



PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du :

Diplôme d'Ingénieur d'Etat
Spécialité : **Conception Mécanique et Innovation**

CONCEPTION ET REALISATION D'UN MECANISME DE DEBOUTONNAGE

Effectué au sein de SNOP-Tanger
Département méthodes et industrialisation

Soutenu le 20 Juin 2016

Par :
M. Taha WASSAD

Jury :

Pr. A. ABOUTAJEDDINE (FSTF)
Pr. A. EL HAKIMI (FSTF)
Pr. M. EL MAJDOUBI (FSTF)

Encadré par :

- Pr. M. EL MAJDOUBI (FSTF)
- M. M. JABBOUR (SNOP)

Année Universitaire : 2015-2016

Remerciement :

Au terme de mon projet de fin d'études, j'exprime ma profonde gratitude à mes parents pour leurs sacrifices et à tout le cadre administratif et professoral pour leurs efforts considérables, spécialement le département Mécanique en témoignage de ma reconnaissance.

Je tiens à remercier mon encadrant industriel M. JABBOUR et mon professeur encadrant Pr. EL MAJDOUBI ainsi que pour leur encadrement, leurs conseils et leur contribution à l'aboutissement de ce travail.

Mes vifs remerciements sont aussi adressés aux membres du jury qui m'ont fait l'honneur de cerner ce travail avec un œil d'experts et un apport aussi rectificatif que concluant.

Ma reconnaissance est adressée enfin à l'ensemble du personnel de la société SNOP Tanger : cadres, employés et opérateurs pour leur soutien, leur aide et surtout leur sympathie.

Résumé :

L'objet de ce travail est de concevoir et réaliser un mécanisme de déboutonnage à la société SNOP de Tanger, qui va permettre au secteur assemblage de pallier aux problèmes liés à l'opération déboutonnage.

Ce travail a commencé par analyser le besoin dans l'atelier de déboutonnage, suivi d'une analyse fonctionnelle qui nous a permis d'établir un cahier des charges fonctionnel. Après, nous avons proposé plusieurs solutions et nous avons choisi celle qui paraît la plus adéquate, et ceci selon des critères de sécurité, coût et facilité de manipulation.

La phase de dimensionnement a porté sur une partie hydraulique et une autre mécanique. Nous nous sommes basés dans notre étude sur un calcul manuel, ainsi que des simulations avec des logiciels d'étude, et ceci pour confirmer les résultats obtenus.

Nous avons établis des cahiers des charges détaillés que nous avons transmis aux fournisseurs de l'entreprise, dans le but d'avoir un chiffrage complet de notre investissement.

La passation des commandes et la réalisation sur le site sont liées au développement de l'aspect sécurité de la machine. On entamera par la suite de ce travail, le perfectionnement de ce côté afin de pouvoir lancer la réalisation du projet.

Abstract:

The purpose of this work is to design and implement a hydraulic peeling off system at SNOP-Tangier Society. It will allow the destructive testing workshop to overcome the problems associated with the operation of the weld spot peel out.

This work began with an analysis of the need the destructive testing workshop, followed by a functional analysis that allowed us to establish a functional specification. After we proposed several solutions and we chose the one that seems appropriate, and this according to criteria of safety, cost and ease of handling.

The design phase focused on hydraulic and mechanical parts. We based our study on a manual calculation and simulation study on software, and this to strengthen our work.

We have established the detailed specifications we sent to the company's suppliers in order to have a complete encryption of our investment.

The passage of controls and implementation on the site is linked to the development of the safety aspect of the machine. We begin by following this work, the development of this side in order to launch the project.

Table des matières

Introduction générale.....	1
CHAPITRE I	2
1. Présentation de l'organisme d'accueil :	3
1.1. Groupe FSD : SNOP+SMOM.....	3
Historique du groupe FSD :.....	3
Les différentes implantations du groupe :.....	4
1.2. SNOP – Tanger :	4
L'organigramme de la société :	6
Processus de fabrication :.....	7
Secteur emboutissage :	7
Secteur assemblage :	8
Secteur outillage :	9
Secteur profilage et cintrage :	9
Clients Entreprise :.....	10
Produit de l'entreprise :	11
1.3. Département d'accueil : Méthodes et industrialisation :.....	13
Missions du service méthodes et industrialisation :	13
L'organigramme de service Méthodes et industrialisation	14
2. Présentation du projet :.....	14
2.1. Contexte du projet & problématique :.....	14
2.2. Les acteurs du projet :	16
2.3. Contexte pédagogique.....	16
2.4. La méthode des QQQQCP.....	16
2.5. Objectifs :.....	16
2.6. Démarche du projet.....	17
3. Planification du projet : (voir annexe 1)	18
4. Etude de faisabilité	18
4.1. Faisabilité organisationnelle	18
4.2. Faisabilité technique.....	19
Conclusion	20
CHAPITRE II	21
1. L'analyse fonctionnelle	22
1.1. Définition du besoin	22

1.2.	L'analyse fonctionnelle externe.....	23
	Diagramme pieuvre :	23
	Hiérarchisation des fonctions	26
	Matrice de tri-croisé :	27
	Cahier des charges fonctionnel	28
1.3.	Analyse fonctionnelle interne.....	29
1.4.	Analyse multicritère des solutions	32
1.5.	Choix des éléments constitutifs.....	33
	Conclusion	34
	CHAPITRE III	35
1.	Dimensionnement des vérins	36
1.1.	Calcul de l'effort de déboutonnage	36
1.2.	Dimensionnement des vérins hydraulique	37
	Calcul des sections et de la course des vérins	37
	Vérification du flambement de la tige du vérin.....	38
	Vérification de la pression dans les chambres des vérins	41
2.	Dimensionnement du circuit d'alimentation	41
2.1.	Schéma du circuit proposé	41
2.2.	Détermination des débits et puissance dans le circuit.....	43
	Cartographie des pressions	43
	Description du mouvement.....	45
	Détermination des débits dans le circuit.....	48
	Calcul de puissance.....	49
5.	Choix des composants du circuit hydraulique.....	49
5.1.	Choix du groupe motopompe.....	50
5.2.	Choix du distributeur proportionnel	50
5.3.	Choix du limiteur de débit avec clapet anti-retour	50
5.4.	Choix du limiteur de pression	51
5.5.	Choix des flexibles	51
5.6.	Choix du réservoir.....	52
6.	Vérification et évaluation du rendement de l'installation	52
6.1.	Rendement du groupe motopompe.....	52
6.2.	Rendement global de l'installation hydraulique	53
	Synthèse et conclusion	53

CHAPITRE IV	54
1. Mise en situation	55
2. Vérification de la structure métallique.....	55
2.1. Choix de la forme de la structure	55
Dimensions imposées sur la structure métallique	55
Proposition de la forme du support métallique de la machine.....	57
2.2. Choix des profilés de la structure	57
2.3. Démarche de calcul et simulation	59
2.4. Application sur la structure du mécanisme	60
2.5. La configuration finale retenue	64
3. Dimensionnement des outils de fixation et de déboutonnage.....	64
3.1. Démarche de calcul suivie	64
3.2. Choix de matériaux.....	64
3.3. Calcul Analytique	67
3.4. Simulation sous CATIA V5.....	69
4. Chiffrage de la réalisation du mécanisme de déboutonnage.....	72
4.1. Chiffrage de la partie hydraulique	73
4.2. Chiffrage de la partie mécanique	73
4.3. Chiffrage total de la réalisation et gain	74
Conclusion & synthèse	75
Conclusion générale & perspectives	76
Bibliographie et Webographie.....	77
ANNEXE 1: planning.....	78
ANNEXE 2 : Diagramme FAST	79
ANNEXE 3 : vérification du bâti en I sous Robobat.....	82
ANNEXE 4 : Vérification du bâti en profilé carré sous Robobat	83
ANNEXE 5: Devis TAMED	84
ANNEXE 6 : Devis METALIX.....	85
ANNEXE 7 : Devis SECOFLUID	86

