenant normalisé (Carton, bague plastique...) afin de le protéger et de faciliter sa manutention chez le client final.

➤ **Expédition :**

A la fin de la chaîne on rassemble tous les cartons qui ont un visa du service qualité en termes de quantité et de qualité, afin de les expédier vers les clients.

Conclusion

Dans ce premier chapitre, nous avons mené une présentation de la société accueillante suivie d'une description détaillée du processus de fabrication des faisceaux électriques.

Dans ce qui suit, nous allons entamer notre étude du projet par une analyse de la problématique posée et de la situation existante.

Cadre général et analyse fonctionnelle du projet

Chapitre 2

Dans ce chapitre, nous allons présenter au cher lecteur le cadre général de notre projet avant d'aborder une analyse fonctionnelle répondant à notre problématique pour arriver enfin à exprimer la raison derrière le changement du mode opératoire.

I. Cadre général du projet

Cette partie du rapport constituera le cadre générale de ce projet réalisé au sein du service maintenance à la zone de coupe CST. La problématique et les objectifs visés seront clarifiés sous forme d'un cahier de charge.

Par la suite nous allons identifier la démarche adéquate pour résoudre la problématique et finalement nous allons élaborer sa planification.

I.1 Problématique

Aujourd'hui les entreprises cherchent à augmenter leur productivité, tout en assurant une disponibilité maximale de leurs moyens de production, ce qui met en relief l'importance de la maintenance. Une amélioration des conditions de travail des opérateurs peut faire l'affaire et servir à atteindre cet objectif. C'est dans ce contexte où s'oriente notre projet de fin d'études réalisé au sein du service maintenance de la société SEWS-Maroc Kenitra, et s'étalant sur une période de 4 mois allant du 01 Mars 2017 au 30 Juin 2017, plus précisément dans la zone de coupe CST et qui, constitue une zone pilier dans le processus de production des faisceaux électriques automobiles. Notre mission principale durant cette période est: « Automatisation du fonctionnement de la goulotte rétractable de la machine de coupe des câbles »

Pour décrire d'une manière claire et structurée notre problématique, nous avons utilisé l'outil QQQQCP défini dans le tableau 6.

I.2 Cahier de charge du projet

L'élaboration de cahier des charges a pour but de bien définir le besoin du client, les objectifs que nous voulons atteindre et les contraintes imposées par l'organisme d'accueil.

❖ Expression du besoin

La transformation d'une opération manuelle de récupération des câbles sertis contenus dans la goulotte rétractable à une opération automatique afin d'améliorer l'efficacité de l'équipement et apaiser le travail de l'opérateur.

❖ Auteurs du projet

- *Maitre d'ouvrage* : SEWS-Maroc Kenitra, une entreprise de câblage automobile.
- *Maitre d'œuvre* : La Faculté des Sciences et Techniques de Fès, département Génie Industriel, filière Ingénierie en Mécatronique, représenté par HIMDI Karam et sous l'encadrement de :
 - Mr. LEKHLILI Abdelhalim : Responsable département maintenance de la zone de coupe CST.

- Mme Rzine Bouchra, enseignante à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès.

QOOQCP	Question à poser	Cible
Quoi ? Description de l'activité de la tâche ou du problème	C'est quoi le problème ?	<ul style="list-style-type: none"> - L'opérateur trouve des difficultés pour tirer manuellement la goulotte rétractable contenant les fils sertis surtout lorsqu'il s'agit de câbles de grandes sections. - La goulotte actuelle présente un risque de blessure pour l'opérateur à cause de sa géométrie.
	Quelles sont les conséquences ?	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessité d'un effort supplémentaire de la part de l'opérateur. - Diminution de l'efficacité du travail de l'opérateur.
	Quel équipement concerné par le problème ?	- Goulotte rétractable de la machine de coupe KOMAX.
Qui ? Description des parties prenantes concernées.	Qui est concerné par le problème ?	- Département de maintenance.
Où ? Description des lieux	Où apparaît le problème ?	- Zone de coupe CST.
Quand ? Description des temps	Quand apparaît le problème ?	- Lors de récupération des câbles après sertissage.
Comment ? Description de la manière ou de la méthode.	Comment se produit le problème ?	- L'opérateur tire manuellement la goulotte rétractable.
Pourquoi ? Description des raisons, des causes, des objectifs.	Pourquoi résoudre le problème ?	<ul style="list-style-type: none"> - Améliorer l'efficacité de l'équipement. - Faciliter la tâche de l'opérateur. - Augmenter la productivité.

Tableau 6: Méthode QOOQCP

❖ Contexte pédagogique :

Ce projet s'inscrit dans le cadre de projet industriel de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état, spécialité Ingénierie en Mécatronique délivré par la Faculté des Sciences et Techniques de Fès.

❖ Limite du sujet :

Lieu : La zone de coupe CST

Durée : 4 mois (du 01 Mars 2017 au 30 Juin 2017)

❖ Contraintes imposées par SEWS-Maroc :

Avant de commencer notre analyse, il faut prendre en considération les exigences imposées par l'équipe de maintenance et le milieu de fonctionnement qui sont :

- L'encombrement : Le nouveau dispositif doit présenter un encombrement minimal pour permettre un travail aisé de l'opérateur.
- L'énergie pour commander la goulotte est imposée : pneumatique.
- La distance de déplacement de la goulotte : 1000mm.
- Masse de la goulotte : La goulotte sort en charge et sa masse peut atteindre environ 45Kg.

La goulotte revient à vide et sa masse est aux environs de 5Kg.

❖ La constitution du groupe de travail :

Le groupe de travail est constitué de :

- Responsable maintenance.
- Les techniciens de la zone CST.
- Les opérateurs de la zone CST.

❖ Objectif du projet

Nous allons nous intéresser dans notre projet à la goulotte rétractable depuis l'admission des câbles jusqu'à leur récupération par l'opérateur.

Notre objectif est de proposer une solution simple, à coût minimal et assurant le minimum d'encombrement permettant de changer le mode de fonctionnement de la goulotte du manuel à l'automatique.

I.3 Démarche du projet

La démarche que nous allons adopter pour l'accomplissement de notre mission est la suivante :

- Analyse fonctionnelle
 - ✓ Analyse fonctionnelle externe.

- ✓ Analyse fonctionnelle interne.
- Choix de la solution adéquate
 - ✓ Inventaire des différentes solutions proposées.
 - ✓ Choix de la solution convenable.
- Conception et simulation
 - ✓ Simulation de la solution retenue sous le logiciel de simulation pneumatique FLUIDSIM.
 - ✓ Conception et simulation du fonctionnement de la solution retenue sous le logiciel CATIA V5.
- Essais et réalisation

Ainsi, pour bien s'organiser et arriver à réaliser le projet en une durée de quatre mois, nous l'avons décomposé en tâches qui doivent être accomplies dans une durée planifiée (figure 11) :



Nom	Date de début	Date de fin
• Découverte de l'organisme d'accueil	01/03/17	10/03/17
• Définition du thème du projet	13/03/17	13/03/17
• Compréhension de sujet	14/03/17	17/03/17
• Définition du cahier de charge et recherche bibliographique	20/03/17	30/03/17
• Planification du projet	31/03/17	31/03/17
• Analyse de l'existant	03/04/17	07/04/17
• Analyse fonctionnelle	10/04/17	24/04/17
• Recherche et proposition des solutions	25/04/17	28/04/17
• Choix de la solution	01/05/17	01/05/17
• Dimensionnement de la solution et choix de composants	02/05/17	19/05/17
• Conception de la partie mécanique	22/05/17	03/06/17
• Simulation de la commande du système	05/06/17	16/06/17
• Etude économique	16/06/17	21/06/17
• Essais et réalisation	23/06/17	30/06/17

Figure 11 : Planification du projet avec GANTT Projet

II. Description de l'environnement d'étude :

Avant d'entamer notre analyse, il est indispensable d'expliquer tout d'abord la situation existante en décrivant le processus de fonctionnement de notre goulotte et les différents problèmes rencontrés.

II.1 Description de la zone de travail (CST)

La zone de la coupe (CST) regroupe un ensemble des machines très performantes, la plupart de ces machines fabriquées par le constructeur KOMAX. La zone CST comporte trois zones (A, B

et D). Le tableau 7 regroupe les différentes machines existantes avec leurs références divisées sur les trois zones mentionnées précédemment.

Zone	KOMAX	Référence
A	Alpha 455	A01, A02, A03, A04, A05, A06, A07, A11, A12
	Alpha 477	A08, A09, A10
B	Alpha 455	B08, B10, B11, B12, B13, B14, B15, B16
	Alpha 488 S	B01, B02, B03, B04, B05, B06, B07
	Alpha 433 S	B03
D	Alpha 455	D01, D02, D03, D04, D05, D06, D07, D08, D09, D10
	Alpha 433 H	D04, D12, D13
	Alpha 433 S	D14, D15

Tableau 7: Machines KOMAX des différentes zones de la CST

II.2 Description des machines KOMAX [1]

Dans cette partie, on va se contenter d'une description des machines Alpha 455 et Alpha 433S, les deux types de machines dont notre sujet tourne autour.

➤ KOMAX Alpha 433H

La machine de sertissage automatique Alpha 433 (figure 12) est basée sur une technologie robuste et établie. Il est conçu pour le traitement des conducteurs individuels jusqu'à 16mm², ainsi que deux connexions à sertir.



Figure 12: KOMAX Alpha 433H

Les applications de cette machine sont illustrées sur la figure 13.

Coupe		Coupe double gaine/Coaxial	
Demi-bande		Câble plat/encocheuse	
Bande complète		Traitement de conducteur intérieur	
Bande intermédiaire		Fin fil solidification/soudage	
Twisting/étamage		Marquage timbre chaud	
Sertissage		Marquage au jet d'encre	
Double sertissage			

Figure 13: Applications de la machine alpha 433H

➤ **KOMAX Alpha 455**

La KOMAX Alpha 455 de sertissage automatique (figure 14) est spécialement conçu pour la production juste-à-temps. Les temps d'arrêts deviennent cruciaux pour les entreprises qui produisent relativement petits lots de production nécessitant des conversions fréquentes de la machine.



Figure 14: KOMAX Alpha 455

Les applications de cette machine sont illustrées sur la figure 15.

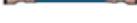
Coupe		Coupe double gaine/coaxial	
Demi-bande		Couper tirer brins/précision coupe	
Bande complète		Insertion manches	
Bande intermédiaire		Sertissage de virole	
Twisting/étamage		MIL-sertissage	
Sertissage		Fin de solidification	
Cycle de split pour le baril fermé		Marquage à timbre chaud	
Double sertissage		Marquage au jet d'encre	

Figure 15: Applications de la machine alpha 455

II.3 Fonctionnement de la goulotte rétractable et des problèmes rencontrés

Les machines de coupe de la zone en question sont conçues pour réaliser le découpage, le dénudage et le sertissage automatique des câbles. Après avoir subi ces opérations, les fils tombent dans la goulotte basculante (1), et ensuite dans la goulotte rétractable (2) suite à une commande de l'opérateur (l'opérateur clique sur un bouton pour commander la goulotte basculante (1) qui s'incline à l'aide d'un vérin pneumatique et vide son contenu dans la goulotte rétractable (2)). Lorsque la goulotte rétractable (2) contient les câbles, elle se trouve au fond ; de ce fait, l'opérateur est obligé de la tirer manuellement vers lui pour récupérer les câbles et les ranger par la suite afin qu'ils soient exploités dans les autres zones (figure 16).

L'opérateur doit effectuer un effort manuel de plus, chose qui devient plus difficile lorsqu'il s'agit de câbles de grandes sections, la masse totale de la goulotte (2) pouvant atteindre les 45 Kg, ce qui peut influencer sur ses performances pendant ses heures de travail.

De plus la pièce (3) constitue un danger permanent pour l'opérateur qui peut lui causer des blessures au niveau de sa tête s'il s'incline par exemple pour ramasser quelque chose par terre et il souhaite se mettre debout à nouveau.

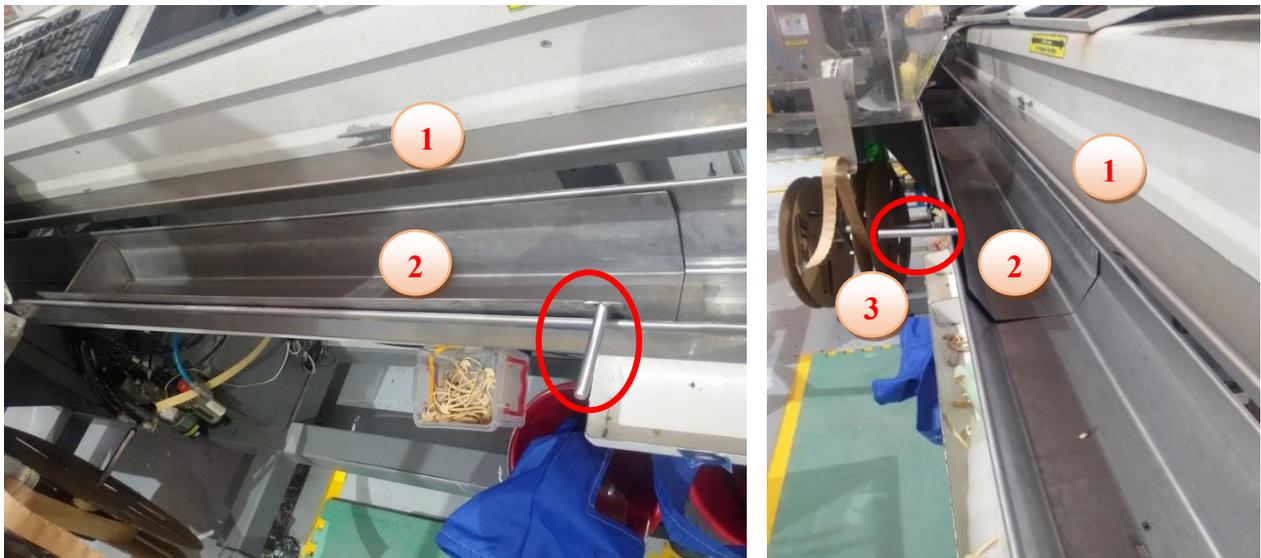


Figure 16: KOMAX Alpha 455

Pour toutes ses raisons, le service maintenance a jugé nécessaire d'établir des améliorations au niveau de ces machines afin de garantir une bonne productivité et de bonnes conditions de travail

III. Analyse fonctionnelle de la goulotte rétractable [2]

L'analyse fonctionnelle est une démarche qui consiste à analyser un système en l'examinant aussi bien de l'intérieur que de l'extérieur afin de porter une attention particulière aux interactions entre ses différents éléments et l'environnement. De ce fait, cette démarche constitue un excellent instrument d'analyse permettant d'identifier et de caractériser les fonctions offertes par notre système, dans le but de satisfaire les exigences du cahier des charges.

Dans cette analyse, nous allons essayer de traduire le cahier des charges introduit précédemment en fonctions de service que le système doit assurer.

Pour mener à bien cette analyse, on suivra les étapes suivantes décrites sur la figure 17 :

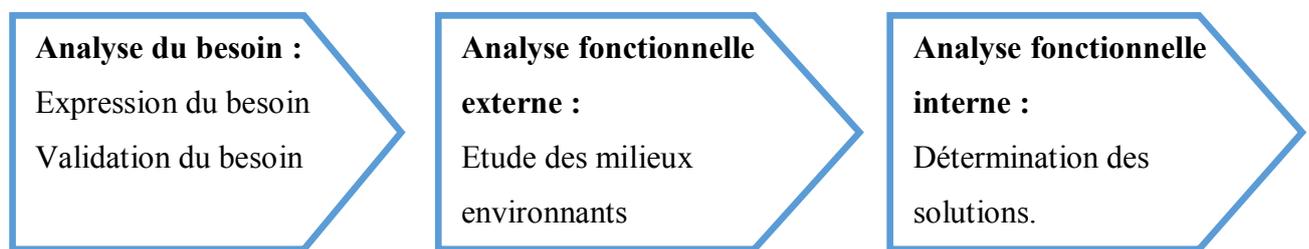


Figure 17: Etapes d'une analyse fonctionnelle

III.1 Analyse du besoin de la goulotte rétractable

Il s'agit d'exprimer le besoin derrière l'étude de ce projet avant de passer par la suite à la validation de l'existence de ce besoin.

III.1.1 Expression du besoin

Souvent les acteurs d'un projet privilégient des solutions déjà connues sans analyser concrètement le besoin qui justifie le projet. Il convient donc d'exprimer le besoin et rien que le besoin dès le lancement d'un projet, car un projet n'a de sens que s'il satisfait le besoin. Pour ce faire, nous allons nous en servir du diagramme Bête à cornes de la figure 18 :

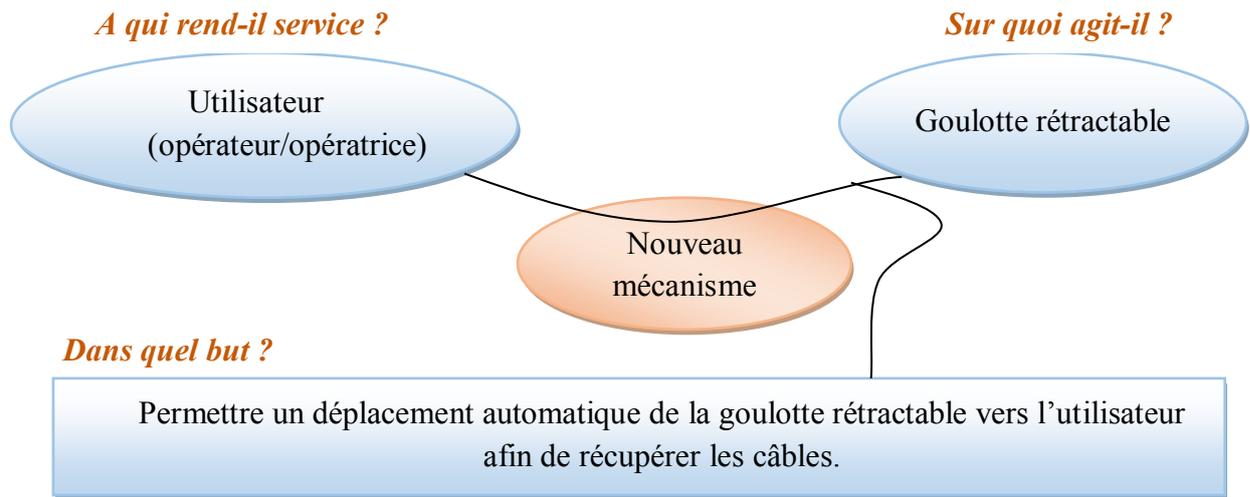


Figure 18: Diagramme Bête à cornes

III.1.2 Validation du besoin

Pour valider notre besoin, nous devons répondre aux questions présentés dans le tableau 8:

Questions	Réponses
Pourquoi le produit existe-t-il ?	Pour automatiser le déplacement de la goulotte rétractable et faciliter le travail de l'opérateur par la suite.
Pourquoi le besoin existe-t-il ?	<ul style="list-style-type: none"> - Le processus manuel est exhaustif pour la main d'œuvre. - L'opérateur trouve des difficultés pour tirer la goulotte ce qui influence la productivité.
Qu'est ce qui pourrait faire évoluer le besoin ?	<ul style="list-style-type: none"> - Le processus manuel est fatiguant. - Le nouveau dispositif améliorera les performances du poste, les conditions de travail et par la suite la productivité.
Qu'est ce qui pourrait faire disparaître le besoin ?	<ul style="list-style-type: none"> - Non maintenabilité du nouveau dispositif - La chute de la production - Le rendement du nouveau dispositif inférieur aux attentes. - La non disponibilité des pièces de rechange

Tableau 8: Questionnaire de validation du besoin

Conclusion

De l'analyse qui précède, il est tout à fait possible d'achever les performances attendues pour le nouveau dispositif alors que les problèmes pouvant empêcher la pérennité du besoin sont négociables. Nous pouvons donc conclure sans prendre trop de risques que le besoin est validé.