Liste des figures

Figure 1: Carte des implantations de Groupe FSD.....	4
Figure 2: Implantation de SNOP-Tanger à la Zone Franche de Tanger	6
Figure 3: Organigramme de la société.....	7
Figure 4: le secteur d'emboutissage	8
Figure 5: Secteur PRP et Ilots Robotisés.....	8
Figure 6: Secteur outillage.....	9
Figure 7 : Profileuse et cintreuse.....	10
Figure 8: Organisation des flux de la matière.....	10
Figure 9: Pièces fabriquées à SNOP	12
Figure 10: Pièces moteurs et composants.....	12
Figure 11: Pièces techniques équipementiers en acier.....	13
Figure 12: Organigramme du service Méthodes et industrialisation	14
Figure 13 : l'essai de déboutonnage.....	15
Figure 14: marteau-burin / marteau-douilles.....	15
Figure 15 : croquis d'une solution proposée pour le mécanisme	20
Figure 16: bête à cornes	22
Figure 17: Pieuvre phase conception	23
Figure 18: Pieuvre phase fonctionnement normal.....	24
Figure 19 : Pieuvre phase fonctionnement anormal.....	25
Figure 20 : Pieuvre phase maintenance	25
Figure 21: matrice de tri croisé.....	27
Figure 22: diagramme en béton de classification des fonctions	27
Figure 23 : Vérin hydraulique et moteur électrique.....	29
Figure 24 : Solution 1 proposée.....	30
Figure 25 : Devis masques de fixation	31
Figure 26 : Solution 2 proposée.....	31
Figure 27 : démarche de l'analyse multicritère	32
Figure 28 : Schéma de la surface de rupture Af en déboutonnage.....	36

Figure 29 : Flambement de la tige du vérin	39
Figure 30 : Extrait du tableau : Facteur de course (K) en fonction du mode de fixation. Doc : BOSCH	39
Figure 31: Abaque pour la détermination des tiges au flambage. Doc : BOSCH	40
Figure 32 : schéma du circuit hydraulique	42
Figure 33 : cartographie des pressions position 1	44
Figure 34 : cartographie des pressions position 2	44
Figure 35: Loi du trapèze	45
Figure 36 : Loi du trapèze : Solution du problème	46
Figure 37 : Courbe vitesse du système	47
Figure 38 : liste des composants hydrauliques choisis	53
Figure 39 : l'étude ergonomique	55
Figure 40 : la hauteur du mi-corps	56
Figure 41 : dimension du Longerons AV G-D (Réf : 751338894R)	56
Figure 42 : forme du support machine	57
Figure 43 : modélisation de la structure du support	61
Figure 44: chargement du support machine en profilée en CARC.	62
Figure 45 : chargement de la structure en profilés en I	63
Figure 46 : Diagramme d'Ashby (module de Young - masse volumique).....	67
Figure 47 : Outil de déboutonnage.....	68
Figure 48 : modèle statique de calcul de l'outil de déboutonnage	69
Figure 49: Contrainte de Von Mises dans l'outil de déboutonnage	69
Figure 50 : Modèle de calcul de l'outil de fixation	70
Figure 51: Contrainte de Von Mises dans l'outil de fixation	71
Figure 52 : modèle de calcul de l'outil de fixation.....	71
Figure 53 : contrainte de Von Mises outil de fixation	72

Liste des tableaux

Tableau 1: Evolution du FSD	4
Tableau 2: la fiche signalétique de SNOP- Tanger.....	5
Tableau 3 : les différents clients de SNOP Tanger.....	11
Tableau 4: QQQQCP du projet.....	16
Tableau 5 : regroupement des fonctions similaires	26
Tableau 6 : cahier des charges fonctionnel	28
Tableau 7 : pondération des critères et solutions.....	33
Tableau 8: propriétés mécaniques des matières utilisées à SNOP	37
Tableau 9 : les diamètres minimaux de la matière arrachée définit par le client	37
Tableau 10: puissance lors du démarrage	49
Tableau 11 : pondération pour choix des profilés.....	59
Tableau 12 : Chiffrage de la partie hydraulique	73
Tableau 13 : Chiffrage des combinaisons possibles	74

Introduction générale

L'industrie automobile connaît un développement remarquable au Maroc. Après le succès qu'a connu l'usine SOMACA à Casablanca en assemblage automobile, Renault en partenariat avec Nissan a décidé d'implanter une usine de construction automobile à Tanger, c'est ainsi que plusieurs équipementiers dans ce domaine suivent leurs clients et s'installent aussi à Tanger.

SNOP est l'un de ces équipementiers spécialistes dans le domaine d'emboutissage des pièces complexes qui s'est installé à la zone franche. Elle a deux défis à affronter, le premier est d'assurer l'augmentation de la production de Renault en cadence pour répondre à ses besoins, le deuxième est de répondre aux nouvelles demandes.

Face à cette demande acharnée, SNOP cherche à adapter sa productivité à celle de ses clients. L'augmentation de la cadence de production au moindre coût tout en gardant la qualité des produits nécessite une maîtrise parfaite des procédés de fabrication ainsi que les limites des équipements.

Afin de réaliser leurs objectifs, l'entreprise se retourne pour écouter le client et satisfaire son besoin en termes de qualité, de délai et de coût- le plus vite possible, en menant des actions pour éliminer les causes de non-conformité.

Le travail de ce projet est organisé en quatre chapitres dont les objectifs sont illustrés comme suite :

- Le chapitre 1 : définit le contexte général du projet en présentant l'organisme d'accueil SNOP. Nous expliquerons ensuite la problématique traitée dans ce projet en décrivant la situation actuelle, et la démarche suivie.
- Le chapitre 2 : est consacré à l'analyse fonctionnelle de notre mécanisme, ainsi que la proposition des architectures possibles de la machine, permettant d'effectuer un choix convenable, et ceci selon des critères bien définis.
- Le chapitre 3 : portera sur le dimensionnement du circuit hydraulique, et le choix des différents composants à approvisionner pour réaliser la centrale hydraulique.
- Le chapitre 4 : traitera le dimensionnement de la partie mécanique de notre mécanisme, à savoir sa structure métallique ainsi que les éléments de déboutonnage et fixation, où nous allons conclure par l'estimation de la rentabilité du projet en calculant le gain en temps et en coût.

CHAPITRE I :

CONTEXTE GENERAL DU PROJET

Ce chapitre vise à décrire l'entreprise accueillante et ses départements ainsi que ses secteurs d'activité et son processus de fabrication.

Il présentera également le cadrage de notre projet à savoir la présentation du contexte général du problème, la problématique.