III.2 Analyse fonctionnelle externe

L'analyse fonctionnelle externe a pour objectif l'expression du vrai besoin du client en termes de fonctions qu'il faut rechercher, regrouper, valider, ordonner et caractériser et hiérarchiser.

III.2.1 Diagramme Pieuvre

Le diagramme pieuvre met en évidence les relations entre les différents éléments du milieu environnant et le produit. Ces différentes relations sont appelées les fonctions de service qui conduisent à la satisfaction du besoin : Permettre un déplacement automatique de la goulotte rétractable vers l'utilisateur afin de récupérer les câbles.

Suivant les objectifs de la conception et le niveau de précision recherché, nous pouvons définir plusieurs phases de vie pour un produit. Ces phases sont les suivantes :

- Conception et fabrication
- Utilisation normale
- Maintenance

Pour identifier les fonctions du milieu extérieur lors de ces différentes phases de vie, nous allons établir des diagrammes Pieuvre relatifs à chaque phase de vie.

➤ *Pieuvre de la phase de conception et fabrication*

Durant cette phase, le nouveau système est en liaison avec les éléments extérieurs suivants : Matière première, délai d'étude, fournisseur, coût, normes et règlements, cahier des charges (figure 19).

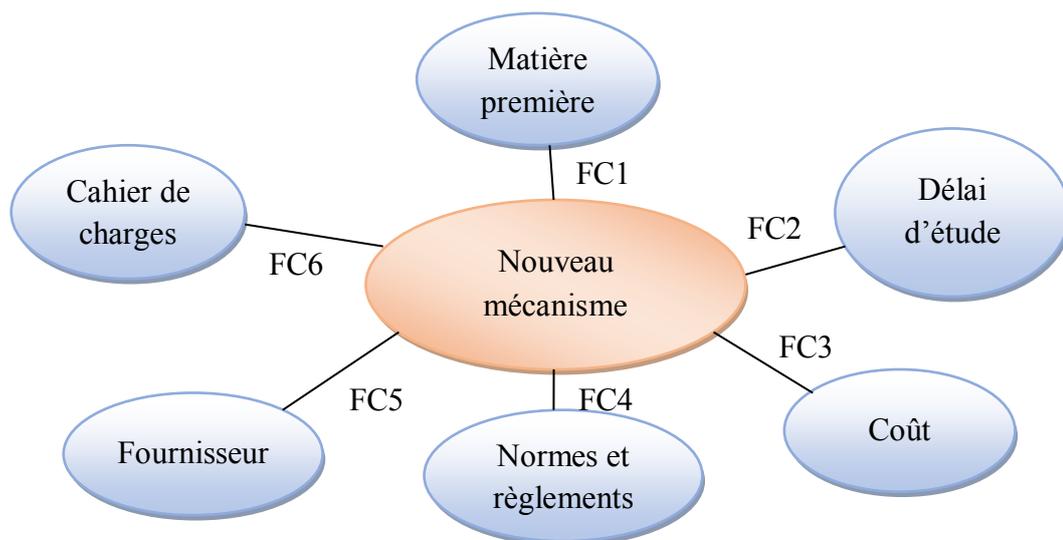


Figure 19: Diagramme Pieuvre-phase conception

Lors de la phase de conception/fabrication, notre système doit assurer les fonctions suivantes :

- FC1 : Utiliser une matière première disponible.
- FC2 : Respecter le délai d'étude.
- FC3 : Utiliser les composants standards.
- FC4 : Concevoir à coût optimal.
- FC5 : Respecter les normes et les règlements.
- FC6 : Satisfaire le cahier des charges initial.

➤ *Pieuvre de la phase d'utilisation normale*

Dans cette phase, le nouveau système est en liaison avec les éléments extérieurs suivants : Opérateur, goulotte rétractable, câble, environnement, maintenance, alimentation, sécurité (figure 20) :

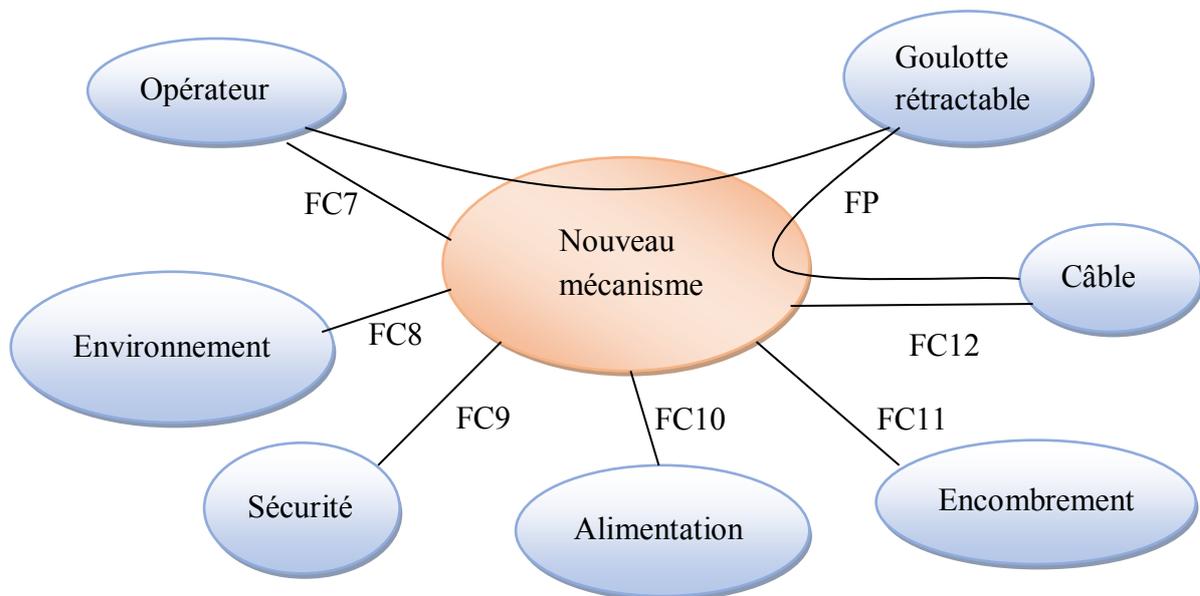


Figure 20: Diagramme Pieuvre-fonctionnement normal

Lors de ce mode de fonctionnement, notre système doit assurer les fonctions suivantes :

- FP : Permettre de déplacer la goulotte rétractable vers l'opérateur afin de récupérer les câbles
- FC7 : Faciliter la tâche de l'opérateur
- FC8 : Résister aux conditions climatiques : humidité, température...
- FC9 : Pouvoir fonctionner tout en assurant la sécurité de l'opérateur
- FC10 : Assurer l'alimentation du mécanisme proposée
- FC11 : Être moins encombrant
- FC12 : Permettre une récupération aisée des câbles.

➤ *Pieuvre de la phase de maintenance*

Durant cette phase, le nouveau système en liaison avec les éléments extérieurs suivants : Technicien, Pièces de rechange, Outils d'interventions (figure 21) :

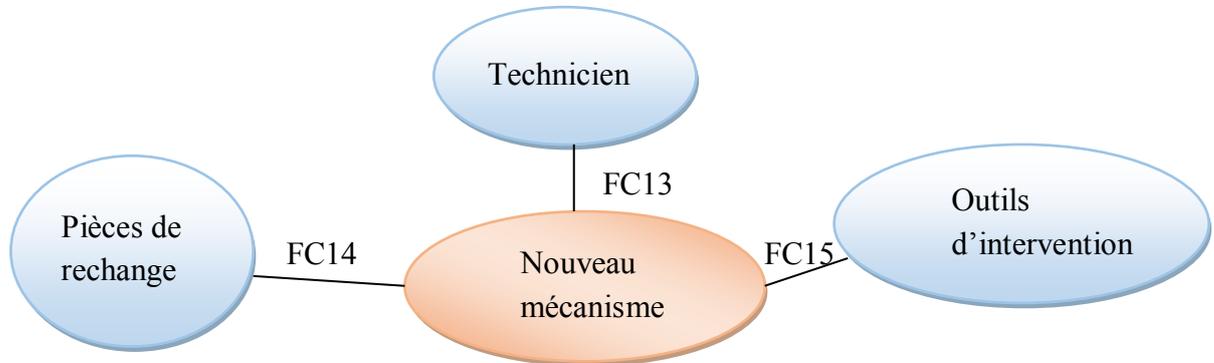


Figure 21: Diagramme Pieuvre-phase de maintenance

Lors d'une intervention de la maintenance, notre système doit assurer les fonctions suivantes:

- FC13: Permettre au technicien une intervention aisée et limitée dans le temps.
- FC14 : Contenir des pièces facilement interchangeables.
- FC15 : Etre facilement entretenu avec des outils standards.

III.2.2 Hiérarchisation des fonctions

La hiérarchisation des fonctions se fait par rapport à l'utilisateur. Ce dernier (ou le client final) n'accordera pas la même importance à toutes les fonctions. Il s'agit donc de quantifier le degré d'importance des différentes fonctions. Pour cela, nous allons nous en servir de la matrice tri-croisée qui permet de classer les fonctions par ordre d'importance décroissant.

Le principe de la matrice de tri-croisée est expliqué comme suit :

- Confrontation systématique, successive, de chaque fonction vis-à-vis de chacune des autres
- Classement par supériorité en termes d'importance (ex : $F2 > F1$)
- Sommation des « notes » obtenues par chaque fonction.

Après avoir établi la matrice tri-croisée (annexe 1), nous avons reporté les résultats trouvés dans le tableau 9 :

Fonctions

FP	Permettre de déplacer la goulotte rétractable vers l'opérateur afin de récupérer les câbles
FC9	Pouvoir fonctionner tout en assurant la sécurité de l'opérateur
FC11	Être moins encombrant
FC6	Satisfaire le cahier des charges initial.
FC10	Assurer l'alimentation du mécanisme proposée
FC5	Respecter les normes et les règlements
FC2	Respecter le délai d'étude
FC4	Concevoir à coût optimal
FC7	Faciliter la tâche de l'opérateur
FC8	Résister aux conditions climatiques : humidité, température...
FC12	Permettre une récupération aisée des câbles
FC14	Contenir des pièces facilement interchangeables
FC13	Permettre au technicien une intervention aisée et limitée dans le temps
FC15	Etre facilement entretenu avec des outils standards
FC3	Utiliser les composants standards
FC1	Utiliser une matière première disponible

Tableau 9: Hiérarchisation des fonctions

III.3 Cahier de charges fonctionnel

Il s'agit d'un document par lequel nous pouvons exprimer le besoin en termes de fonctions de service. Pour chacune des fonctions nous avons défini les critères d'appréciations et leurs niveaux de flexibilité, tel que :

- ✓ *Le critère d'appréciation d'une fonction* est le caractère retenu pour apprécier la manière dont une fonction est remplie ou une contrainte est respectée.
- ✓ *Le niveau d'un critère d'appréciation* est la grandeur repérée dans l'échelle adoptée, pour un critère d'appréciation d'une fonction. Cette grandeur, peut être celle recherchée en tant qu'objectif ou celle atteinte pour une solution proposée.
- ✓ *La flexibilité du niveau d'un critère d'appréciation* est l'ensemble des indications exprimées par le demandeur sur les possibilités de moduler le niveau recherché pour un critère d'appréciation.

Nous pouvons représenter la flexibilité par des chiffres ou d'une façon littéraire "Classe" :

- Flexibilité nulle (F0): niveau impératif.
- Flexibilité faible (F1): niveau peu négociable.

- Flexibilité moyenne (F2): niveau négociable.

Le cahier de charges fonctionnel résumé dans le tableau 10, a été mené en collaboration avec l'équipe de travail.

III.4 Analyse fonctionnelle interne

L'analyse fonctionnelle interne permet de faire la liaison entre l'analyse du besoin (qui reste loin des solutions technologique), et la conception détaillée qui met le point sur les détails techniques du système.

III.4.1 Analyse fonctionnelle descendante

Ce type d'analyse permet de modéliser et de décrire graphiquement des systèmes notamment les flux de matière d'œuvre (produit, énergie, information ...).

Nous avons établi un diagramme SADT A-0 afin de déterminer les entrées et les sorties de notre système (figure 22)

Fonctions de service	Critère	Niveau	Flexibilité	
			Tolérance	Classe
FP : Permettre de déplacer la goulotte vers l'opérateur afin de récupérer les câbles	Géométrie de la goulotte	940*150*135 (mm)		F0
	Masse à déplacer	$5\text{kg} \leq M \leq 45\text{kg}$	$\pm 2 \text{ kg}$	F2
	Distance à parcourir	Course:1000mm	10 mm	F1
	Vitesse de déplacement	$50 \text{ mm/s} \leq v \leq 600 \text{ mm/s}$	$\pm 2\%$	F1
FC11 : Etre moins encombrant	Espace disponible	1m*0.5m*0.2m		F1
FC12 : Pouvoir fonctionner tout en assurant la sécurité des opérateurs	Coefficient de sécurité	Maximal		F0
FC10: Assurer l'alimentation du nouveau dispositif	Energie pneumatique	P = 6 bars		F0
FC6 : Satisfaire le cahier des charges initial.	Améliorer l'existant			F1

Tableau 10: Cahier des charges fonctionnel

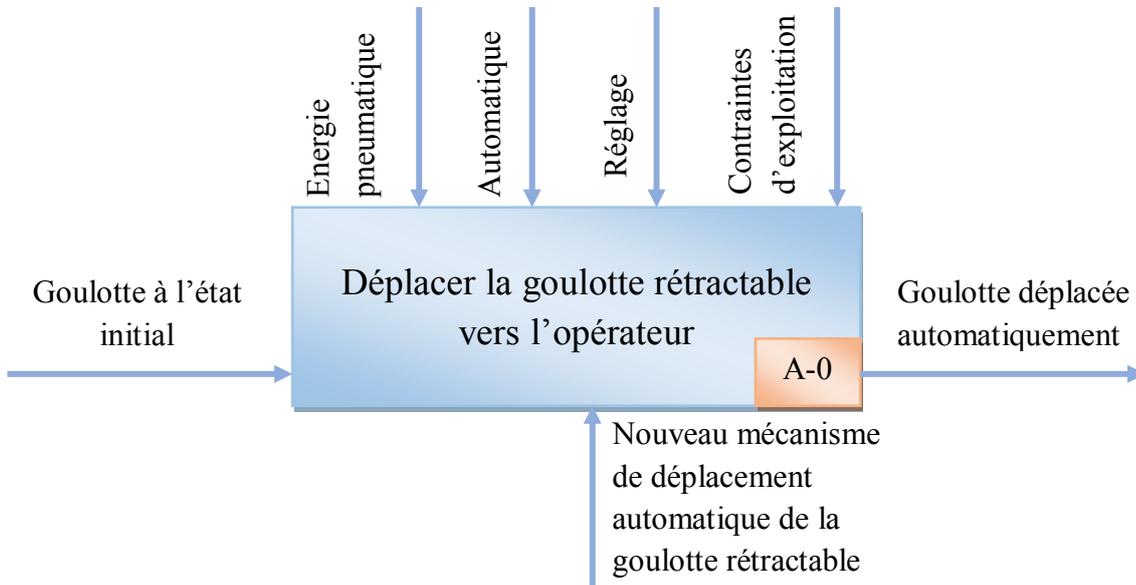


Figure 22: Diagramme SADT A-0

III.4.2 Analyse fonctionnelle technique

Un diagramme FAST présente une traduction rigoureuse des fonctions de service en fonctions techniques, puis matériellement en solutions constructives.

Le diagramme FAST se construit de gauche à droite, dans une logique du comment, et de droite à gauche, dans une logique du pourquoi, comme illustre la figure 24.

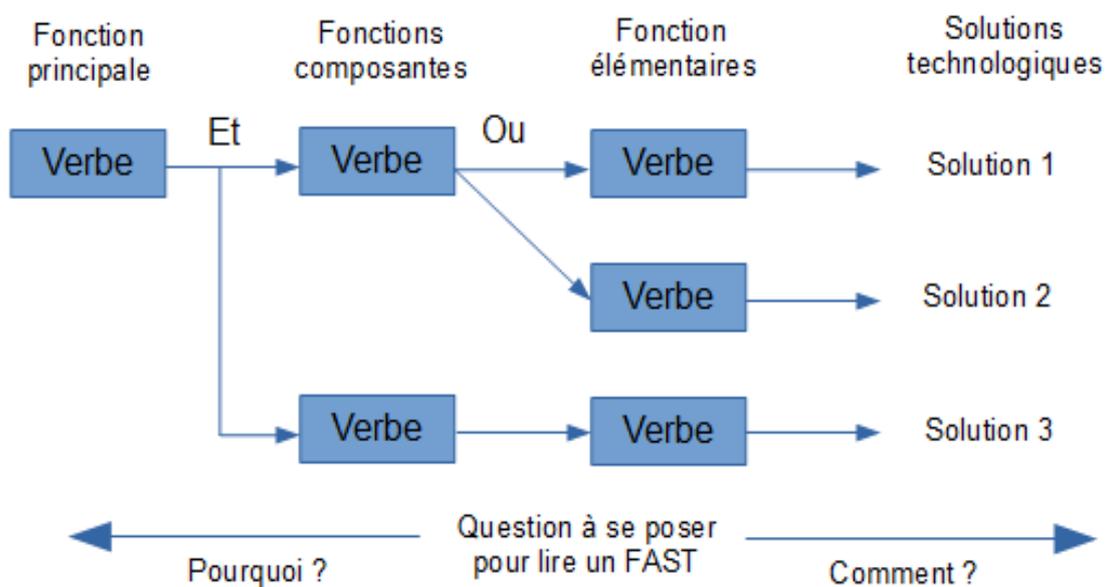


Figure 23: Diagramme FAST

Le diagramme FAST va nous permettre de poser les solutions technologiques possibles par déduction à partir des fonctions principales (annexe 2).