1. Présentation de l'organisme d'accueil :

1.1. Groupe FSD : SNOP+SMOM

Historique du groupe FSD :

Créé en 1991, le groupe FSD est un équipementier automobile français constitué des Quatre filiales suivantes :

- SNOP : ses activités principales sont le découpage et l'emboutissage des pièces métalliques.
- SMOM : spécialisée dans la conception et la réalisation d'outillage de presses.
- SNWM : active dans le domaine du profilage et du cintrage
- BALCONI : s'occupe de la fabrication des presses.

Dans un contexte de rude compétitivité et d'innovation quasi permanente, le groupe FSD a su s'imposer comme leader européen de la fabrication de composants métalliques pour l'industrie automobile ; Cette performance découle d'une constante évolution :

Année	Evolution
1981	Création SNOP Noisy (France)
1987	Création BRIOUDE (France)
1991	Rachat de DUNOIS : SNOP COUSANCE (France) Création du groupe FSD
1993	Rachat de Model : SNOP BESANCON (France)
1995	Création de SNOP CZ-PISEK (Ré Tchèque)
1996	Création de SNOP Systèmes CATALUNYA-IGUALDA (Espagne)
1998	Création de SNOP SYSTEMS Gmbh-WOLFBURG (Allemagne)
1999	Création SNOP ETUPES (France) Rachat d'EURODEC ; SNOP GACE et SNOP THIBERVILLE (France)
2001 / 2002	Agrandissements des Usines de : GACE, CATALUNYA et PISEK
2006	Création de SNOP POHORELICE (Ré. TCHEQUE)

2008	Création SNOP IZMET METAL – ARSLANBEY (TURQUIE) Rachat SMOM (France) Création « JOINT VENTUR » (CHINE) et WUHAN (CHINE)
2009	Rachat de BALCONI
2011	Création de SNOP Tanger
2014	Création de la plateforme ILN

Tableau 1: Evolution du FSD

Les différentes implantations du groupe :

Le groupe FSD a réalisé, durant les cinq premiers mois de 2013, un chiffre d'affaire de 661 millions d'euros. Il emploie 4.500 personnes réparties sur 26 usines dans huit pays (France, Espagne, République Tchèque, Grande-Bretagne, Italie, Turquie, Maroc et Chine).



Figure 1: Carte des implantations de Groupe FSD

1.2. SNOP – Tanger :

L'usine SNOP Tanger s'étale sur une superficie de plus de 5 ha dont 1 000 m² dédiés aux services administratifs et équipements sociaux pour le personnel. C'est la première implantation du groupe FSD sur le continent africain et qui a nécessité un financement de 300 millions de DH. Cet investissement vise notamment à accompagner le nouveau projet de l'usine Renault de Melloussa (Tanger) et à répondre également à une volonté d'accompagnement des marchés émergents de la zone méditerranéenne.

Le tableau présente la fiche signalétique de SNOP Tanger :

Statut juridique	SA
Identité	
Raison sociale	SNOP Tanger
Adresse	Zone franche d'exploitation Lot 65 /66 –Tanger
Noms des dirigeants	Michel Henri PINAIRE : Président du Directoire Michel PINAIRE : Président du Conseil de Surveillance Tajeddine BENNIS : Directeur du site
Nombre de salariés	2011 : 131
	2012 : 233
	2014 : 350
	2016 : 400

Tableau 2: la fiche signalétique de SNOP- Tanger



Figure 2: Implantation de SNOP-Tanger à la Zone Franche de Tanger

Au-delà de la valeur investie, cette unité industrielle contribuera à un meilleur positionnement du Maroc dans les métiers liés à l'automobile, qui représentent l'un des grands axes de la stratégie industrielle nationale.

L'organigramme de la société :

La société SNOP-Tanger est dirigée par Monsieur Tajeddine BENNIS, l'organigramme de l'entreprise est donné dans la figure :

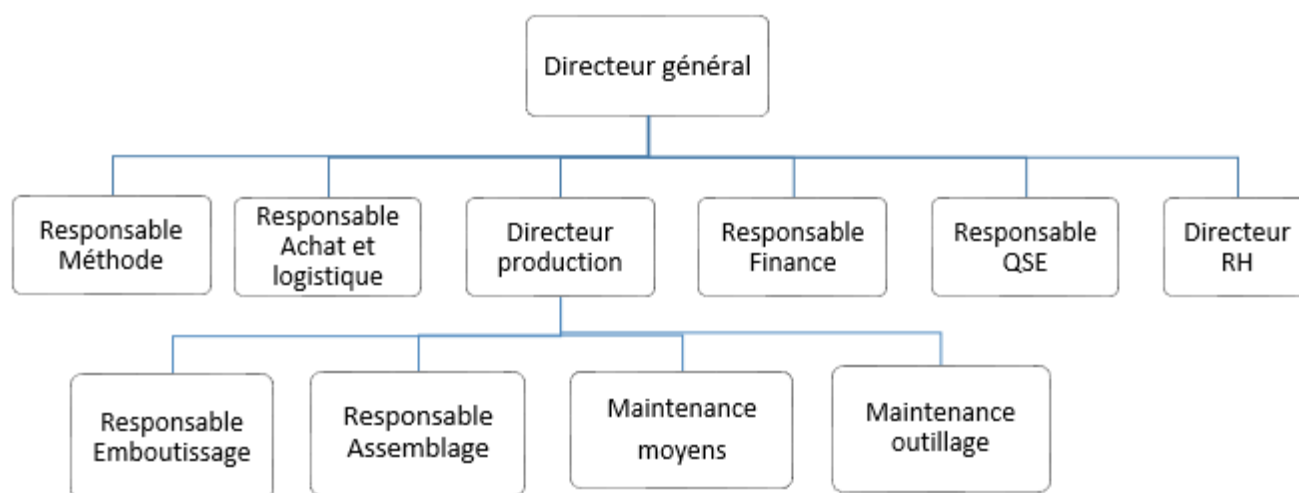


Figure 3: Organigramme de la société

Processus de fabrication :

Le site possède des presses d'emboutissage BALCONI, des chaînes d'assemblage de haute technologie qui assurent la production dont on trouve, des dizaines de robots d'assemblage ABB et KUKA plus une dizaine de presses de soudure (PRP). La direction du site estime la consommation annuelle à 21 000 tonnes de tôles d'acier en bobines.

Les locaux de la SNOP-Tanger sont repartis en :

- Hall outillage ; Hall bobines ;
- Zone Robots SR ; Zone Robots MAG ;
- Zone presses BALCONI ; Zone profilage/cintrage/façonnage ;
- Zone métrologie ; Zone mécanisme ; Zone soudure PRP ;

Secteur emboutissage :

Le secteur d'emboutissage comprend :

- Une presse de 315 tonnes
- Deux presses de 630 tonnes
- Quatre presses de 1200 tonnes
- Trois ponts de capacités 32 tonnes pour transporter les outils et les bobines d'acier.

La figure suivante représente la zone d'emboutissage



Figure 4: le secteur d'emboutissage

Secteur assemblage :

Ce secteur se divise en deux parties :

L'assemblage 1, qui regroupe :

- 28 petites presses à souder par résistance (PRP)
- Deux pinces de soudage par résistance à guidage manuel

Et l'assemblage 2, qui centralise essentiellement des cellules robotisées pour la soudure :

- 11 Ilots de soudure par résistance SR ;
- 7 Ilots de soudure par arc électrique MAG ;

Les deux figures représentent les deux secteurs d'assemblage 1 et 2



Figure 5: Secteur PRP et Ilots Robotisés

Secteur outillage :

Le secteur outillage se divise en deux parties :

- Parc outillage : Cette zone est destinée au stockage des outils et la préparation pour la mise en fonctionnement par montage dans la presse.
- Atelier outillage : Cet atelier est destiné à la préparation et le maintien des outils, les opérations effectuées dans l'atelier sont de nature sécurisation ou/et conception des éléments dans l'outil.

Le transport et la mise en place des outils du lieu d'entretien au table de presse est assuré par des guides à bandes amovible, ces derniers et à l'aide d'un pont permettent la manutention en toute sécurité.

Les outils permet d'obtenir des pièces à chaque coup de presse, il se compose deux matrices (inférieur et supérieur) qui impose la déformation plastique de la tôle (procédé d'emboutissage)

La figure suivante présente une vue global du secteur outillage



Figure 6: Secteur outillage

Secteur profilage et cintrage :

Ce secteur dispose des machines pour la réalisation des produits profilés à partir de rouleaux de feuillard en barres droites ou cintrées. Il permet plusieurs possibilités techniques variées.

L'atelier de profilage se compose de :

- Une profileuse
- Une façonneuse
- Une Cintreuse
- 2 presses de reprise de 160 tonnes & une presse de reprise de 150 tonnes



Figure 7 : Profileuse et cintruse

La figure montre l'organisation des flux de la matière dans l'usine.

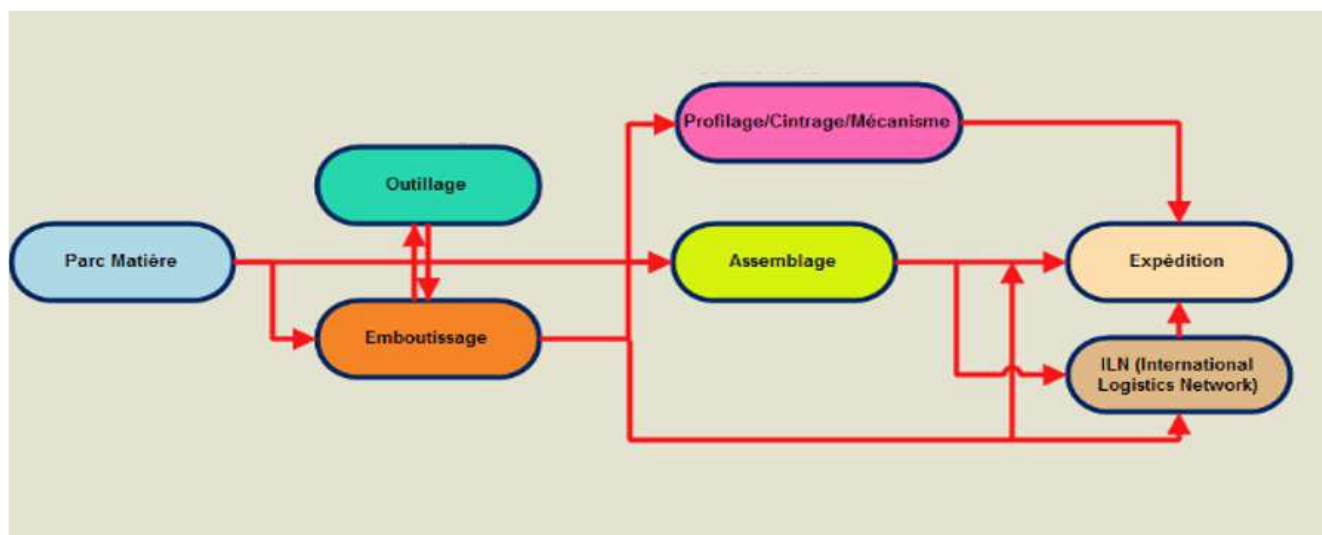


Figure 8: Organisation des flux de la matière

Clients Entreprise :

SNOP Tanger livre plusieurs clients et marques dans le monde, plus de détails dans le tableau

les clients nationaux	les clients internationaux
❖ Renault Tanger Exploitation  ❖ Renault Casablanca (Site de SOMACA)  ❖ VISTEON (Equipementier automobile basé à Tétouan) 	❖ Renault Monde • France (Flins, Cergy)  • Espagne (Valladolid) • Brésil • Turquie • Inde • Afrique du sud • Colombie ❖ SNOP VIGO ❖ KEIPER (Equipementier automobile) basé au Brésil)  ❖ GESTAMP (Equipementier automobile basé à la Russie) 

Tableau 3 : les différents clients de SNOP Tanger

Produit de l'entreprise :

SNOP Tanger produit des différentes références pour les projets J97 et FK67 de Renault et d'autres marques mondiales. Ces références sont regroupées dans trois groupes :
Soubassements, superstructures et ouvrants

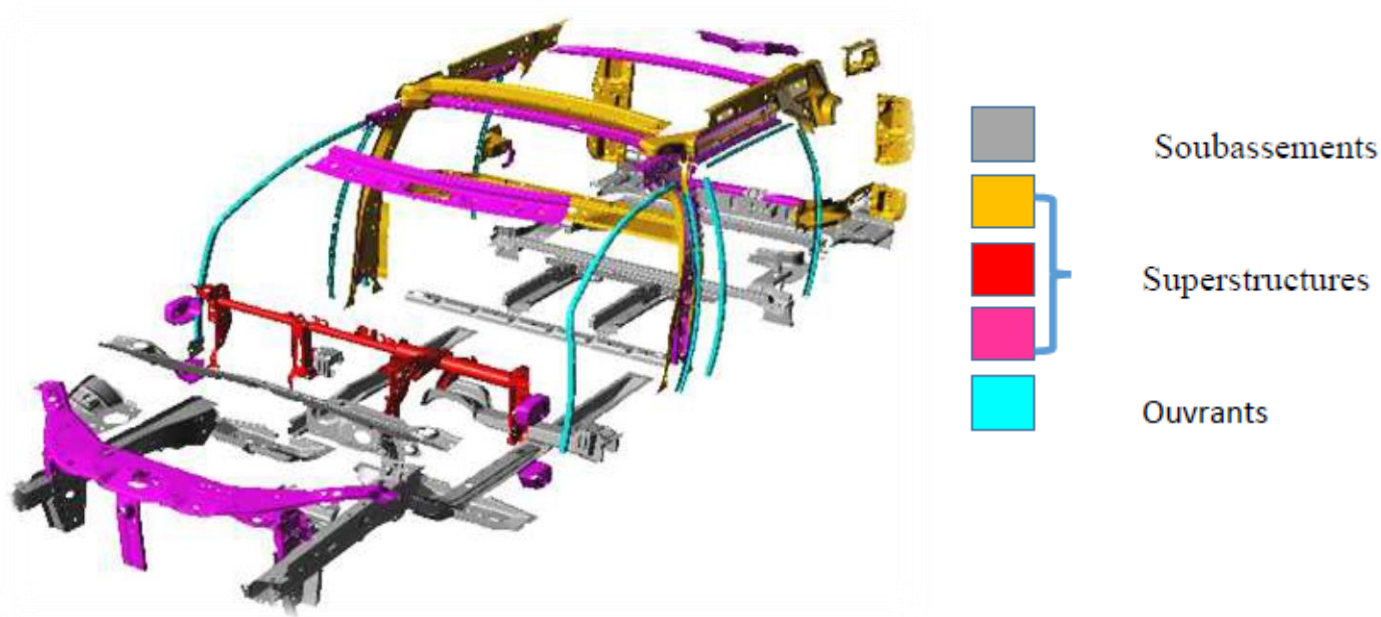


Figure 9: Pièces fabriquées à SNOP

La connaissance technique dans les processus de découpage automatique permet de concevoir et d'industrialiser des pièces complexes dans tous types de matériaux (aciers, inox, aluminium).