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons entamé notre étude par une mise en situation de la problématique. Ensuite, nous avons présenté une analyse du besoin qui nous a permis de cadrer notre nouveau système automatisé. Puis, nous avons élaboré une analyse fonctionnelle du milieu extérieur en relation avec le produit dans ces différentes phases de vie. Nous avons ensuite mené une analyse fonctionnelle interne ayant pour objectif d'extraire les différentes solutions technologiques possibles correspondantes à notre fonction principale :

« Permettre de déplacer la goulotte rétractable vers l'opérateur afin de récupérer les câbles »

Choix de la solution adéquate

Chapitre 3

Dans ce chapitre, nous allons étudier les différents systèmes proposées issus des solutions technologiques établies précédemment pour arriver en fin de compte à choisir le système le plus adéquat.

I. Différents systèmes proposés

Dans cette partie, nous allons traiter les différents systèmes pouvant accomplir la fonction principale de notre nouveau système automatisée : « Permettre de déplacer la goulotte rétractable vers l'opérateur afin de récupérer les câbles » afin d'aboutir à la solution la plus convenable.

I.1 Différents systèmes proposés

Après avoir établi des recherches sur les différentes solutions techniques tirées à partir du diagramme FAST, les systèmes proposés sont les suivants :

I.1.1 Premier système proposé

Il est à base d'un système pignon crémaillère mis en mouvement à l'aide d'un vérin rotatif.

Un vérin rotatif est un dispositif qui transforme l'énergie pneumatique absorbée en un mouvement de rotation sur son arbre de sortie. L'annexe 4 explique plus en détail son fonctionnement.

Ce vérin sera couplé avec un système pignon crémaillère (ce système est explicité dans l'annexe 5) à l'aide d'une clavette, qui n'est autre qu'une pièce qui a pour fonction de lier en rotation deux pièces (liaison de moyeux).

La figure 24 illustre la manière de montage de la clavette pour rendre solidaire l'arbre de sortie du vérin et le pignon.

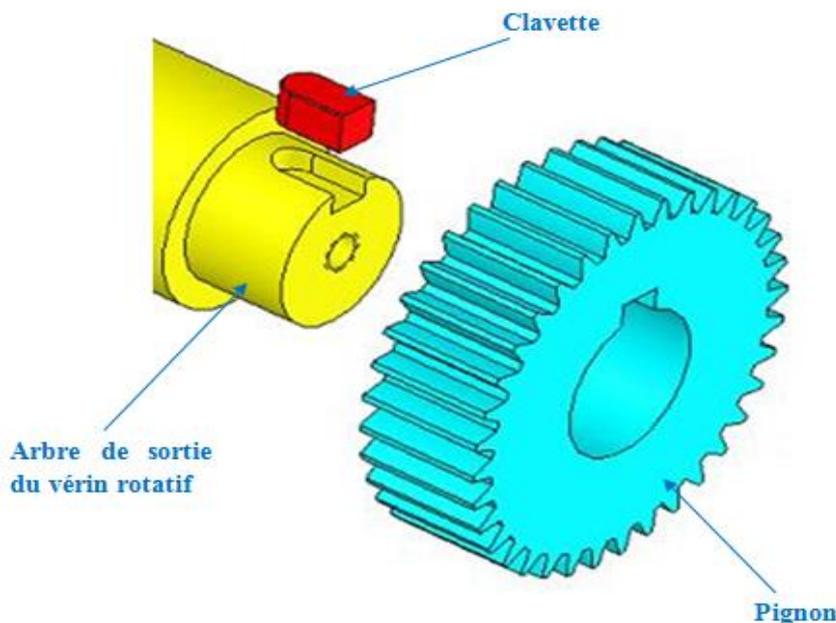


Figure 24: Assemblage de l'arbre du vérin rotatif et le pignon à l'aide d'une clavette

Après avoir maintenu solidaires l'arbre de sortie du vérin rotatif et le pignon, on alimente le vérin par de l'air comprimé de pression P . Cette pression développe une force agissant sur la

surface du piston. Cette force est transformée par la suite en un couple sur l'arbre de sortie du vérin. Etant solidaire à l'arbre de sortie par une clavette, le pignon se met à tourner et entraîne la crémaillère en translation à la vitesse V (figure 25). La goulotte rétractable se met à se déplacer avec même vitesse V vue qu'elle est solidaire à la goulotte rétractable par des vis de fixation. La crémaillère et la goulotte constituent donc une seule unité se mettent à translater à la fois afin de transporter les câbles vers l'opérateur.

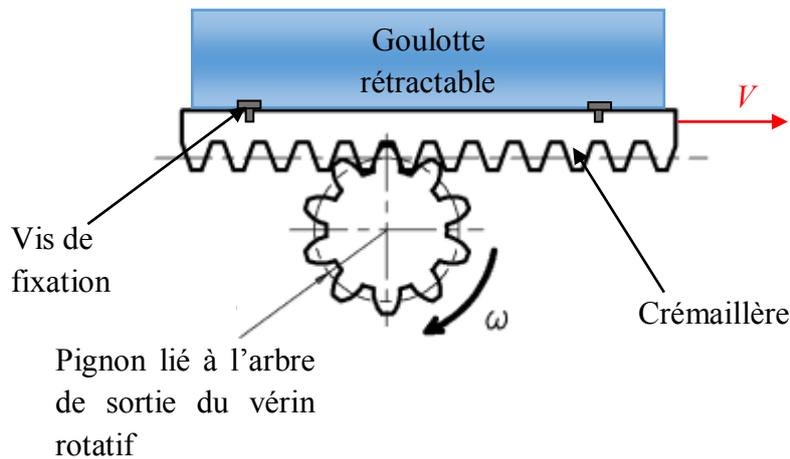


Figure 25: Schéma explicatif du fonctionnement du premier système

Après avoir défini le premier système, on étudiera par la suite sa conformité avec notre cahier de charge initial. Pour cela, nous allons chercher les dimensions du pignon. Il faudra donc calculer son diamètre :

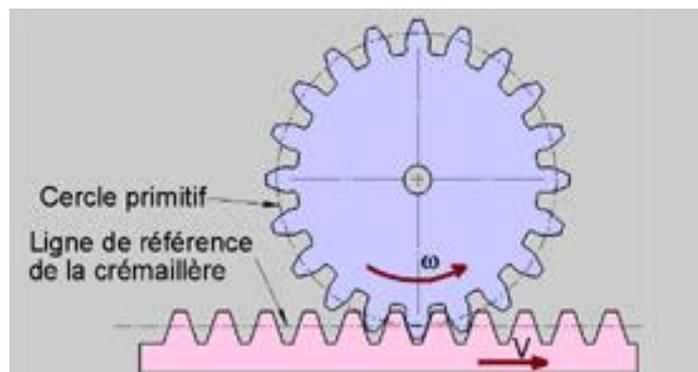


Figure 26: Dessin du système pignon-crémaillère

Soit :

D : le diamètre primitif du pignon (mm)

R : le rayon primitif du pignon (mm)

C : le déplacement de la crémaillère (mm)

θ : la rotation du pignon (rad)

V : la vitesse de déplacement de la crémaillère (m/s)

ω : la vitesse de rotation du pignon (rad/s)

Une rotation du pignon d'un angle θ engendre un déplacement de la crémaillère d'une distance C , tel que :

$$C = \frac{D}{2} \cdot \theta = R \cdot \theta \quad (1)$$

que l'on traduit également pour les vitesses par :

$$V = \frac{D}{2} \omega = R \cdot \omega \quad (2)$$

Comme on a déjà vu dans l'annexe 4, les vérins rotatifs offrent des courses (angles de rotation) qui varient de 90° , 180° , 270° et 360° .

Or le cahier de charge impose que la distance parcourue (c'est-à-dire la course) doit être égale à 1000mm. Compte tenu de cette donnée, calculons alors le diamètre du pignon à partir de l'équation (1) :

$$D = \frac{2C}{\theta}$$

Avec $C = 1000$ mm (course souhaitée)

$$D = \frac{2C}{\theta} = \frac{2000}{\theta}$$

Nous allons alors affecter à chaque fois une valeur à θ (90° , 180° , 270° et 360°) et calculer le diamètre correspondant. Les résultats des calculs sont récapitulés dans le tableau 11.

Angle de rotation du vérin rotatif	Diamètre du pignon correspondant
$\theta = 90^\circ = \pi/2$	$D \approx 1273.88$ mm
$\theta = 180^\circ = \pi$	$D \approx 636.94$ mm
$\theta = 270^\circ = 3\pi/2$	$D \approx 424.63$ mm
$\theta = 360^\circ = 2\pi$	$D \approx 318.47$ mm

Tableau 11: Différents diamètres possibles du pignon

D'après le tableau 11, il s'avère clair que même avec un vérin rotatif de course maximal ($\theta=360^\circ$), le diamètre minimal qu'on peut obtenir est de 318.47 mm soit 31.8 cm, ce qui représentera un encombrement considérable dans la machine.

Conclusion :

Malgré l'utilité de ce premier système dans la réalisation du déplacement automatique de notre goulotte rétractable, cependant, il ne respecte pas parfaitement notre cahier de charge, et surtout la condition d'un encombrement minimal. On peut dire par la suite, que cette solution sera exclue et que ce système n'est pas validé.

I.1.2 Deuxième système proposé

Le deuxième système proposé est à base d'un mécanisme came/suiveur mis en mouvement à l'aide d'un vérin double effet.

Un vérin double effet est un dispositif qui transforme l'énergie pneumatique absorbée en un mouvement linéaire de sa tige. L'annexe 6 explique plus en détails son fonctionnement.

Pour exploiter le mouvement de déplacement linéaire de la tige du vérin, on lui associera un système à came rectiligne. Le système à came est détaillé dans l'annexe 7.

La figure 27 explique de manière schématisée le fonctionnement du deuxième système.

Sur la figure 27(a), le système est à l'état initial : le vérin n'est pas encore actionné.

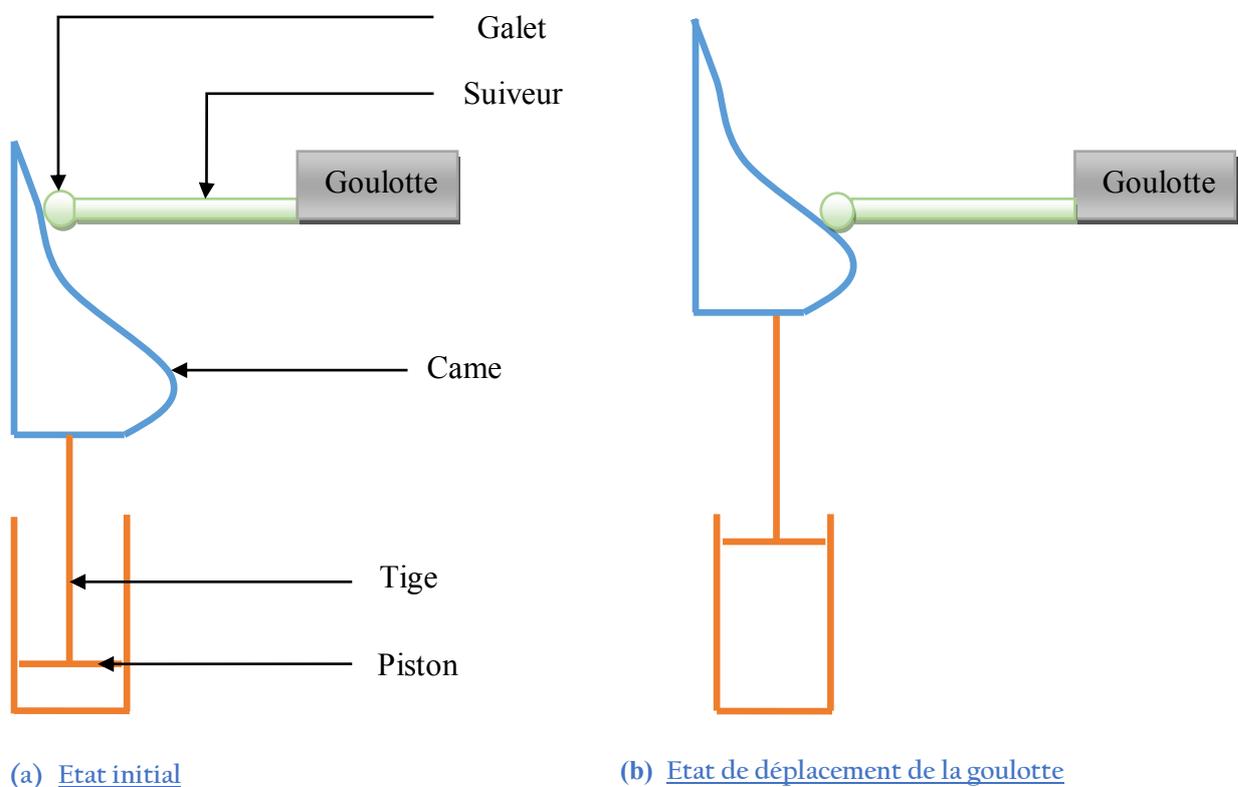


Figure 27: Schéma explicatif du fonctionnement du système 2

Sur la figure 27(b), le vérin double effet est alimenté en énergie pneumatique (air comprimé à pression $P = 6$ bars). Cette pression engendre une force sur la surface du piston et par la suite la tige sort. La came qui est fixé sur l'extrémité de la tige commence à mouvoir elle aussi et guide le suiveur grâce à son profil permet le guidage du suiveur. Ce dernier glisse sur la came et entraîne la goulotte en translation. Pour réduire le frottement, on interpose un dispositif à galet (élément roulant) entre la came et le suiveur.

La figure 34 montre les différentes positions du poussoir :

Position (a) : La came n'est pas encore mise en mouvement

Position (b) : Le vérin double effet pousse la came causant le mouvement rectiligne du poussoir.

Position (c) : Le poussoir atteint la position extrême du profil de la came.

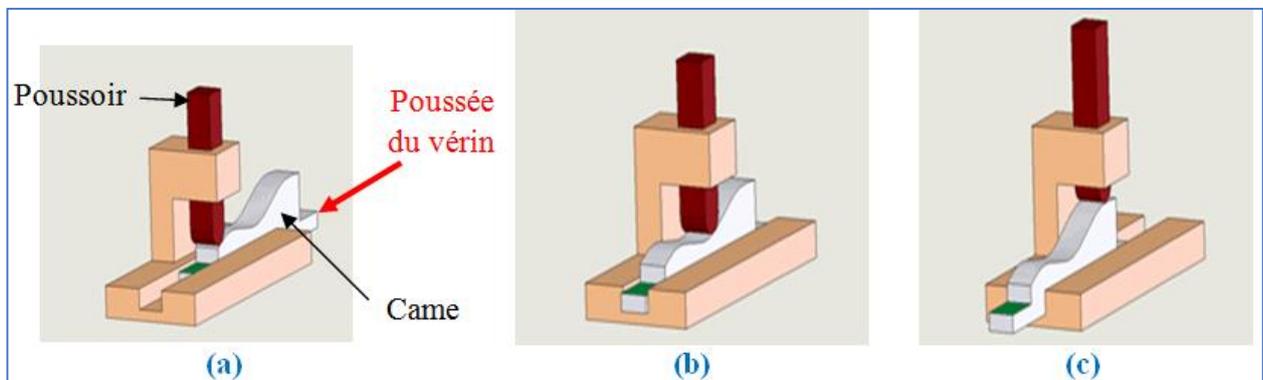


Figure 28: Différentes positions du poussoir suite à la poussée du vérin

Après avoir défini le deuxième système, on étudiera par la suite sa conformité avec notre cahier de charge initial. Pour cela, et comme approximation, négligeons la courbure au niveau du profil de la came (comme montré dans la figure 27), et remplaçant la par une ligne droite. On obtiendra par la suite la forme d'un triangle rectangle en A (figure 29)

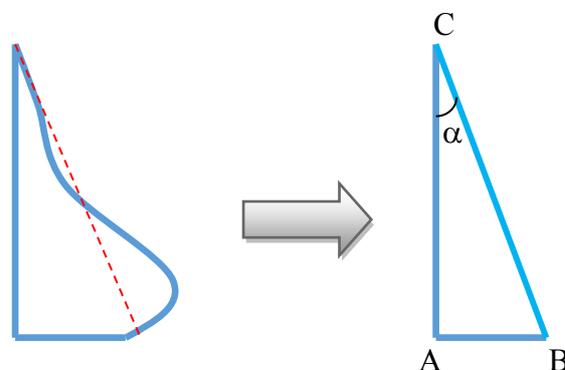


Figure 29: Approximation du profil de la came

Les dimensions de la came doivent être capables de satisfaire la course (1000 mm). En effet, ces dimensions doivent être choisies de telle sorte que le suiveur puisse déplacer la goulotte de la distance souhaitée lorsqu'il parcourt le profil de la came.

Le suiveur à galet est au point C au début. Au fur et à mesure que la tige du vérin sort, elle pousse la came et le suiveur continue son trajet jusqu'au point B.

En fin de compte, on doit obtenir le déplacement de la goulotte de 1000 mm, c'est-à-dire que la distance $AB = 1000$ mm.

Les relations suivantes relient entre les différents côtés du triangle ABC sont :

$$AB = BC \cdot \sin \alpha$$

$$AC = BC \cdot \cos \alpha$$

Nous allons alors affecter à chaque fois une valeur à α tout en fixant la longueur AB sur une valeur de la course souhaitée ($AB=1000$ mm) et on calcule à chaque fois les longueurs AC et BC afin d'aboutir aux dimensions complètes de notre came. Les résultats des calculs sont récapitulés dans le tableau 12.

Angle α (en °)	AB (en mm)	BC (en mm)	AC (en mm)
20	1000	2924	2747.6
40	1000	1562.5	1196.9
60	1000	1154.7	577.35
80	1000	1020.4	177.19

Tableau 12: Longueurs des côtés de triangle ABC

D'après le tableau, il s'avère clair que malgré l'utilisation la came ayant les dimensions les plus minimales ($1000 \times 1020.4 \times 177.19$), cela n'empêche pas de considérer le système comme étant encombrant.