Figure 10: Pièces moteurs et composants



Figure 11: Pièces techniques équipementiers en acier

1.3. Département d'accueil : Méthodes et industrialisation :

Missions du service méthodes et industrialisation :

Le service méthode et industrialisation de la société SNOP a pour mission d'optimiser et améliorer la performance en termes de qualité, sécurité et fiabilité des processus. Pour ce faire, il est amené à remplir les tâches suivantes :

- Coordonner entre les différents métiers (production, qualité, logistique et outillage) la réalisation des projets d'amélioration ;
- Définir et suivre la mise en place des actions d'amélioration de la productivité (analyse de la performance : Cout, Qualité, Délai) ;
- Proposer des évolutions techniques possibles à court, moyen et long terme (flux, technologie, capacitaire) ;
- Gérer l'archivage des documents produit ;
- Mettre au point des nouveaux équipements ;
- Elaborer les modes opératoires, instructions de travail et paramètres d'injection pour les différents équipements ;
- Etudier la faisabilité de la modification produit et processus (chiffrage et qualification) ;
- Gérer la manutention et le bâtiment ;
- Etablir le descriptif de condition logistique (DCL) ;
- Organiser des zones de stockage et d'emballage ;
- Optimisation de flux interne et externe ;
- Effectuer et suivre des commandes clients liées à son périmètre ;
- Gestion complète de nouveaux projets ;

L'organigramme de service Méthodes et industrialisation

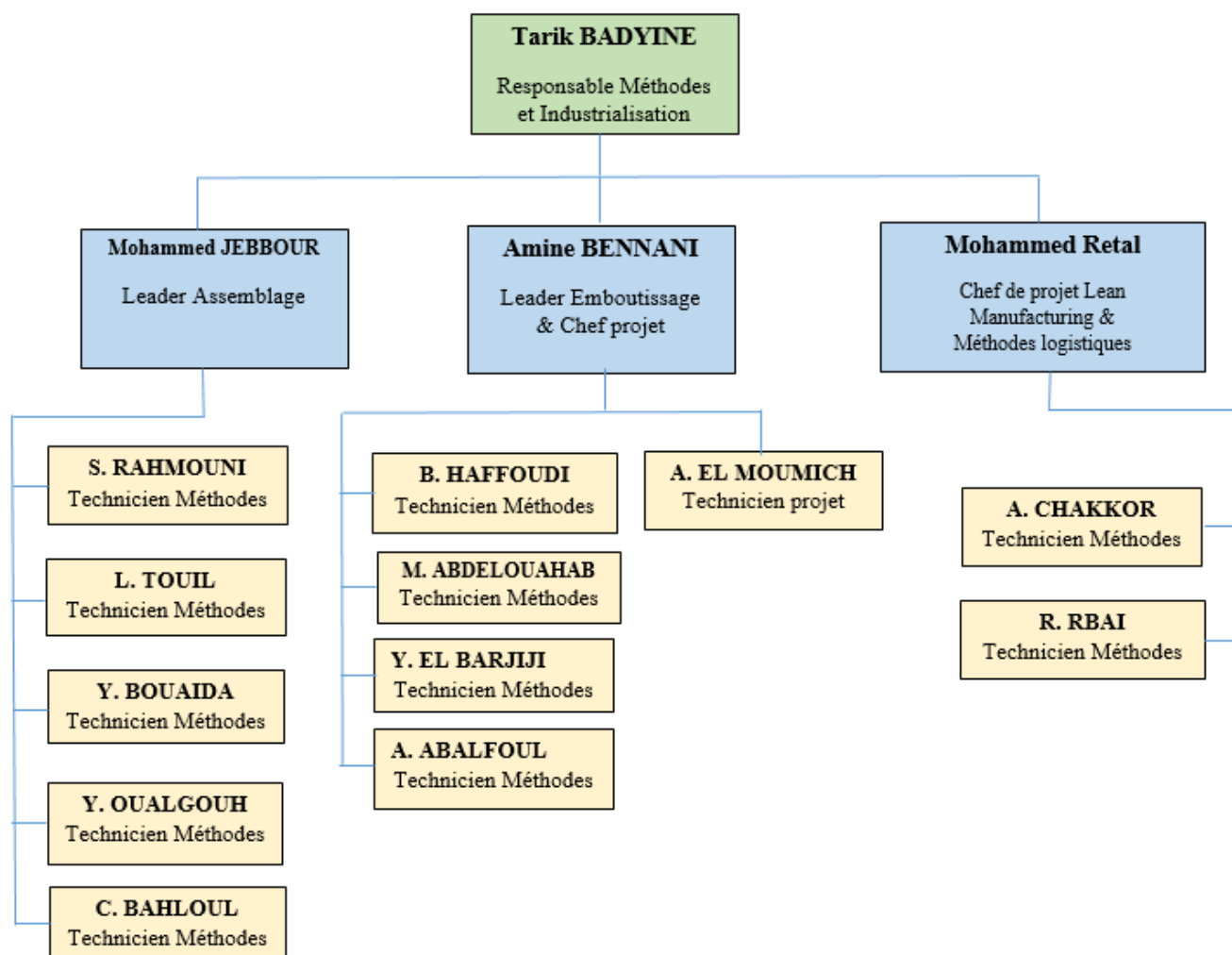


Figure 12: Organigramme du service Méthodes et industrialisation

2. Présentation du projet :

2.1.Contexte du projet & problématique :

La figure 8 représente le processus de production chez SNOP ainsi que les diverses combinaisons de passage des pièces possibles.

Toutes les pièces sont à provenance de l'emboutissage. Elles sont soit directement stockées dans le SPF (Stock des Produits Finis) si c'est un PF, soit stockées dans le SSF si c'est un PSF pour être ensuite sollicitées soit par les PRP, les ilots ou les deux ; c'est-à-dire qu'après le passage sur les PRP, les pièces seront encore des PSF qui nécessiteront un assemblage via robot de soudage.

Afin de s'assurer de la qualité des pièces assemblées, SNOP mène des contrôles sur ses produits, parmi eux le déboutonnage, contrôle destructif qui permet de juger la tenue mécanique du point de soudure par observation du rivet matière ou du noyau fondu, il se fait par : marteau burin, marteau douille ou pince à déboutonner.



Figure 14: marteau-burin / marteau-douilles

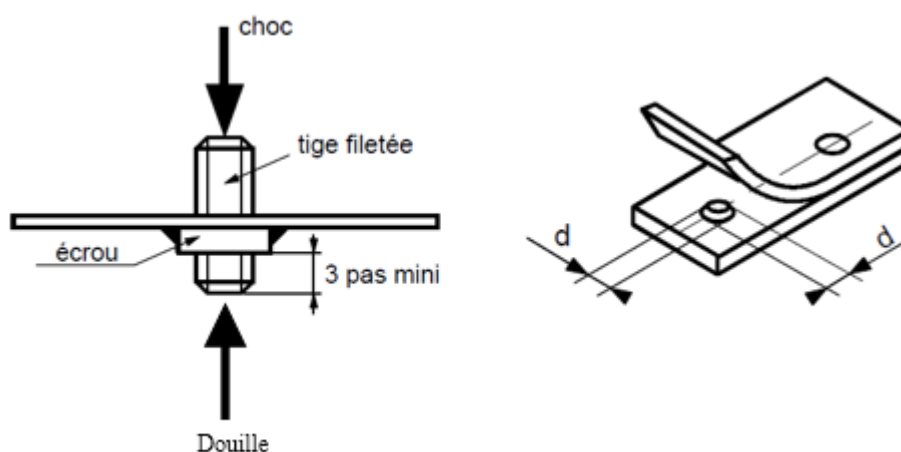


Figure 13 : l'essai de déboutonnage

En effet, le déboutonnage actuel est fait manuellement et directement par l'intervention de l'opérateur dans l'atelier de déboutonnage pour pouvoir déboutonner des pièces allant jusqu'aux 300 pièces par jour. Cette méthode de déboutonnage engendre plusieurs problèmes qui peuvent être résumés en :

- Des risques liés à la sécurité de l'opérateur : ils consistent au dommage corporel causé par l'effort déployé par l'opérateur, ainsi que le contact direct avec les pièces déboutonnées.
- La no-réproductibilité des résultats obtenus lors du déboutonnage, alors que les pièces sont assemblées de la même façon, la même machine et les mêmes paramètres. Ce qui signifie que l'essai n'est pas fiable à 100%, alors il y a risque d'incidents clients qui touchent l'image de SNOP.
- Un local de contrôle très modeste (marteau-burin, marteau-douille & des étaux) et un temps de cycle très élevé.

Comment innover le local destructif de SNOP en intégrant de nouvelles technologies ?

2.2. Les acteurs du projet :

Encadrant pédagogique :

Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques (FST Fès) Pr. Mohammed EL MAJDOUBI.

Encadrant professionnel :

Le service méthodes et industrialisation représenté par son responsable M. Mohammed JABBOUR.

Expert soudage :

L'expert soudage M. Said RHANMOUNI.

Expert outillage :

L'expert outillage M. René BARONIE.

2.3. Contexte pédagogique

Ce projet s'inscrit dans le cadre des projets de fin d'étude de la formation d'ingénieur d'état en génie mécanique à la FST de Fès.

2.4. La méthode des QQOQCP

Quoi ?	L'industrialisation du local d'essai destructif
Qui ?	Le service méthodes et industrialisation et l'ingénieur stagiaire Taha WASSAD
Où ?	L'usine SNOP Tanger
Quand ?	à partir de 02 Février 2016 à 31 Mai 2016
Comment ?	Conception et réalisation d'un mécanisme de déboutonnage
Pourquoi ?	Assurer la sécurité du personnel et la répétitivité et la fiabilité des résultats

Tableau 4: QQOQCP du projet

2.5. Objectifs :

Le projet s'inscrit dans le cadre de l'amélioration de l'atelier destructif dans le site du SNOP Tanger. Ainsi, la SNOP vise à assurer la qualité totale de ses produits et la satisfaction de ses clients, tout en garantissant de bonnes conditions de travail pour les opérateurs du site.

Le projet, s'intitulant la conception et la réalisation d'un mécanisme de déboutonnage, permettra d'atteindre les objectifs suivants :

- Permettre à l'opérateur de manipuler et contrôler l'opération en toute sécurité et sans déployer un effort énorme.
- Concevoir un système permettant l'industrialisation du contrôle sur ce poste.
- Assurer la répétabilité et la fiabilité des résultats.

- Améliorer le temps de cycle.

2.6.Démarche du projet

- Définir le contexte du projet

Dans cette phase nous identifierons le besoin, et justifierons l'existence du projet, à travers l'exposition de sa problématique et ses objectifs. Nous procéderons aussi par une étude de l'existant, de la faisabilité et des risques liés au projet.

- Etablir le cahier des charges associé au besoin

L'élaboration du cahier des charges est une étape primordiale dans n'importe quel projet. Elle permet de bien cerner les différents objectifs du projet ainsi que les contraintes sous lesquelles nous devons répondre au besoin.

Dans cette phase, nous aurons besoin de voir l'opération de déboutonnage sur terrain, et dégager les différents paramètres agissant sur cette opération. Nous ferons aussi appel à des rencontres avec les opérateurs et les responsables du secteur assemblage, afin de savoir leurs attentes et exigences.

- Recherche des solutions existant sur le marché

Cette phase nous permettra de chercher les différentes solutions disponibles sur le marché, afin de les analyser, les critiquer et de s'inspirer de leurs mécanismes utilisés. Nous aurons besoins aussi de nous renseigner sur les couts des mécanismes de déboutonnage pour justifier le fait de faire la conception et la réalisation au sein de la société.

- Analyse fonctionnelle

Dans cette phase nous allons procéder par une analyse externe et interne. En effet, l'analyse externe vise à faire une étude plus approfondie des besoins pour que la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre puissent s'entendre sur un document contractuel.

Elle consiste à exprimer les besoins uniquement de manière fonctionnelle et non en termes de solutions afin de dégager les fonctionnalités nécessaires de l'ouvrage. Cette phase se conclut par l'établissement du cahier des charges fonctionnel qui doit être validé par les différents intervenants du projet. Cependant, l'analyse interne vise à chercher les différentes solutions possibles pour chaque fonction, étudier les solutions pour en fin les exploiter et les expliciter sous forme de schémas et de dessins. Les outils qui seront utilisés durant cette phase sont : FAST, l'analyse de la valeur,... L'évaluation des solutions sera faite en tenant compte des critères de coût, de faisabilité, d'encombrement, d'environnement, de risques...etc.

- Choix de la solution / Conception & dimensionnement :

Dans cette phase, nous ferons le choix de la solution finale sur la base de l'évaluation déjà faite dans l'analyse fonctionnelle. Puis, nous dimensionnerons les composants constituant notre mécanisme dont l'architecture est préalablement définie. Ce dimensionnement se basera sur le calcul manuel ainsi que des simulations avec des logiciels. A la fin de cette phase, nous sommes censés détenir des plans détaillés et des cahiers des charges à transmettre aux fournisseurs.

- Contact des fournisseurs

Dans cette phase, nous listerons les fournisseurs de la société dont nous aurons besoins. Puis nous leurs transmettrons nos cahiers des charges pour avoir les devis de fabrication et approvisionnement, sur lesquels le prix et le délai de livraison seront mentionnés. Après, nous choisirons les meilleures offres parmi ceux reçus de leurs parts. Nous effectuerons aussi une négociation pour une baisse des prix.

- Chiffrage du projet et validation d'investissement

Le chiffrage du projet est fait à la base des devis reçus, en incluant les frais d'implantation, et réception... la validation d'investissement sera faite par le responsable de projet lui-même au cas du non dépassement de 3000 Euros.

- Lancement des commandes et suivi de la réalisation

Dans le cas de la validation de l'investissement nous confirmerons notre demande de fabrication et nous suivrons de près la fabrication de notre mécanisme jusqu'à l'étape de la livraison.

- Assemblage sur site et essai

Après la réception des différents composants, nous ferons appel soit à des sous-traitants pour la réalisation de l'installation sur le champ, où nous ferons l'assemblage en collaboration avec l'équipe de la maintenance. Nous aurons besoin dans cette phase de faire quelques essais sur le mécanisme et valider son implantation finale.