Conclusion :

Malgré l'utilité de ce deuxième système dans la réalisation du déplacement automatique de notre goulotte, cependant, il ne respecte pas parfaitement notre cahier de charge, et surtout la condition d'un encombrement minimal. De plus, même les vérins double effet standards ne permettent pas de grandes courses (annexe 3).

On peut dire par la suite, que cette solution sera exclue et que ce système n'est pas validé.

I.1.3 Troisième système proposé

Le choix de solution devient restreint. En effet, trouver un système assurant un encombrement minimal, commandé avec une énergie pneumatique et surtout offrant la course souhaitée (1000mm) limite notre périmètre de recherche de solutions.

Cependant, après des recherches dans les catalogues des constructeurs, on a abouti à un troisième système à base d'un vérin sans tige.

Ce sont des vérins pneumatiques qui possèdent l'avantage d'un encombrement réduit. Ces vérins peuvent avoir de grandes courses. Il présente des avantages importants, notamment dans la manutention de pièces relativement légères, sur des distances importantes, en éliminant le risque de flambage des tiges de vérins classiques. Un exemple est présenté sur la figure 30.

L'annexe 3 présente une classification fonctionnelle des vérins, c'est-à-dire les caractéristiques des différents types de vérins entre autre le vérin sans tige, et leurs domaines d'application.

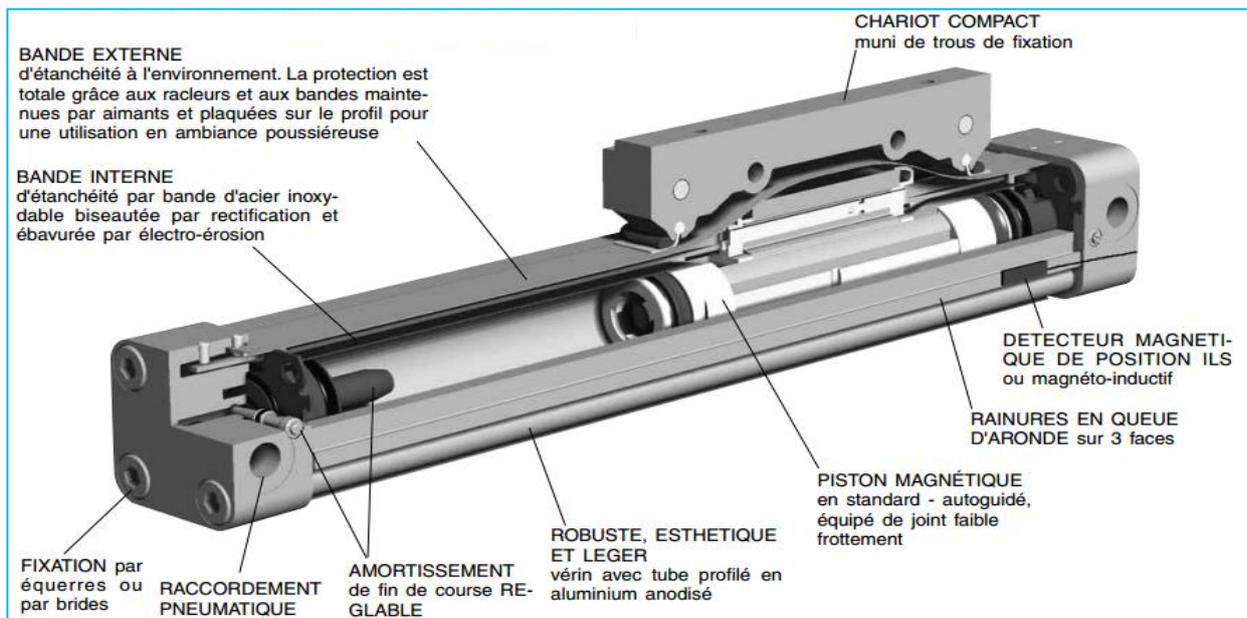


Figure 30: Composants d'un vérin sans tige

Le mouvement est obtenu par le déplacement d'un chariot le long d'un côté du tube profilé. Ce dernier contient des trous où on peut fixer la charge à déplacer. Une fente sur toute la longueur du tube permet au chariot d'être relié constamment au piston. De longs rubans (bandes) d'étanchéité et de protection à l'intérieur et à l'extérieur du tube du vérin empêchent une fuite d'air et l'introduction de poussières.

Le vérin est équipé d'un amortissement de fin de course permettant une absorption de chocs entre le piston et le corps du vérin.

Cependant, une liaison glissière s'avère importante pour faciliter le mouvement de translation de la goulotte rétractable (charge), d'où la nécessité de l'utilisation d'un système de guidage en translation. Ces systèmes sont divers, et chacun d'eux présente ses avantages et ses inconvénients.

Nous allons choisir entre les trois solutions technologiques trouvées précédemment dans le diagramme FAST à savoir :

- Contact direct
- Interposition d'éléments antifriction
- Interposition d'éléments roulants

II. Choix de la solution adéquate

L'analyse des différents systèmes et solutions à partir de leurs caractéristiques, leurs avantages et leurs inconvénients, leur respect ou non du cahier de charges nous a permis de retenir la solution la plus adéquate, en coordination avec l'équipe de travail.

Concernant le déplacement de la goulotte rétractable, nous avons opté pour le vérin sans tige vu qu'il présente un encombrement minimal et offre une course souhaitée.

En ce qui concerne le système de guidage, on s'est basé sur une comparaison entre les différentes solutions citées auparavant présentée dans le tableau 13

	Contact direct	Interposition d'éléments antifriction	Interposition d'éléments roulants
Précision	Moyenne Dégradation par usure	Moyenne	Elevée
Performances (vitesse, cadences, rendements)	Faibles	Modérées	Elevées
Coefficient de frottement dans la liaison	Elevé : 0.05 à 0.2	Moyen/faible	Très faible : 0.001 à 0.005 Efforts de manœuvre réduits
Intensité des actions mécaniques supportées	Faibles	Modérées	Elevées
Lubrification	Nécessaire (importante)	Autolubrifiant	Au montage (faible)
Coût	Faible	Moyen	Elevé
Jeu	Jeu mini nécessaire au fonctionnement	Jeu mini nécessaire au fonctionnement	Fonctionnement sans jeu

Tableau 13: Comparaison entre les différents systèmes de guidage en translation

On s'est mis d'accord sur un guidage par interposition d'éléments antifrictions.

Le tableau 14 récapitule la solution retenue pour remplir les différentes fonctions :

Fonction	Solution
Réalisation du déplacement horizontale de la goulotte rétractable	Vérin sans tige
Guidage en translation de la goulotte rétractable	Guidage par interposition d'éléments antifriction (guidage par galets)

Tableau 14: Solution retenue pour remplir les différentes fonctions

Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons proposés de multiples systèmes et étudiés leur conformité avec notre cahier de charges initial. Les différents systèmes proposés sont issus de notre diagramme FAST. Nous avons choisi la solution la plus adéquate par la suite.

Dimensionnement et étude économique de la solution retenue

Chapitre 4

Dans ce chapitre, nous allons passer au dimensionnement des différents éléments entrant en jeu dans notre solution choisie. Nous allons par la suite nous en servir des logiciels CATIA et FLUIDSIM pour réaliser des simulations du dispositif. Finalement, nous clôturerons ce chapitre par une étude économique de la solution retenue.

I. Dimensionnement de la solution retenue

Dans cette première partie, nous allons dimensionner les différents composants de notre système automatisé. Pour les composants standards, nous allons utiliser des catalogues de constructeur spécialisé pour le dimensionnement, et pour les composants à fabriquer ou à usiner dans les ateliers de SEWS-Maroc, nous allons les dimensionner par le logiciel CATIA.

On tient à rappeler que la commande de notre système avait déjà été imposée par le service maintenance et il s'agissait d'une commande pneumatique. Donc son étude sera restreinte à une description du circuit pneumatique. Nous allons nous en servir du logiciel FLUIDSIM spécialisé dans la modélisation et la simulation des circuits pneumatiques pour simuler le circuit de commande du vérin sans tige.

De plus, nous allons établir des calculs permettant de choisir les composants adéquats pour le bon fonctionnement de notre système.

I.1 Dimensionnement de la partie pneumatique

Nous allons commencer par un dimensionnement des différents composants pneumatiques nécessaires pour le fonctionnement de notre système. Ensuite, nous allons présenter le circuit d'alimentation pneumatique de ces composants. Ce circuit sera décrit et simulé à l'aide du logiciel FLUIDSIM.

I.1.1 Dimensionnement du vérin sans tige [4]

Lors de l'étude d'un système pneumatique, il est nécessaire de dimensionner le vérin, cela veut dire qu'il faut déterminer le diamètre de son piston et / ou sa course.

➤ Calcul de la force évoluée par le vérin

Le mouvement de la goulotte rétractable peut être tout simplement modélisé comme une masse M translatant sur un plan à l'aide d'une poussée du vérin. La figure 31 explique la situation :

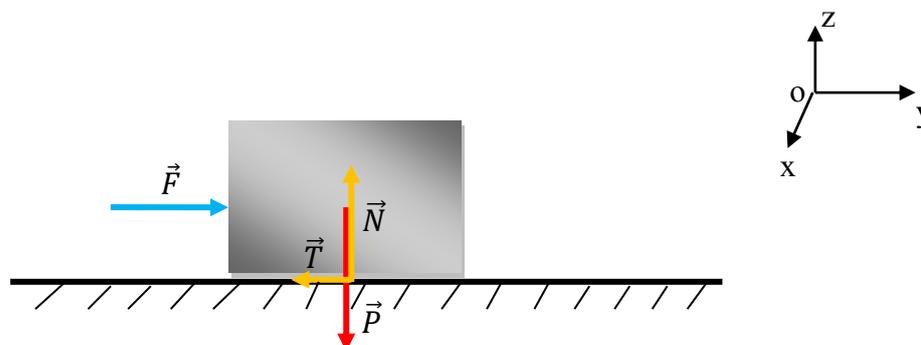


Figure 31: Modélisation des forces appliquées sur la goulotte rétractable

Le principe fondamental de la statique stipule :

$$\sum_i \vec{F}_i = \vec{0}$$

$$\vec{F} + \vec{P} + \vec{N} + \vec{T} = \vec{0} \quad (3)$$

Avec :

\vec{F} : Force due à la poussée du vérin

\vec{P} : Poids de la goulotte

\vec{N} : Composante normale due au contact goulotte/plan

\vec{T} : Composante tangentielle due au contact goulotte/plan opposée au sens du mouvement

En projetant l'équation (3) sur l'axe (oy) :

$$F - T = 0$$

En projetant l'équation (3) sur l'axe (oz) :

$$N - P = 0$$

Ce qui donne les équations suivantes :

$$\begin{cases} F = T \\ P = N \end{cases}$$

Or, la loi de Coulomb relatif aux frottements donne :

$$T \leq \mu \cdot N$$

Avec μ : coefficient de frottements statiques.

Dans le cas limite, on aura :

$$T = \mu \cdot N$$

Donc $F = T = \mu \cdot N = \mu \cdot P = \mu \cdot M \cdot g$

$\mu = 0.4$

$M = m_1 + m_2 + m_3$

m_1 : masse de la goulotte vide

m_2 : charge transportée

m_3 : masse supplémentaire

$$M = 7 + 40 + 0.65 + 1.97 = 49.62 \text{ kg}$$

$$F = 0.4 * 49.62 * 9.81 = 194.71 \text{ N}$$

Cependant, cette force n'est que théorique, il faut tenir compte des causes ayant une influence sur la perte d'efficacité de l'actionneur.

D'abord, on trouve les frottements internes qui réduisent le rendement du vérin de 100% (pas de pertes) à une valeur comprise entre 0.85 et 0.9 indiquée par la majorité des constructeurs.

Adopterons la valeur maximale du rendement : $\mu_m = 0.9$

De plus, on trouve la présence de la contrepression s'opposant au travail moteur de l'actionneur. Elle engendre elle aussi une perte caractérisée par une diminution du rendement qui prend une valeur expérimentale maximale de $\mu_p = 0.8$

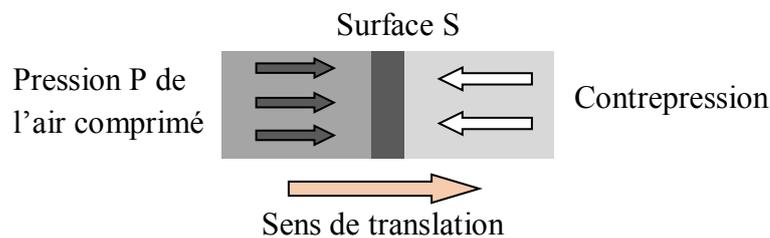


Figure 32: Phénomène de la contrepression dans le vérin

En accumulant les deux pertes, on obtient le rendement global du vérin qui n'est autre que le produit des deux rendements μ_m et μ_p .

Ce rendement global est souvent appelé **taux de charge (t_c)** :

$$t_c \approx 0.7$$

Ainsi, pour un fonctionnement optimal du vérin, la plupart des constructeurs recommandent de le dimensionner en adoptant un taux de charge inférieur ou égal à 0,7.

Donc, avec un taux de charge de 0.7, le vérin devra être capable de développer une force de poussée :

$$F_{nécessaire} = \frac{F}{t_c}$$

$$F_{nécessaire} = \frac{194.71}{0.7} = 278.16 \text{ N} = 27.81 \text{ daN}$$

Pour calculer de diamètre D, il faut d'abord calculer la section S, avec $F_{nécessaire}$ et la pression P de l'air comprimé :

$$S = \frac{F_{nécessaire}}{P}$$

$$S = \frac{27.81}{6} = 4.64 \text{ cm}^2$$

Or, la section S s'écrit en fonction du diamètre D :

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

Donc :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 4.64}{\pi}} \approx 2.43 \text{ cm} \approx 24.3 \text{ mm}$$

D'après le catalogue du vérin sans tige PARKER (annexe 8), la valeur du diamètre la plus proche de celle calculée est : $D = 25 \text{ mm}$

Alors le vérin choisie est un vérin de diamètre $D=25 \text{ mm}$

Pour s'assurer des résultats de ces calculs, nous allons déterminer le diamètre du vérin d'une manière graphique à l'aide d'une abaque donnée par le constructeur (figure 33).

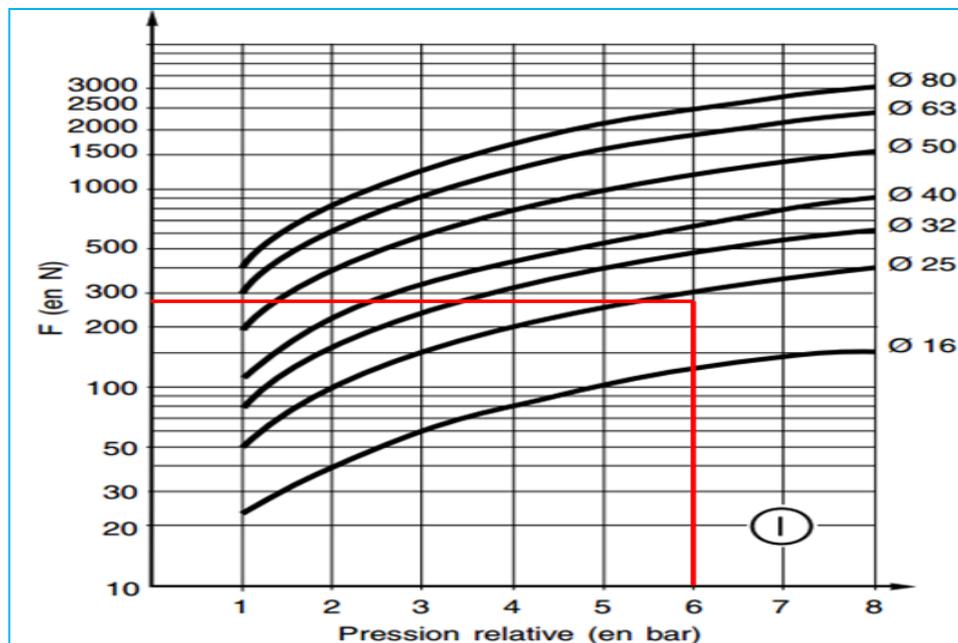


Figure 33: Abaque pour la sélection du diamètre du vérin

L'abaque de la figure 33 présente l'effort de poussée du vérin en fonction de la pression d'alimentation.

Pour déterminer le diamètre convenable, on cherche le point d'intersection de la droite verticale représentant la pression d'alimentation et la droite horizontale représentant la force de poussée nécessaire. D'après l'abaque, le point d'intersection est au voisinage de la courbe $D=25 \text{ mm}$, d'où la conformité avec les calculs.

➤ Problème d'amortissement [5]

Dans un vérin sans amortisseur, le piston s'arrête en heurtant le flasque. Celui-ci doit dissiper l'énergie cinétique du piston et de la tige, plus la charge si celle-ci y est fixée. C'est bruyant et abîme la matière du piston et du flasque, éventuellement on en arrive à casser ces deux pièces.

Pour éviter cela, le piston doit être amorti sur une certaine distance durant la fin de la course. Une masse M en mouvement à une vitesse V possède une énergie cinétique qu'il faut dissiper en fin de course.

Pour éviter le problème d'amortissement en fin de course, nous avons choisi le vérin sans tige PARKER ORIGA, réf OSP-L25 choisi (annexe 8) qui est équipé d'un amortisseur de fin de course intégré.

Cet amortisseur a pour rôle de réduire la vitesse du vérin à la fin de sa course. Cependant, nous devons connaître la vitesse du piston du vérin avant l'arrivée à la fin de course. Pour ce faire, nous allons recourir à l'abaque de la figure 34 qui représente la vitesse du piston en fonction de la masse à amortir. En connaissant celle-ci, on déduit la vitesse maximale. A partir du point d'intersection de la droite verticale représentant la masse et la courbe du diamètre du vérin D25, on trace une droite horizontale afin d'aboutir à la valeur de la vitesse du piston.

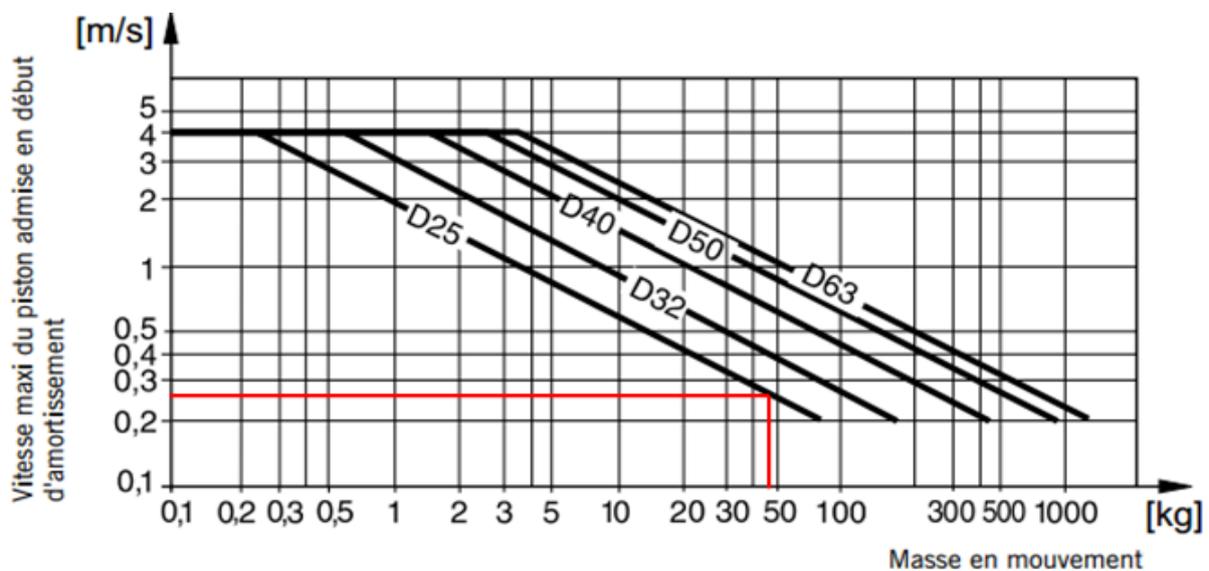


Figure 34: Abaque d'amortissement

D'après l'abaque de la figure 34, on peut déduire que la vitesse du piston est aux environs de 0,26 m/s.

Cette vitesse correspond à la vitesse pour un fonctionnement optimal. Cependant, le constructeur tolère une vitesse maximale allant jusqu'à 0,6 m/s

Les autres dimensions du vérin OSP-L25 choisi sont clarifiées dans l'annexe 9.

➤ Fixation du vérin [5]

Pour éviter des fléchissements et des vibrations trop élevées du tube du vérin, des supports intermédiaires deviennent nécessaires à partir de certaines longueurs de course. Le graphe de

la figure 35 permet de définir la longueur maximale admissible entre deux points d'appui en fonction de la charge, et donc le nombre de supports nécessaires.

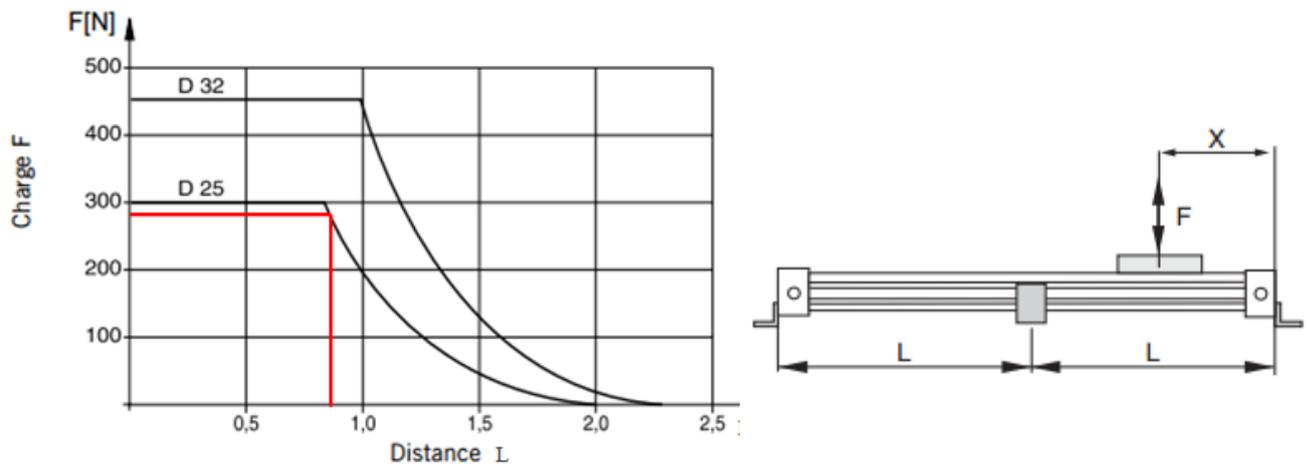


Figure 35: Définition de la longueur maximale entre deux points d'appui

Le nombre de supports nécessaires (n) en considérant que le vérin est fixé aux extrémités est donné par le constructeur via la formule :

$$n = \left(\frac{\text{course} + 2X}{L} \right) - 1$$

Avec :

n : nombre entier, par excès

X : valeur inscrite dans les encombrements généraux du vérin

L : distance maximale définie sur le graphe de la figure précédente.

D'après l'annexe 9, $X = A = 100$ mm

Les calculs montrent :

$$n = \left(\frac{1 + 2 \cdot 0.1}{0.85} \right) - 1 = 0.41$$

Donc on n'aura pas besoin de supports supplémentaires pour garantir une bonne fixation du vérin et on peut se contenter des deux pattes d'équerre aux extrémités comme cela est montré sur la figure 36.

Les dimensions de ces pattes de fixation sont détaillées dans l'annexe 10.

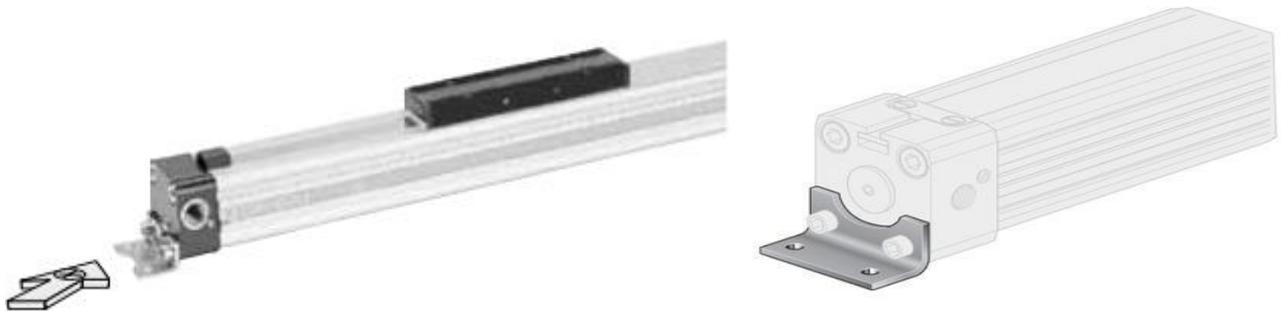


Figure 36: Pattes d'équerre pour la fixation du vérin

I.1.2 Choix du distributeur

On peut employer pour commander de façon optimale le vérin OSP-L, en tant que solution prête au raccordement, des distributeurs intégrées 3/2 à la place du couvercle standard (figure 37). Ils permettent une installation aisée du vérin, sachant que des vitesses très faibles et uniformes du piston sont possibles. Leur emploi est adapté partout où des process de fabrication et d'automatisation doivent être commandés de façon rationnelle et immédiate. L'annexe 11 montre les caractéristiques des distributeurs 3/2 VOE.



Figure 37: Distributeurs 3/2 VOE-25

I.1.3 Circuit d'alimentation en énergie pneumatique [3]

Après avoir choisi le vérin approprié, ses éléments de fixation et son distributeur, nous allons traiter le circuit qui permet d'alimenter notre système en énergie pneumatique. Nous savons que la machine sera équipée d'une unité de traitement d'air pour le filtrer, le réguler et éventuellement l'huiler. En effet, la longévité des matériels dépend pour beaucoup de ce conditionnement.

Lors du passage de l'air du compresseur à son lieu d'utilisation l'air s'enrichit en poussière et en rouille des tuyaux des canalisations. Il est donc nécessaire de le filtrer pour retirer ces éléments nuisibles au bon fonctionnement des composants, de le lubrifier pour faciliter le déplacement des organes mobiles des composants pneumatiques et d'en contrôler la pression.



Figure 38: Ensemble de conditionnement d'air

La figure 38 comporte :

- ✓ *Un sectionneur général* à commande manuelle permettant à l'opérateur d'isoler l'équipement du réseau de distribution de l'énergie.
- ✓ *Une unité de traitement de l'air (FRL)*
L'unité de conditionnement d'air comprimé appelée FRL (Filtre-Régulateur - Lubrificateur). Elle est destinée à préparer l'air en vue de son utilisation dans les systèmes en le débarrassant des poussières, vapeurs d'eau et autres particules nuisibles qui risqueraient de provoquer des pannes dans l'installation.
Cette unité est constituée de trois appareils à savoir :
 - i. Un filtre qui épure l'air et le purge de l'eau qu'il contient.
 - ii. Un régulateur de débit qui maintient l'air comprimé à une pression constante, quelles que soient les fluctuations en air du réseau.
 - iii. Un lubrificateur qui injecte dans l'air une quantité d'huile afin de permettre la lubrification des parties mobiles des composants entrant dans la constitution des systèmes pneumatiques.
- ✓ *Un démarreur progressif* qui sert à limiter le débit d'air dans la phase de démarrage afin d'éviter des mouvements rapides des actionneurs qui se sont généralement vidés d'air comprimé au moment de l'arrêt

I.1.4 Simulation du fonctionnement du vérin sans tige sous FLUIDSIM

Nous allons recourir au logiciel FLUIDSIM pour modéliser et simuler les circuits de puissance et de commande de notre vérin sans tige.

➤ Schéma de puissance

L'annexe 12 illustre le schéma pneumatique de la machine de coupe fourni par le constructeur KOMAX. Néanmoins, nous allons présenter à notre tour un schéma pneumatique (figure 39) pour pouvoir le simuler sous FLUIDSIM.

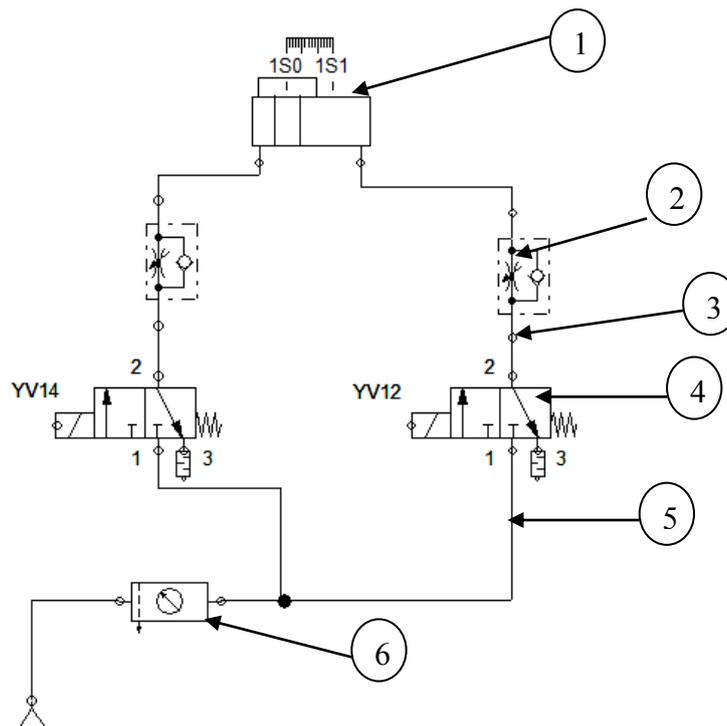


Figure 39: Schéma de puissance pneumatique du système automatisé sous FLUIDSIM

Le tableau 15 explicite les différents éléments du circuit de puissance avec leurs désignations.

L'annexe 14 présente les différents symboles des circuits pneumatiques.

Élément	Désignation
1	Vérin sans tige
2	Réducteur de débit unidirectionnel
3	Tuyau (distributeur --> vérin)
4	Distributeur 3/2
5	Tuyau (source --> distributeur)
6	Unité FRL

Tableau 15: Les éléments du circuit de puissance pneumatique du système automatisé

La simulation sur FLUIDSIM a pour objectif de montrer le bon fonctionnement du vérin sans tige. Ce dernier doit réaliser des allers retours à chaque commande de la part de l'opérateur. Lorsque le vérin sans tige est de fond de la machine, l'opérateur clique sur le bouton « Sortie » du schéma de commande (figure 42) et la goulotte rétractable se déplace de la position initiale 1S0 à la position finale où se trouve l'opérateur 1S1 (figure 40) afin de récupérer les câbles. Une fois les câbles récupérés, l'opérateur clique sur « Entrée » du schéma de commande (figure 42) pour faire rentrer la goulotte à la position initiale.

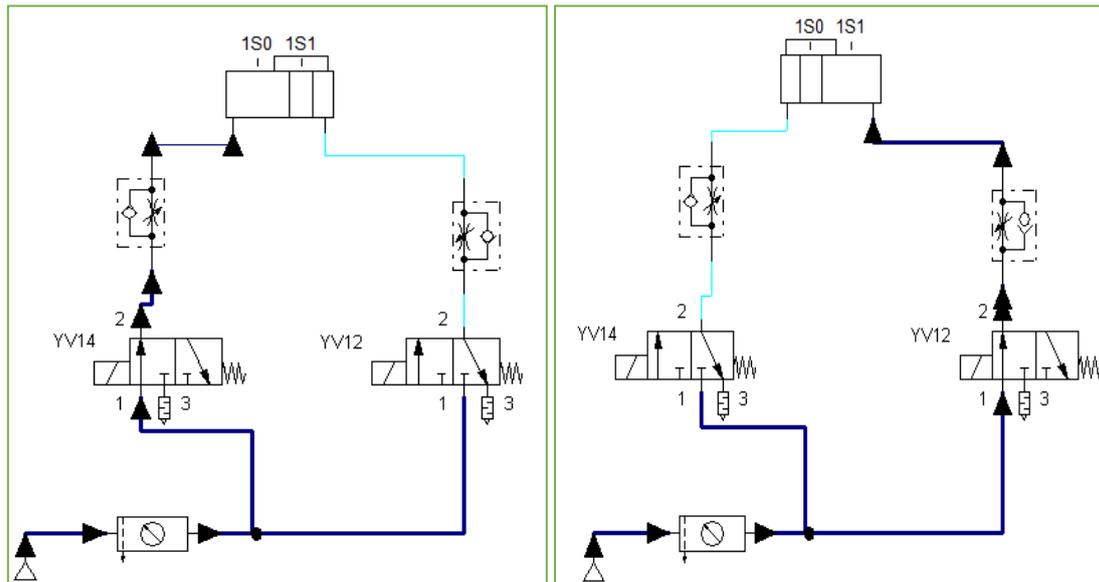


Figure 40: Fonctionnement du vérin sans tige en mode "aller" (à gauche) et "retour" (à droite)

L'effet de l'amortissement de fin de course est clair sur la figure 41. On remarque bien une conformité avec les résultats tirés auparavant. Au début et pendant le mode "aller", la vitesse du piston est maximale mais diminue au fur et à mesure qu'il s'approche de la fin de course (c'est-à-dire la position 1000 mm).

I.2 Dimensionnement de la partie mécanique

Après avoir dimensionné le vérin sans tige, nous allons déterminer dans cette partie du guidage convenable en se basant sur un calcul des efforts appliqués sur les galets. Ensuite, on présentera notre système en vue 3D réalisé à l'aide du logiciel CATIA.

I.2.1 Choix du guidage à galets

Afin de choisir le guidage à galets convenable, il faut tout d'abord calculer les charges axiales (C_{ax}) et radiales ($C_{o\ rad}$) appliquées (figure 43).

La charge axiale n'est autre que le poids :

$$C_{o\ rad} = P = m \cdot g$$

$$C_{o\ rad} = 49.62 \cdot 9.81 = 486.77\text{N}$$

Le moment M_x est donné par :

$$M_x = C_{o\ rad} \cdot a$$

$$M_x = 486.77 \cdot 0.01 \approx 4.86\text{ Nm}$$

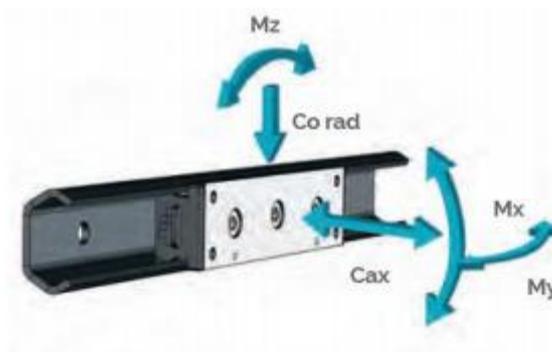


Figure 43: Guidage à galets

Suite à l'identification des résultats trouvés avec le catalogue du constructeur ECMU CSR, le rail choisi est le LAN..26 alors que le chariot à galets choisi est le PAN 26-5 L'annexe 13 illustre les dimensions du système de guidage à galet choisi.

I.2.2 Simulation du mécanisme automatisé sous CATIA

Grâce au logiciel CATIA, nous avons pu réaliser un dessin d'ensemble d'une partie de la machine de coupe KOMAX Alpha 455. La figure 44 représente en plus de notre goulotte automatisée (goulotte rétractable + vérin sans tige + guidage à galets), la goulotte basculante et qui est d'après ce que nous avons présentés, le premier élément recevant les câbles après avoir été coupés.