3. Planification du projet : (voir annexe 1)

4. Etude de faisabilité

4.1.Faisabilité organisationnelle

Durant cette phase, il est nécessaire de s'assurer que l'entreprise dispose d'une structure capable de gérer le projet. Trois aspects sont à prendre en compte pour bien gérer l'étude de la faisabilité organisationnelle :

La collecte des informations :

Il faut collecter toutes les informations utiles pour réaliser un catalogue complet des besoins en ressources et outils nécessaires au développement du projet.

A ce propos, notre parrain nous a éclairci le sujet du projet et ses principaux objectifs. Les besoins vont être approfondis plus précisément en collaboration avec les différents services ayant une interaction avec la machine à réaliser, tel que la maintenance. Ses services vont coopérer afin d'avoir une machine bien performante et répondant à tous les besoins et les exigences de conception. A ce stade du projet, il est donc utile d'associer les utilisateurs à un brainstorming lors de la phase de conception. La conception

et la réalisation de la dite machine requiert, outre que les compétences managerielles nécessaires pour la gestion et la conduite du projet, des compétences techniques dans différents domaines à savoir la mécanique, CAO... En effet, la formation reçue à la FSTF représente un atout grâce à la polyvalence et la diversité des programmes vus au cours des années d'étude.

Après avoir terminé la conception, vient la phase d'approvisionnement du matériel nécessaire pour la réalisation de la machine. Ce matériel consiste en un nombre d'éléments qui doivent être standard, ou être réalisable en un coût minimal. Le délai qui représente l'un des sommets du triptyque (coût, qualité, délai) doit être pris en compte lors de la planification du projet. Intégrer une marge de sécurité supplémentaire dans l'estimation de charges ou encore faire des compromis sur le contenu (moins de fonctionnalités = délai plus court) présente une solution pour pallier aux incertitudes concernant l'estimation des charges.

Comparaison des moyens et besoins :

Une fois les besoins répertoriés, nous les comparons aux ressources, l'existence du know-how, des chaînes de production et des capacités nécessaires à la réalisation du projet. Il faut donc évaluer leur disponibilité par rapport aux autres objectifs de la société. Le bilan de ces disponibilités permettra de déterminer les ressources manquantes pour le projet.

Lors de la phase de réalisation, SNOP dispose d'un certain nombre de fournisseurs qui vont assurer l'approvisionnement des différents éléments de la machine. En cas de manque, une sous-traitance faisant appel à des ressources externes doit être faite pour satisfaire les différents besoins.

4.2.Faisabilité technique

La réalisation d'une étude de faisabilité technologique, a pour objectif de déterminer si le projet est techniquement faisable ainsi que de ressortir les principaux risques techniques et de trouver d'éventuelles solutions à ces problèmes. La démarche adoptée est la suivante :

- Définir un cahier des charges préliminaire : Dans le but d'identifier un certain nombre de spécifications techniques en relation avec l'application visée, nous avons défini le cahier des charges préliminaire illustrant les besoins généraux consistant à déboutonner les pièces assemblées, tout en minimisant l'effort déployé par l'opérateur, et les risques engendrés par le déboutonnage manuel.
- Evaluer les risques techniques éventuels : tels que la mauvaise conception et non adaptabilité à toutes les références, évolution du besoin, non-respect des normes de sécurité...
- Réaliser un dessin préliminaire : Afin de mettre en évidence la faisabilité technique, nous avons élaboré le dessin ci-dessous. Il montre une solution simple pouvant répondre aux besoins de la société :

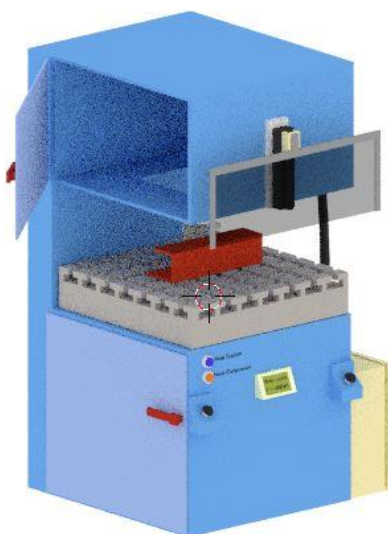


Figure 15 : croquis d'une solution proposée pour le mécanisme

Conclusion

Ce chapitre a été un prélude afin de présenter le groupe FSD et plus particulièrement la société d'accueil SNOP Tanger et l'ensemble de ses secteurs d'activités ainsi nous avons donné une vue globale sur ses produits emboutis, et par la suite nous avons défini la problématique et les objectifs de notre projet.

Le chapitre suivant a pour but de présenter l'analyse fonctionnelle ainsi qu'une analyse de l'existant.

CHAPITRE II :

Analyse fonctionnelle & Analyse de l'existant

Ce chapitre, a pour but de choisir la solution adéquate, qui fera l'objet de notre dimensionnement.

En effet, nous allons commencer par une analyse de l'existant pour bien définir nos contraintes puis nous enchaînerons par une analyse fonctionnelle interne, qui va aboutir à un cahier des charges fonctionnel, enfin nous allons faire appel à une analyse externe à l'huissier de l'outil FAST.

Après, nous allons élaborer un inventaire de plusieurs solutions possibles, et ceci dans le but de choisir la solution la plus adéquate avec des critères bien définis.

1. L'analyse fonctionnelle

Lors de cette phase, nous allons commencer par une définition du mouvement, puis nous allons faire un recensement des différentes fonctions que doit assurer le mécanisme de déboutonnage, afin de répondre à l'ensemble des besoins. Ainsi, nous allons procéder par une analyse fonctionnelle interne, qui s'appuie sur les outils suivants : digramme pieuvre, matrice de tri croisé... et ceci dans le but d'établir un cahier des charges fonctionnel

Après nous ferons appel à une analyse fonctionnelle externe, qui se base sur l'outil FAST. Dans cette phase, nous listerons toutes les solutions technologiques pouvant répondre aux fonctions techniques.

1.1. Définition du besoin

Nous définissons notre besoin, en utilisant l'outil bête à cornes puis, nous étudions sa validation tout en dégagant les éléments qui peuvent aboutir à une disparition du besoin. La figure suivante montre la bête à corne relative à notre mécanisme de déboutonnage :

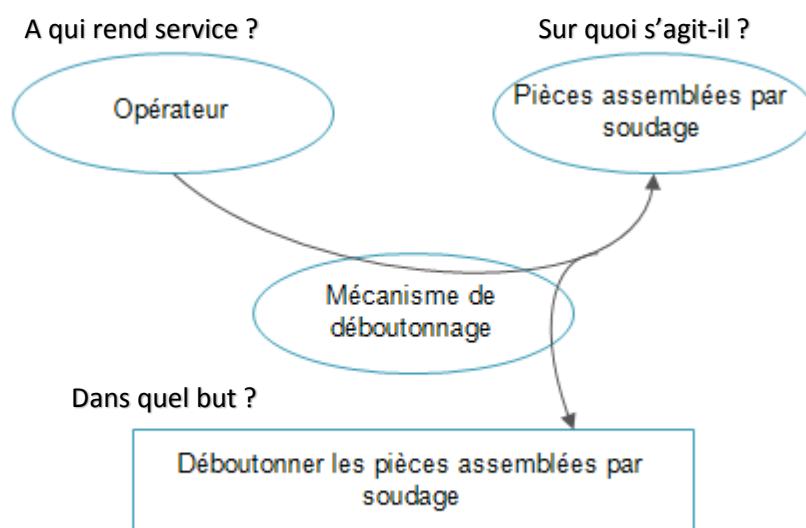


Figure 16: bête à cornes

La validation de notre besoin sera faite, en répondant aux questions suivantes :

- Pourquoi le besoin existe –t-il ?
 - Déboutonner facilement les pièces assemblées.
 - Eviter les risques corporels susceptibles d'être provoqués par le déboutonnage manuel.
- Qu'est ce qui pourrait faire évoluer le besoin ?
 - Besoin d'un temps de déboutonnage plus réduit.
 - Augmentation du nombre des pièces à manipuler.