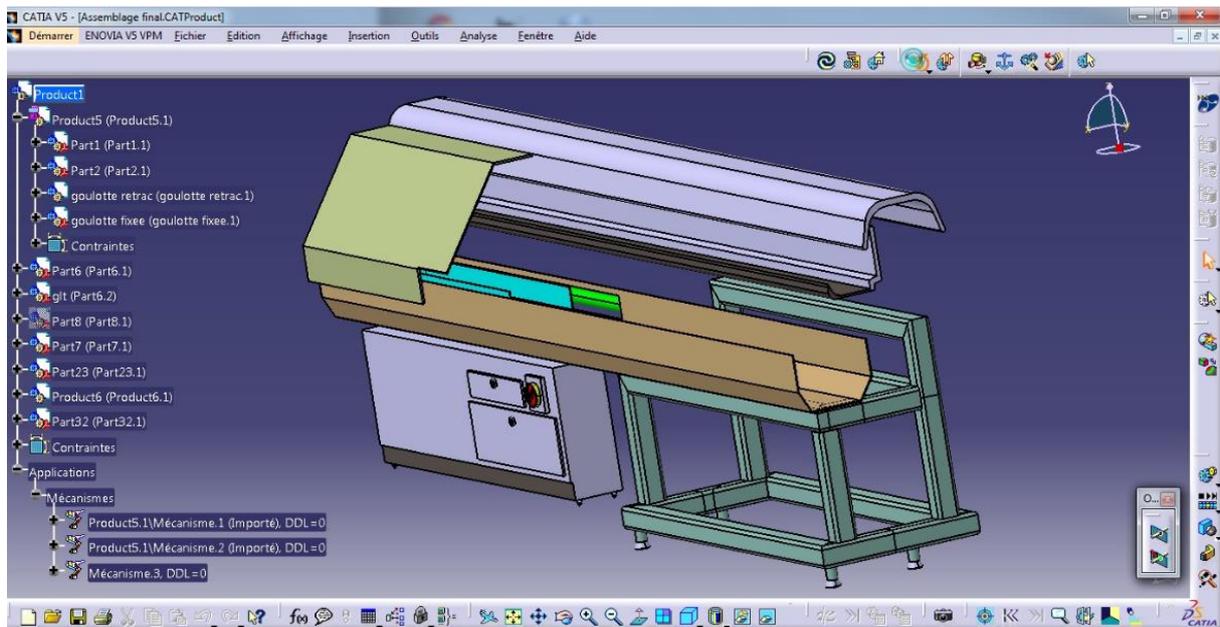


Figure 44: Simulation du mécanisme sous CATIA

La dernière annexe présente un dessin de définition de la goulotte fixe qui a subi quelques modifications sur sa forme.

II. Etude économique

Afin de mieux servir l'intérêt de l'entreprise, nous allons dédier cette partie à l'étude de rentabilité économique de la solution retenue. Cette partie est indispensable pour la réalisation de tout projet du fait qu'elle permet de donner une représentation financière des gains réalisés en appliquant ce projet.

II.1 Estimation des prix des équipements [6][7]

Pour élaborer cette étude, nous allons évaluer le prix de la solution en fonction des équipements utilisés. Le tableau 16 récapitule le prix des équipements nécessaires.

II.2 Estimation des gains

A travers la réalisation de ce nouveau système, nous pouvons atteindre un ensemble de gains qu'on peut scinder ou diviser en deux catégories, à savoir, des gains quantifiables et des gains non quantifiables.

Désignation	Quantité	Prix unitaire en €	Prix total en €
Vérin pneumatique sans tige PARKER ORIGA, réf OSP-L25-00000-0100	1	422.81	422.81
Capuchon (équerres) PARKER ORIGA	2	16.86	33.72
Capteur magnétique réf RZC1-04ZRS-KU0	2	26	52
Distributeur 3/2	2	80	160
Chariot à 5 galets T-RACE PAN 26-5	8	43.13	354.04
Rail de guidage T-RACE-1520	1	35.69	35.69
Total			1056.26

Tableau 16: Estimation des prix des équipements

Concernant les gains non quantifiables du projet, on peut les résumer dans les points suivants :

- ✓ Eviter des accidents de travail probables du fait de l'ancienne forme de la goulotte, ce qui garantira la sécurité des opérateurs et permettra à l'entreprise d'éviter des problèmes d'assurance.
- ✓ Un travail dans des conditions favorables pour les opérateurs : leur permettre d'éviter de fournir l'effort supplémentaire
- ✓ Diminuer l'encombrement et réduire le bruit

En ce qui concerne les points quantifiables, on s'est basé sur des chronométrages qui nous ont permis d'établir une comparaison entre le temps requis par l'opérateur ou l'opératrice pour récupérer les câbles, et le temps pris par le nouveau mécanisme.

Ces chronométrages tenaient en considération :

- Le temps de prise (début ou fin du shift) pour voir l'effet exhaustif qu'engendre le mode opératoire manuelle.
- Le sexe pour voir qui souffrira le plus de l'ancienne situation, les opérateurs ou bien les opératrices.

Le tableau de l'annexe 16 résume les résultats des différents chronométrages durant 4 jours. D'après le tableau, on remarque tout d'abord que les valeurs retenues du chronométrage reflètent l'effet de la fatigue de l'opérateur/opératrice au fur et à mesure du temps.

D'après ce tableau, le relevé relatif à l'opérateur montre qu'il a besoin en moyenne de 1.66 secondes pour tirer manuellement la goulotte rétractable vers lui, par contre pour l'opératrice, l'action prend plus de temps avec 1.755 secondes pour réaliser cette tâche.

La goulotte sort avec un lot de 50 câbles, cette quantité nécessite (selon la nature du câble et les opérations subies) environ 180 secondes, donc la fréquence de sortie de la goulotte (en tenant compte du temps de changement de référence des fils) pendant une heure :

Pendant une heure, le nombre de sorties de la goulotte rétractable est :

$$3600/180 = 20 \text{ sorties/heure}$$

Sachant qu'un shift dure 8 heures, donc la fréquence de la goulotte pendant le shift est de :

$$20 * 8 = 160 \text{ sorties/shift}$$

Cependant, notre système automatisé prend 1.30 secondes pour faire sortir la goulotte.

Ce qui prouve qu'à chaque sortie de goulotte, on a un gain de 0.36 secondes pour l'opérateur et de 0.455 secondes pour l'opératrice.

Donc on aura un gain de 57.6 secondes pour l'opérateur et de 72.8 secondes pour l'opératrice pendant tout le shift, ce qui vaut environs 20 autres sorties possibles de la goulotte de plus avec le nouveau système automatisé.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté une étude de dimensionnement de l'ensemble des composants de notre système automatisé. Nous avons tout d'abord relevés les données utiles par le calcul avant de les confirmer via des abaques données par le constructeur. Nous avons par la suite présenté les deux simulations : pneumatique sous FLUIDSIM et mécanique sous CATIA. Vers la fin du chapitre, nous avons effectué une étude économique visant à faire une comparaison entre le mode opératoire manuelle existant et celui automatique souhaité.

Conclusion générale

Ce projet de fin d'études intitulé: «Automatisation du fonctionnement de la goulotte rétractable de la machine de coupe des câbles» a été élaboré dans le but d'améliorer les conditions de travail des opérateurs et leur sécurité dans le cadre d'une politique d'amélioration continue adoptée par la société SEWS-Maroc.

Pour ce faire, il était nécessaire de comprendre la problématique, les contraintes et limitations rencontrées par l'entreprise actuellement au niveau de la machine de coupe des câbles. En effet, malgré la robustesse de ces machines de coupe et leur capacité d'opérer sur les câbles de manière automatisée et rapide, les opérateurs rencontrent des difficultés lors de la récupération des câbles. D'où la nécessité d'une intervention visant à apaiser la dureté du travail de la main d'œuvre et l'amélioration de leur rendement par la suite.

Afin d'atteindre cet objectif, nous avons établi une étude préliminaire et une proposition de multiples solutions, basées sur des critères techniques et économiques pour réaliser le meilleur choix pouvant répondre au besoin de la société. Nous avons dimensionné la solution retenue et réalisé des simulations de son fonctionnement sur des logiciels appropriés.

Ce projet est d'une grande importance pour l'entreprise du fait qu'il lui permettra de satisfaire ses besoins formulés dans le cahier de charges proposé au début de l'étude en termes de performances souhaitées. Le nouveau mécanisme va permettre donc de remplacer le mode opératoire exhaustif de la goulotte rétractable du manuel à l'automatique. Les gains générés suite à la réalisation du mécanisme varient entre des gains quantifiables et d'autres non quantifiables et visent en globalité une amélioration des conditions de travail et de la sécurité des opérateurs.

En perspective, nous avons mené la grande partie du projet et reste seulement la phase de réalisation du prototype réel qui est reporté à la période qui suit ma soutenance. Cette situation est due principalement au manque d'un budget relatif au développement de projet

dans la période passée, mais suite à une confirmation de mon encadrant industriel à SEWS-Maroc, le fournisseur livrera le matériel nécessaire dans les délais prévus pour la réalisation du projet.

Bibliographie

[1] Site web: <http://www.komaxgroup.com/fr-FR/Wire/>

[2] AUDREY M.Fabien. *La démarche de l'analyse fonctionnelle*. Académie Versailles, Février 2010

[3] Cours: *Analyse des systèmes pluritechniques et multiphysiques-Initiation à l'ingénierie des systèmes ; Chapitre 12 : Analyse des systèmes hydrauliques et pneumatiques.*

[4] : *Le guide Norgren pour le choix des vérins pneumatiques*

[5] : *Vérins pneumatiques sans tige PARKER, instructions de mise en service*

[6] <http://www.ecmu-csr.com/rub/4776-guidage-lineaire-a-galets.html>

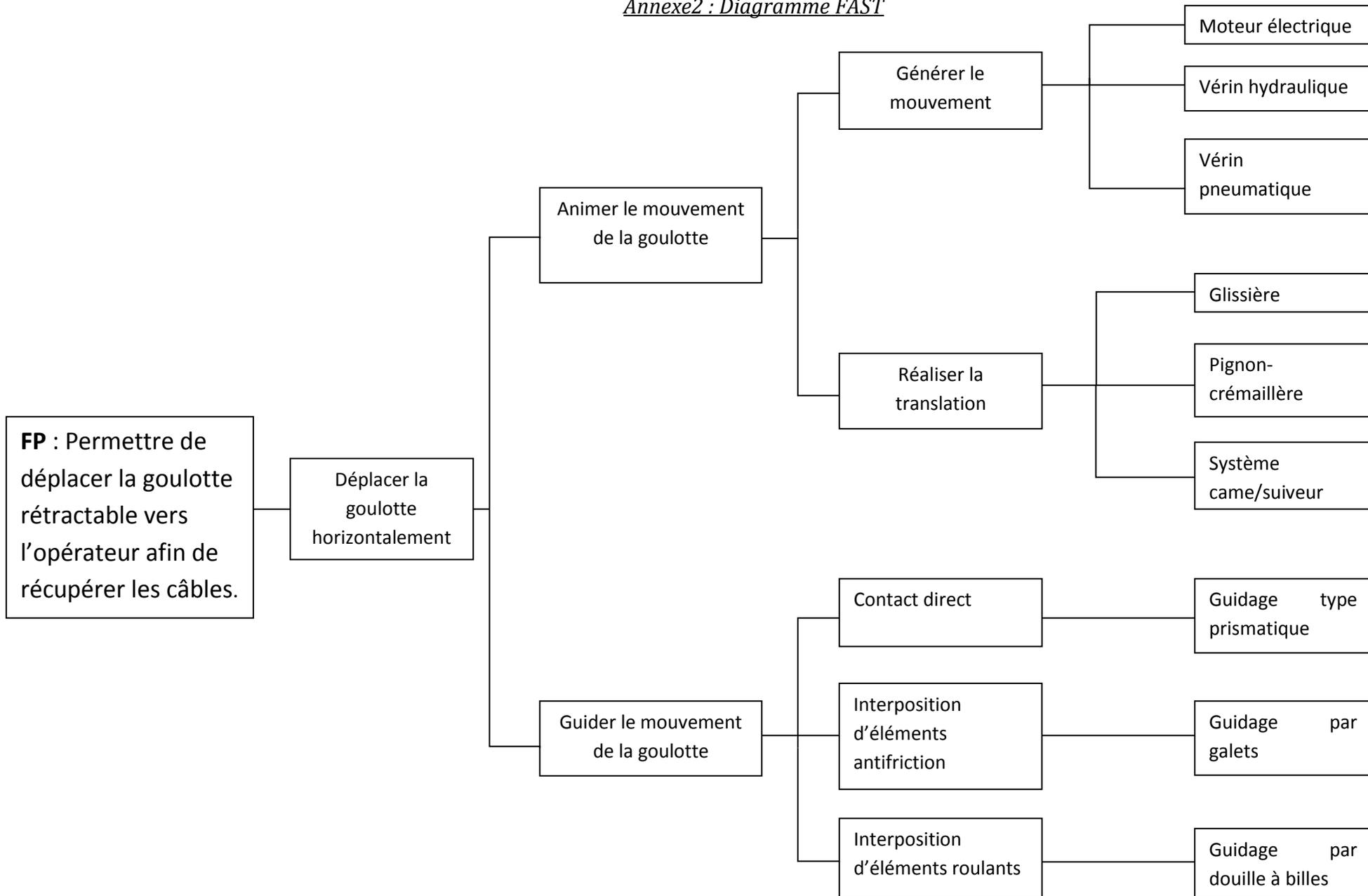
[7] <http://fr.rs-online.com>

Annexes

Annexe 1 : Matrice de tri croisé

FP	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7	FC8	FC9	FC10	FC11	FC12	FC13	FC14	FC15	Note	Rang	
FP	FP	FP	FP	FP	FP	FP	FC7	FP	FC9	FP	FC11	FP	FP	FP	FP	FP	FP	
	3	2	3	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2	2	2	2	25	25
	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7	FC1	FC9	FC10	FC11	FC12	FC13	FC14	FC15	FC1	FC9	
		1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2	2	1	25	
	FC2		FC2	FC4	FC2	FC6	FC7	FC2	FC9	FC2	FC11	FC12	FC13	FC14	FC2	FC2	FC11	
			1	1	2	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1	8	18	
		FC3		FC4	FC5	FC6	FC7	FC8	FC9	FC10	FC11	FC3	FC13	FC14	FC15	FC3	FC6	
				1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	12	
			FC4		FC5	FC6	FC4	FC8	FC9	FC4	FC11	FC5	FC4	FC4	FC4	FC4	FC10	
					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	10	
				FC5		FC6	FC5	FC5	FC9	FC5	FC11	FC5	FC5	FC5	FC5	FC5	FC5	
						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	10	
					FC6		FC6	FC6	FC9	FC6	FC11	FC6	FC6	FC6	FC6	FC6	FC2	
							1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	8	
						FC7		FC8	FC9	FC10	FC11	FC7	FC13	FC14	FC15	FC7	FC4	
								1	1	2	1	1	1	1	1	7	8	
							FC8		FC9	FC10	FC11	FC8	FC8	FC8	FC8	FC8	FC7	
									2	2	1	1	1	1	1	7	7	
								FC9		FC9	FC8							
										2	2	2	2	2	2	25	7	
									FC10		FC11	FC10	FC10	FC10	FC10	FC10	FC12	
											1	1	1	1	1	10	7	
										FC11		FC11	FC11	FC11	FC11	FC11	FC14	
												1	2	1	2	18	7	
											FC12		FC12	FC12	FC12	FC12	FC13	
													1	1	1	7	6	
												FC13		FC13	FC13	FC13	FC15	
														1	1	6	3	
													FC14		FC14	FC14	FC3	
															1	7	2	
														FC15		FC15	FC1	
																3	1	

Annexe2 : Diagramme FAST



Annexe 3 : Classification fonctionnelle des vérins

Type de vérin	Caractéristiques générales	Fonction opérative	Domaine d'utilisation
Vérin standard 	Conforme à la norme Iso 6432 Muni de deux culasses serties de manière étanche sur le tube et filetées pour assurer la fixation du vérin Amortissement élastique ou pneumatique Simple ou double effet Diamètre: 8, 10, 12, 20, 25 mm Course double effet: de 10 à 500 mm Course simple effet: de 10 à 50 mm	Permet de mouvoir un effecteur, sans en assurer le guidage, en développant une force pouvant atteindre 30 daN. Le mouvement s'effectue entre deux positions de fin de course à une vitesse réglable de 50 à 1500 mm/s	Très utilisé dans la construction de tous les systèmes automatisés de production du fait de sa standardisation et de son faible coût. Encombrement important dans le cas de grande course. Très utilisé dans les machines d'emballage et de conditionnement.
Vérin anti-rotation 	Plusieurs technologies: double tige, tige profilée guidée dans sa culasse, piston à section carrée ou ovale. Simple ou double effet. Diamètre: de 8 à 100 mm. Course standard: de 10 à 500 mm.	Permet de translater entre deux positions fixes un produit qui n'exige pas de guidage du type glissière, mais nécessite d'être arrêté en rotation. Comme pour le standard, sa vitesse est ajustable dans les deux sens puisqu'il est double effet.	Très utilisé dans les mouvements terminaux de manipulation de produit. Mouvement de montée baisse de pièce suspendue. Poussoir de pièce dans les systèmes de transitique. Attention, ne supporte pas les charges radiales.

<p>Vérin rotatif</p> 	<p>Double effet, mouvement rotatif alternatif d'amplitude maxi 360°.</p> <p>Deux technologies :</p> <ul style="list-style-type: none"> - à palette: construction simple, sans amortissement - à pignon crémaillère: plus classique, similaire à celle des vérins Iso 6431. <p>Diamètre: de 10 à 100 mm. Couple de sortie: de 0,2 à 100 Nm. Course angulaire: de 0 à 360 mm.</p>	<p>Assure le plus généralement deux fonctions: guidage et entraînement en rotation du mobile, d'où l'importance de le dimensionner par rapport au mouvement à développer (couple, angle, moment d'inertie) et aux efforts axiaux et radiaux appliqués sur l'arbre de sortie.</p>	<p>Principalement utilisé pour des opérations de manipulation lorsqu'il y a lieu d'orienter le produit. Aussi utilisé pour des opérations de retournement dans la transitique ou pour des manoeuvres de sas, de portes, de vanne, ou de séparateur pour contrôler un débit de produit.</p>
<p>Vérin sans tige</p> 	<p>Deux technologies: à accouplement magnétique et à bande.</p> <p>Transmission du mouvement directement par le piston.</p> <p>Réduction de l'encombrement presque de moitié grâce à l'absence de tige.</p> <p>Arrêts intermédiaires possibles par blocage pneumatique, les sections d'application de la pression étant identiques.</p> <p>Diamètre: de 6 à 63 mm. Course: de 10 à 4000 mm.</p>	<p>Permet de mouvoir en translation, avec une grande amplitude, un mobile guidé entre deux positions précises de fin de course.</p> <p>La possibilité d'obtenir des positions intermédiaires d'une précision moyenne de ± 5 mm lui permet d'assurer des fonctions de positionnement grossier en boucle ouverte.</p>	<p>Très utilisé dans les tâches de manipulation, manutention, transitique et palettisation, en raison de son faible encombrement en longueur et de ses sections de piston identiques.</p> <p>Associé à un distributeur proportionnelle, un capteur de position et une unité de commande, il est l'actionneur le plus utilisé en servo-positionnement.</p>

Annexe 4 : Fonctionnement du vérin rotatif

Le mouvement rotatif est obtenu par application d'un fluide sous pression sur un piston qui entraîne une crémaillère. A son tour, la crémaillère entraîne un pignon provoquant la rotation de l'arbre avec un angle de rotation θ et une vitesse de rotation ω . Le pignon d'entraînement, monté entre deux roulements, peut être accouplé à la charge directement ou par un système articulé. Le couple en sortie de vérin est mesuré en Nm, il est directement proportionnel à la pression appliquée (ou pression différentielle = ΔP)

Le dessin de la figure 4.1 explique encore plus le fonctionnement de notre dispositif :

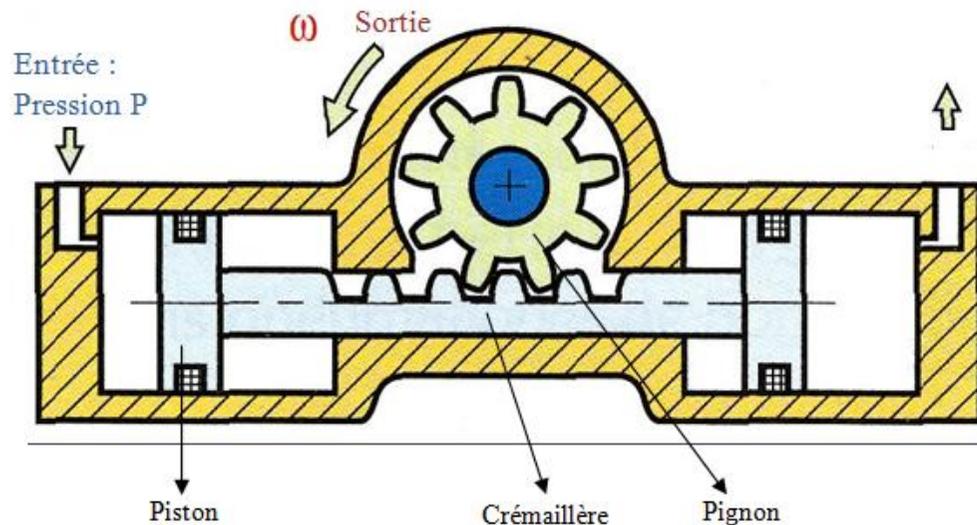


Figure 4.1: Dessin du vérin rotatif

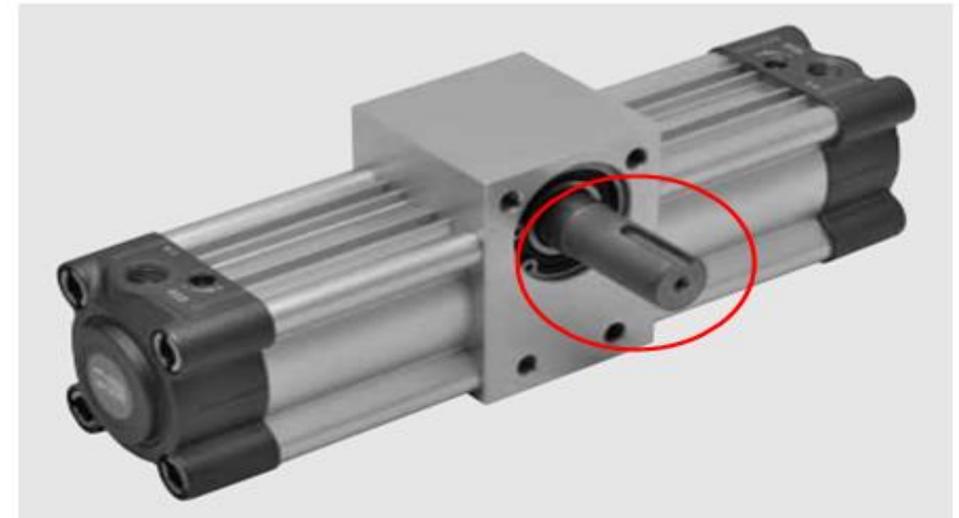


Figure 4.2: Vérin rotatif

Le pignon du vérin rotatif entraîne directement l'arbre son arbre de sortie comme cela est montré sur la figure 4.2.

Les vérins rotatifs offrent des courses (angles de rotation) qui varient entre 90° , 180° , 270° et 360° .

Annexe 5 : Fonctionnement du système pignon-crémaillère

Un système pignon-crémaillère (figure 5.1) est constitué d'une roue dentée et d'une pièce souvent prismatique portant des dentures de même module, roulant l'une sur l'autre sans glissement.

Plusieurs situations de mouvement relatif peuvent exister :

- Crémaillère fixe et pignon tournant autour d'un axe qui lui-même se déplace parallèlement à la crémaillère.
- Pignon tournant autour d'un axe fixe par rapport au bâti et crémaillère guidée en translation (solution fréquente dans les systèmes industriels)



Figure 5.1: Pignon-crémaillère

Selon l'objet du système, le système pignon-crémaillère peut servir pour réaliser un mouvement de translation ou de rotation selon l'élément qui entraîne le mouvement. Le tableau 5.1 récapitule ces cas :

Pignon	Crémaillère	Nature du mouvement
Moteur	Récepteur	Mouvement de translation (transformation de la rotation du pignon en translation de la crémaillère)
Récepteur	Moteur	Mouvement de rotation (transformation de la translation de la crémaillère en rotation du pignon)

Tableau 5.1: Nature du mouvement du système pignon-crémaillère

Annexe 6: Fonctionnement d'un vérin double effet

Un vérin double effet a deux directions de travail. Il comporte deux orifices d'alimentation et la pression est appliquée alternativement de chaque côté du piston ce qui entraîne son déplacement dans un sens puis dans l'autre (figure 6.1).

Quand l'air entre par la chambre côté fond, il pousse la tige et le piston. L'air contenu dans l'autre chambre est refoulé vers l'échappement.

Quand l'air entre dans la chambre côté tige, il ramène le piston et la tige rentre. L'air de la chambre côté fond est refoulé à l'échappement.

Les vérins sont souvent équipés d'amortisseurs de fin-de-course qui évitent les chocs du piston.

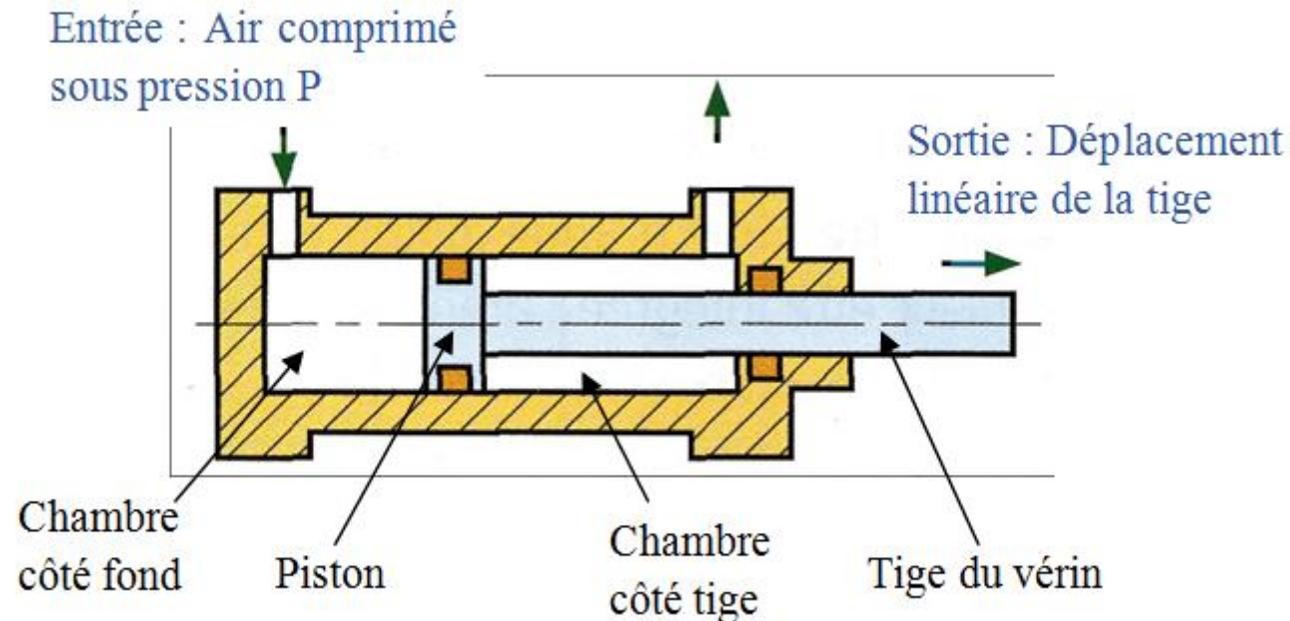


Figure 6.1: Dessin explicatif du vérin double effet

Annexe 7 : Fonctionnement du système à came

Une came est un organe mécanique permettant de piloter le déplacement d'une pièce. La solution la plus répandue est constituée d'un cylindre de rayon variable entraîné en rotation par un arbre. La pièce en contact avec le profil de la came, le suiveur, est alors mise en mouvement (figure 7.1).

Ainsi, on peut classer les cames en trois familles illustrées dans le tableau 7.1 :

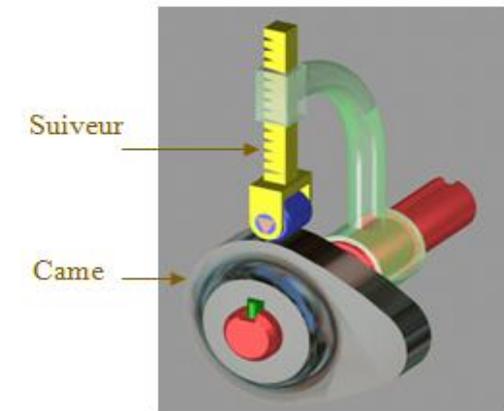


Figure 7.1: Système came-suiveur

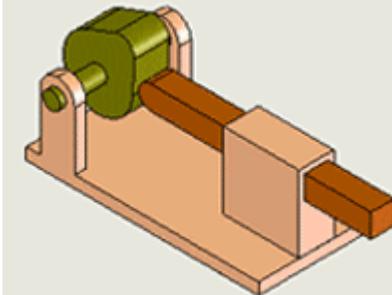
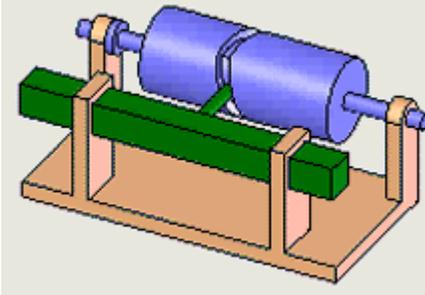
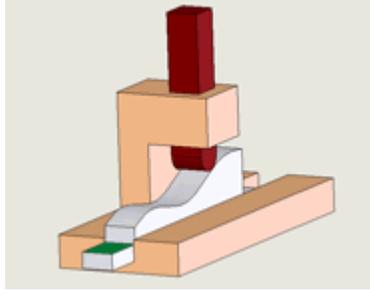
Came plate	Came à tambour	Came rectiligne
		
<p>Une came plate transforme un mouvement de rotation continu en une translation alternative du suiveur.</p>	<p>Une rainure dans le tambour (en rotation) qui déplace un doigt mobile en translation.</p>	<p>Une translation de la came engendre une translation du suiveur.</p>

Tableau 7.1: Différentes familles de cames

Annexe 8 : Choix du vérin depuis le catalogue PARKER

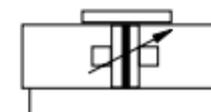
Caractéristiques		Pression donnée par rapport à la pression atmosphérique		
	Symbole	Unité	Description	
Généralités				
Désignation			Vérin sans tige de piston	
Série			OSP-L	
Version			Double effet avec amortissement, pour détection magnétique	
Mode de fixation			Voir dimensions	
Raccordement en air			Orifices taraudés	
Plage de températures ambiantes et des fluides	T_{min}	°C	-20	autres plages de température à la demande
	T_{max}	°C	+80	
Poids (masse)		kg	Voir tableau ci-dessous	
Position de montage			Indifférente	
Fluide			Air comprimé filtré non huilé (autres fluides à la demande)	
Lubrification			Livré graissé à vie (lubrification supplémentaire de l'air inutile)	
Matériaux	Tube		Aluminium anodisé	
	Entraîneur (piston)		Aluminium anodisé	
	Couvercles		Alu laqué p. catalysation	
	Bandes d'étanchéité		Acier inoxydable (bande extérieure) Polyuréthane (bande intérieure)	
	Joints		Polyuréthane, NBR	
	Visserie		Acier galvanisé Option : inox	
Protections racleurs			Plastique	
Plage de pression de service	p_{max}	bar	8	

Vérins sans tige

∅ 25-63 mm

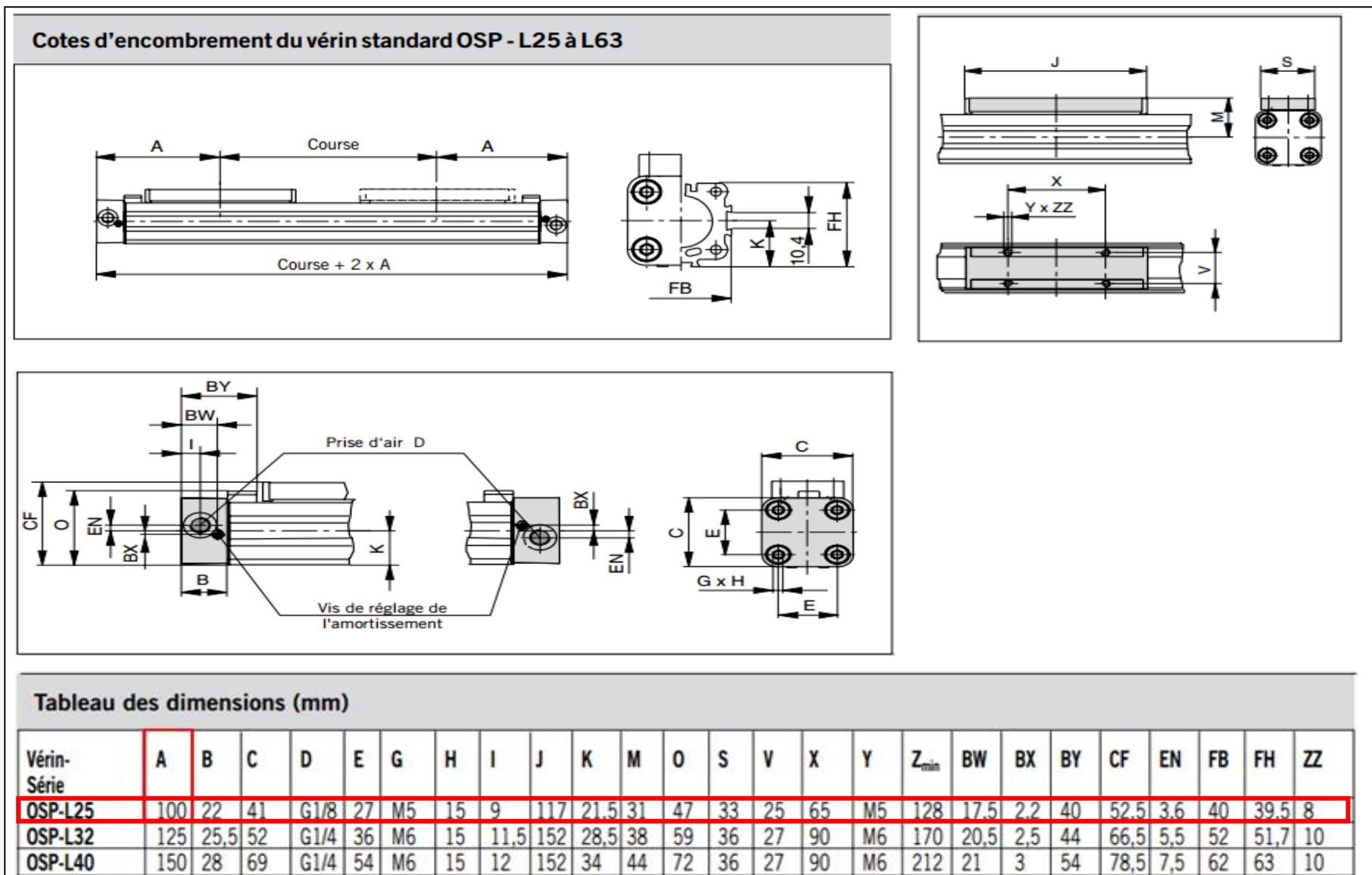
OSP
— ORIGA
— SYSTEM
— PLUS

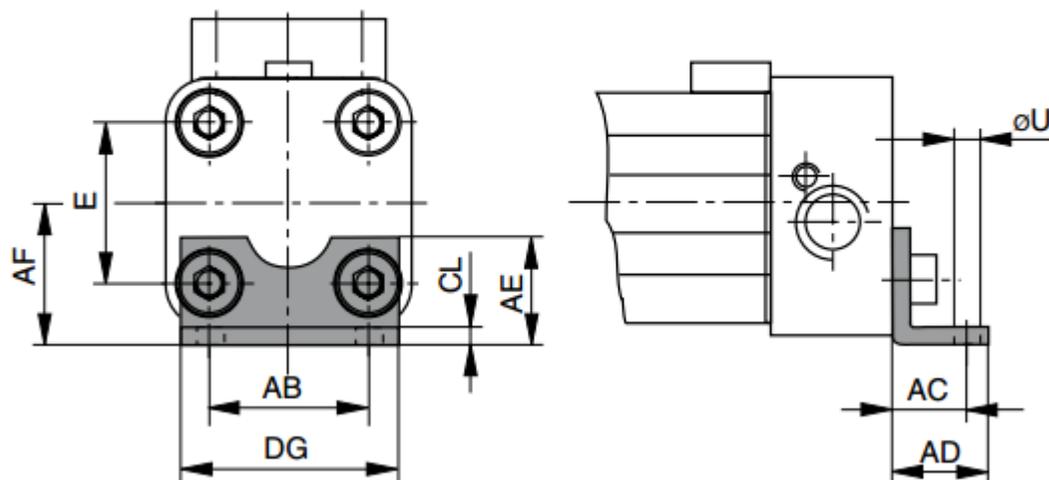
Série OSP-L..



Poids (masse) kg		
Vérin de la série (vérin de base)	Poids (masse) kg	
	pour 0 mm de course	pour 100 mm de course
OSP-L25	0,65	0,197
OSP-L32	1,44	0,354
OSP-L40	1,95	0,415

Annexe 9 : Dimensions du vérin OSP-L25



*Annexe 10 : Dimensions des supports de fixation***Série OSP-L25 à L32: Type A1**

Accessoires pour vérins ø 25-63 mm Fixations de couvercle

OSP
— ORIGA
— SYSTEM
— PLUS

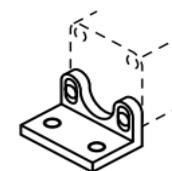


Tableau des dimensions (mm)

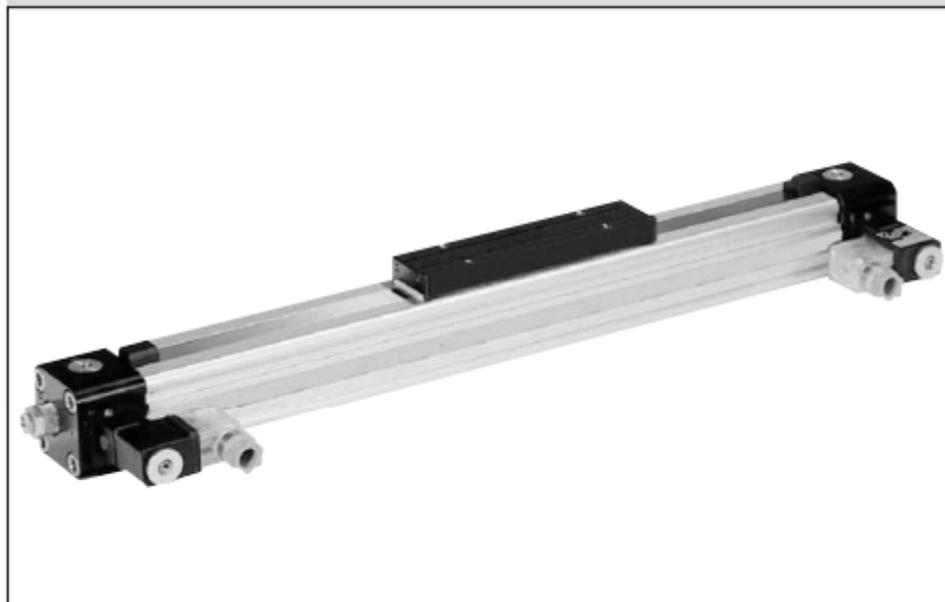
Pour série	E	øU	AB	AC	AD	AE	AF	CL	DG	N° d'ident. (*	
										Type A1	Type C1
OSP-L25	27	5,8	27	16	22	18	22	2,5	39	2010FIL	—
OSP-L32	36	6,6	36	18	26	20	30	3	50	3010FIL	—
OSP-L40	54	9	30	12,5	24	24	38	—	68	—	4010FIL

Annexe 11 : Caractéristiques du distributeur 3/2 VOE

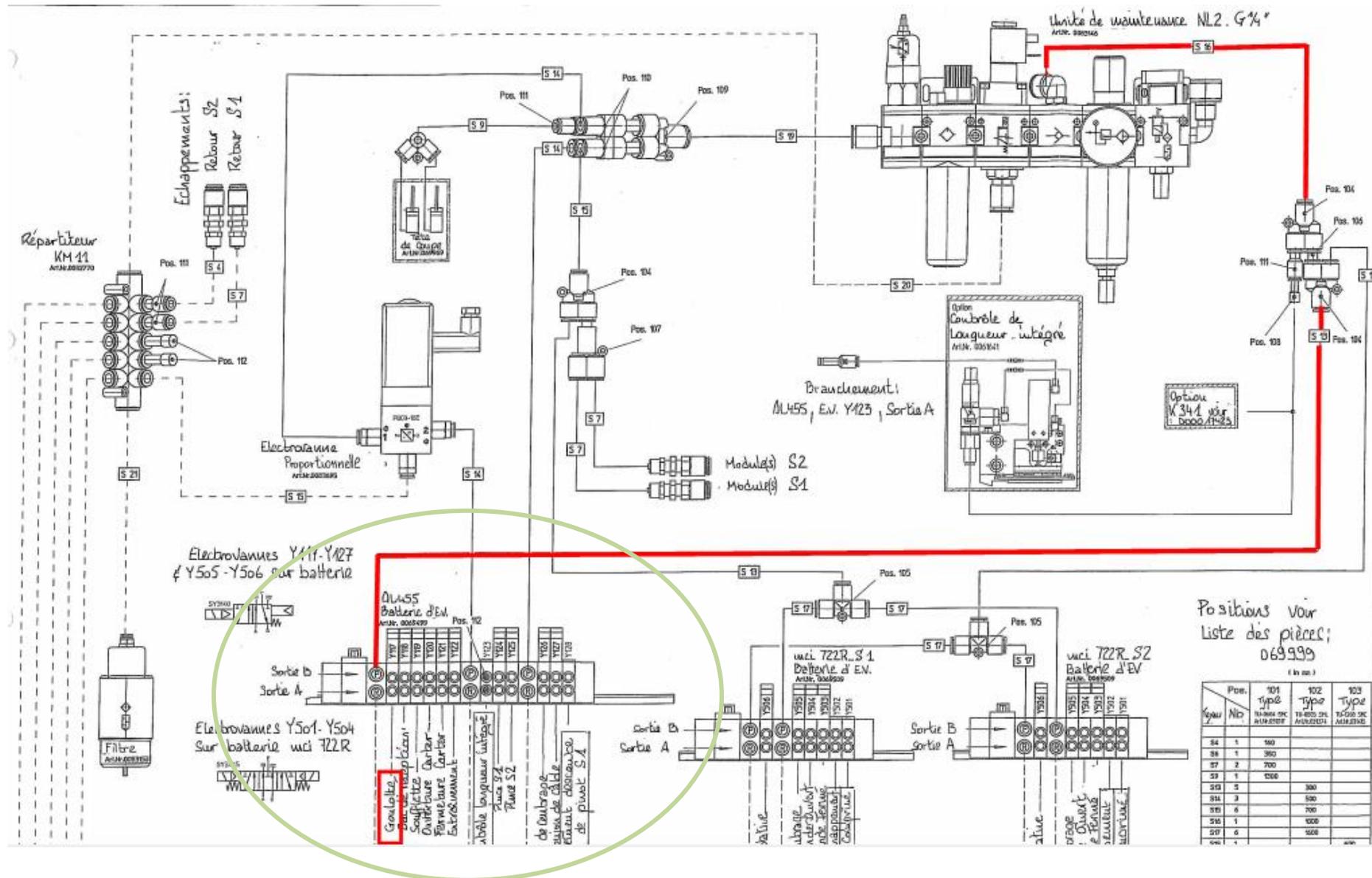
Caractéristiques distributeurs 3/2 VOE				
Désignation	Distributeur 3/2 NO à rappel ressort			
Diagramme				
Type	VOE-25	VOE-32	VOE-40	VOE-50
Commande	électrique			
Positions	P → A ouvert, R fermé			
Type	Clapet sans recouvrement			
Montage	intégré au couvercle			
Installation	position indifférente			
Alimentation	G 1/8	G 1/4	G 3/8	G 3/8
Température	-10°C à +50°C *			
Pression	2-8 bar			
Tensions	24 V DC		/	230 V AC, 50 Hz
Puissance	2,5 W		/	6 VA
Fonctionnement	100%			
Protection électrique	IP 65 DIN 40050			

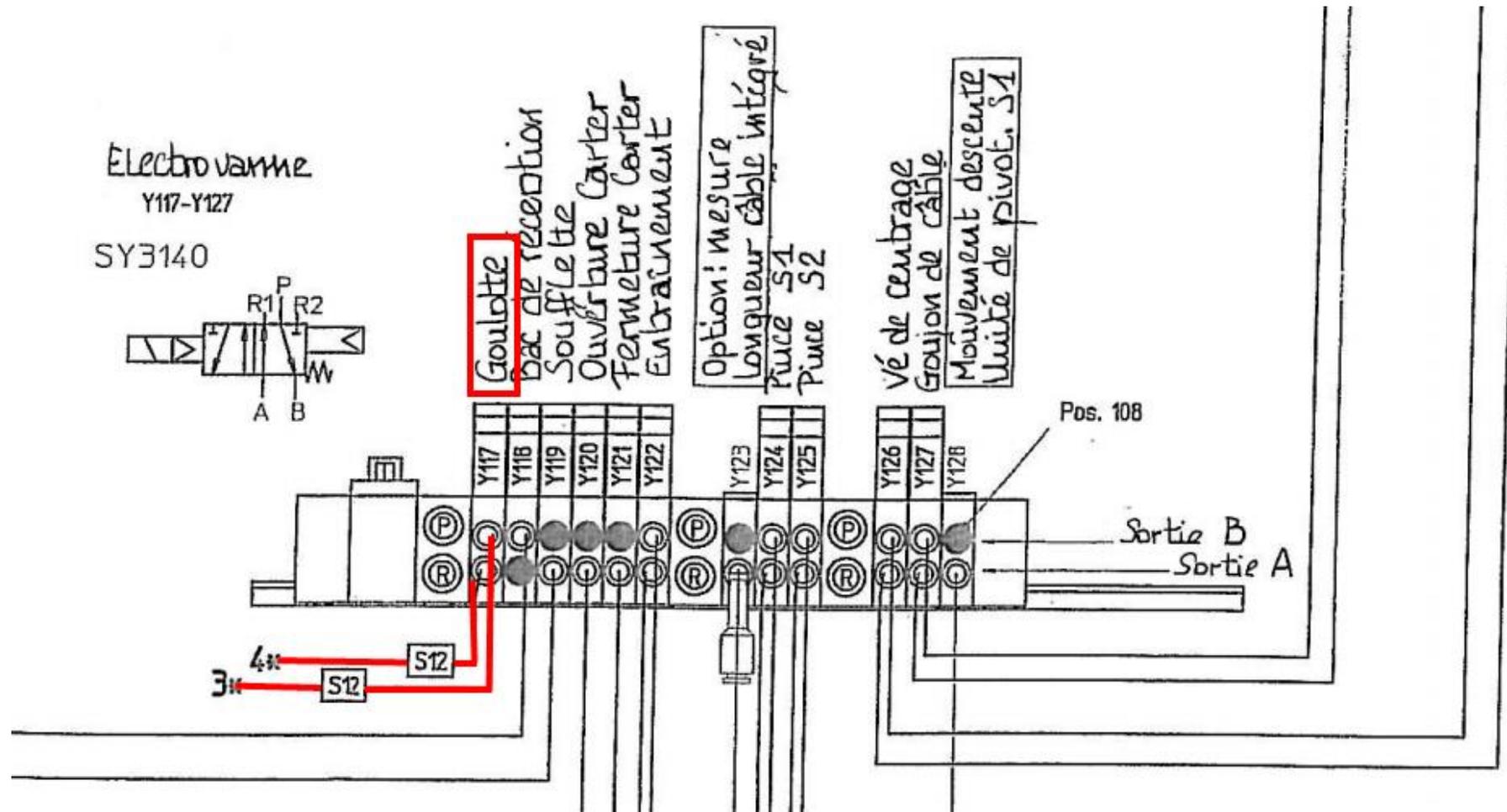
* autres plages de température possibles sur demande

Distributeurs 3/2 intégrés-VOE pour OSP-P25, P32, P40, et P50



Annexe 12 : Schéma pneumatique de la machine de coupe KOMAX Alpha 455

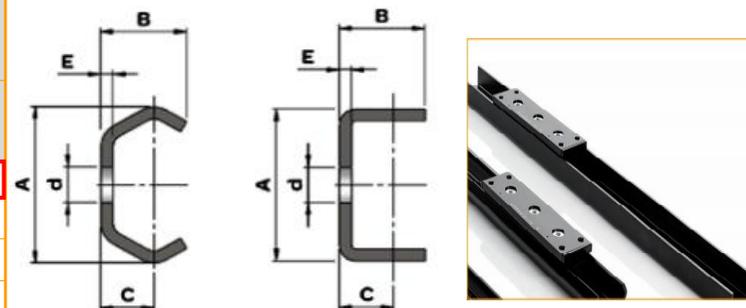




Annexe 13: Catalogue ECMU CSR du guidage à galets

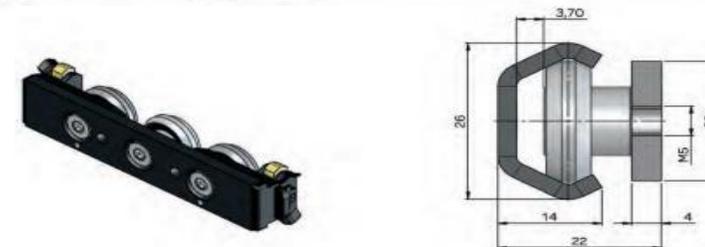
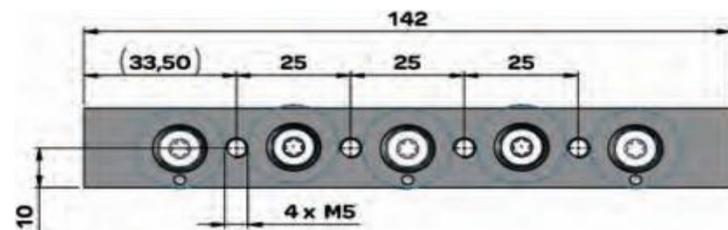
Rails de guidage

Type de rail	Dimensions					Vis	Poids (Kg/m)
	A (mm)	B (mm)	C (mm)	d (mm)	E (mm)		
LAN .. 26	26	14	9,5	6,5	2,5	M5 - ISO 7380	0,80
LAN .. 30	29.5	15	10	6.5	2.5	M5 - ISO 7380	0.95
LAN .. 40	39.5	21	13	9	3	M8 - ISO 7380	1,55
LUN .. 40	38.5	21	13	9	3	M8 - ISO 7380	1.70



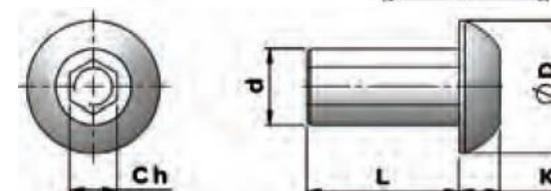
Chariots

référence	Co rad (N)	Co ax (N)	Mx (Nm)	My (Nm)	Mz (Nm)
PAN26-3	1120	380	3	9	16
PAN26-3T					
PAN26-5	1520	540	5	15	45
PAN26-5T					
PAN30-3	1200	420	4	10	17
PAN30-3T					
PAN30-5	1620	580	6	17	50
PAN30-5T					



Vis de fixation des rails

Rail	Réf de la vis	d	L	D	K	Chc
Taille 26 et 30	Vis-M5-ISO7380	M5	10	9.5	2.7	3
Taille 40	Vis-M8-ISO7380	M8	10	14	4.3	5



Annexe 14 : Symboles des différents éléments des circuits de commande et de puissance

Désignation	Schéma
Distributeur 5/2 bistable à commande électropneumatique	
Distributeur 5/2 monostable à commande électropneumatique	
Distributeur 3/2 bistable à commande électropneumatique	
Distributeur 3/2 monostable à commande électropneumatique	
Distributeur 4/2 bistable à commande électropneumatique	
Distributeur 5/3 monostable à centre fermé à commande électropneumatique	
Distributeur 5/3 monostable à centre ouvert à commande électropneumatique	
Réducteur à débit réglable avec clapet anti retour	
Clapet anti retour	
Réducteur à débit réglable	
Distributeur 2/2 bistable à commande électropneumatique	
Distributeur 2/2 monostable à commande électropneumatique utilisé comme bloqueur	

Annexe 15 : Symboles des différents éléments des circuits de commande et de puissance

Temps de début de prise	Durée de sortie de la goulotte rétractable (en secondes)			
	Opérateur		Opératrice	
	Jour 1	Jour 2	Jour 3	Jour 4
8h35	1,63	1,6	1,68	1,7
8h40	1,61	1,63	1,7	1,71
8h45	1,63	1,62	1,67	1,69
8h50	1,6	1,64	1,69	1,7
9h00	1,62	1,62	1,72	1,72
10h00	1,63	1,65	1,71	1,7
10h30	1,65	1,64	1,74	1,71
11h00	1,63	1,62	1,76	1,76
12h00	1,64	1,66	1,78	1,75
12h30	1,67	1,68	1,76	1,79
13h00	1,7	1,67	1,8	1,8
14h00	1,69	1,71	1,81	1,81
14h15	1,73	1,75	1,83	1,8
14h30	1,7	1,72	1,82	1,83
14h45	1,74	1,73	1,85	1,86
Moyenne/Jr	1,66	1,66	1,75	1,75
Moyenne/Op	1,66		1,76	

D

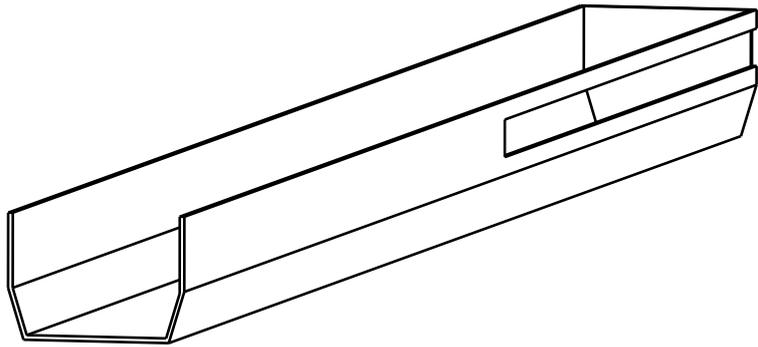
C

B

A

4

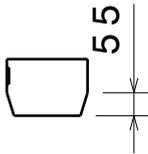
4



Vue isométrique
Echelle : 1:8

3

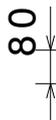
3



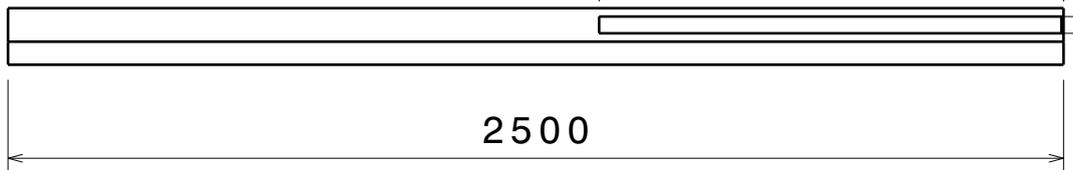
Vue de droite
Echelle : 1:18



55



80



2500

1100



40

Vue de face
Echelle : 1:18

2

2



2500

Vue de dessus
Echelle : 1:18

1

1

DESIGNED BY:
Karam HIMDI
DATE:
15/06/2017

CHECKED BY:
XXX
DATE:
XXX

SIZE
A4

SCALE
XXX

Goulotte fixe

DASSAULT SYSTEMES

DRAWING NUMBER
1

SHEET
1

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A