- Besoin d'améliorer l'automatisation du processus.
- Quels sont les risques de voir disparaître le besoin ?
 - Développement des outillages moins chers et plus facile à manipuler.
 - Capacité de déboutonnage manuel sans danger corporel.

1.2. L'analyse fonctionnelle externe

Dans cette partie, nous devons dégager les différents éléments constituant l'environnement du mécanisme de déboutonnage, et ceci pour différentes phases de sa vie. Pour cela, nous ferons appel au diagramme pieuvre, ayant pour but la visualisation du milieu environnant, ainsi que des fonctions principales et contraintes auxquelles, nous sommes censés répondre. Après nous classifions les fonctions dégagées selon leurs priorités, pour établir le cahier des charges fonctionnel.

Diagramme pieuvre :

Nous avons établi le diagramme pieuvre en différentes cycles de vie du mécanisme :

- Phase de conception
- Phase de fonctionnement normal
- Phase de fonctionnement anormal
- Phase de la maintenance

⇒ **Pieuvre : phase de conception :**

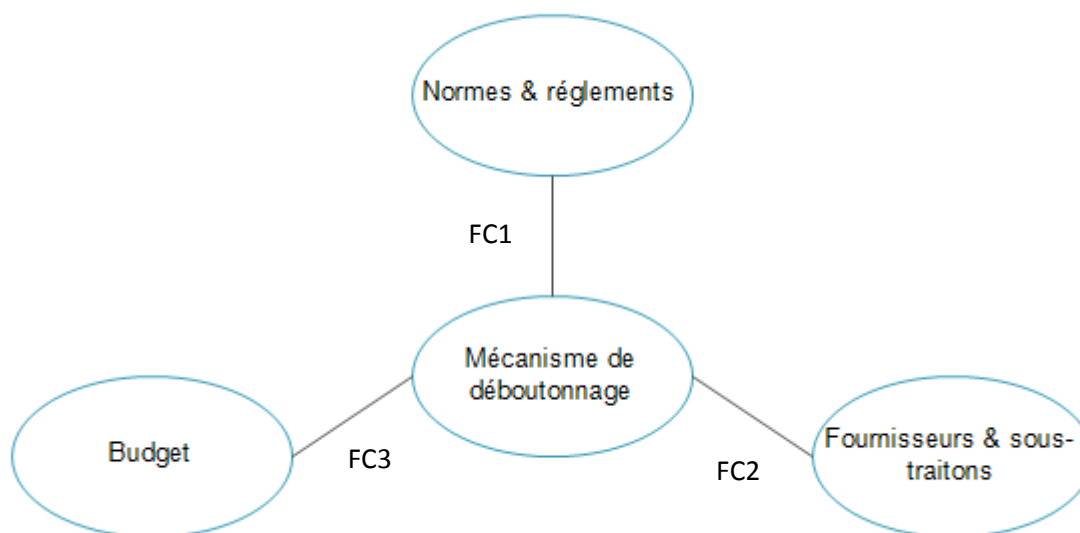


Figure 17: Pieuvre phase conception

Fonctions contraintes :

- FC1 : respecter les normes de conception en vigueur.

- FC2 : prendre en considération la matière première, les procédés de fabrication et les outillages disponibles chez les fournisseurs et sous-traitants de l'entreprise.
- FC3 : élaborer la conception assurant le cout optimal.

⇒ **Pieuvre : phase de fonctionnement normal :**

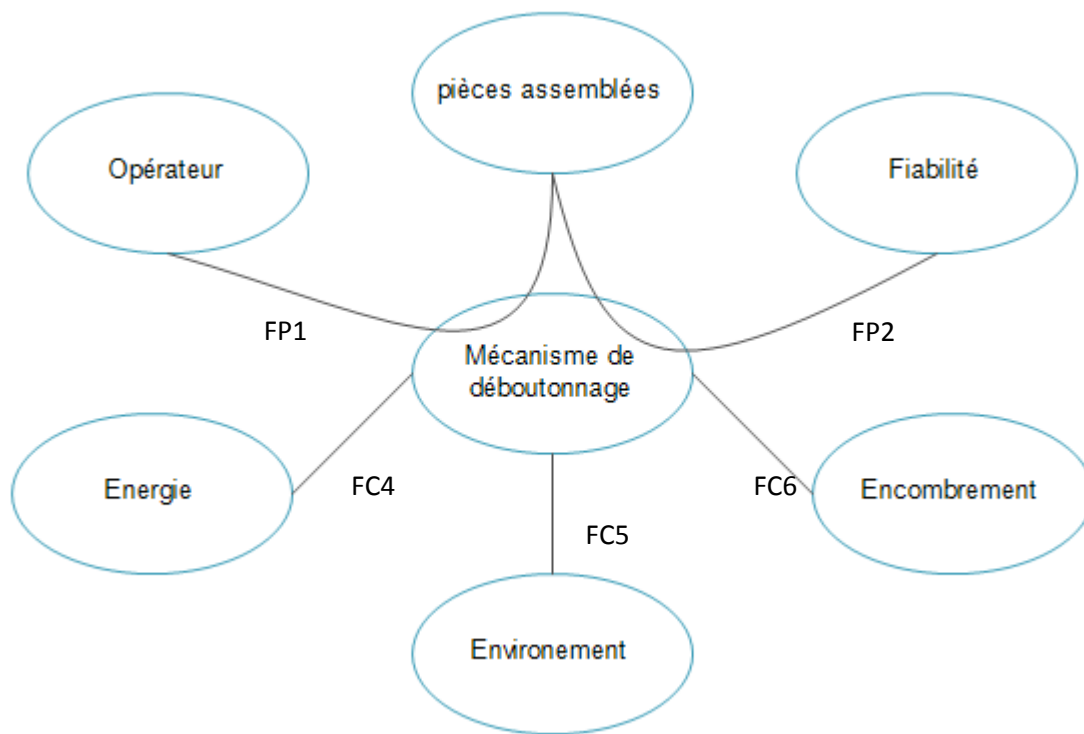


Figure 18: Pieuvre phase fonctionnement normal

Fonctions principales :

- FP1 : permettre à l'opérateur de débouter les pièces assemblées au secteur assemblage.
- FP2 : assurer la fiabilité de l'essai de déboutonnage.

Fonctions contraintes :

- FC4 : utiliser l'énergie disponible dans l'atelier.
- FC5 : résister aux agressions du milieu extérieur.
- FC6 : avoir un encombrement minimal.

⇒ **Pieuvre : fonctionnement anormal :**

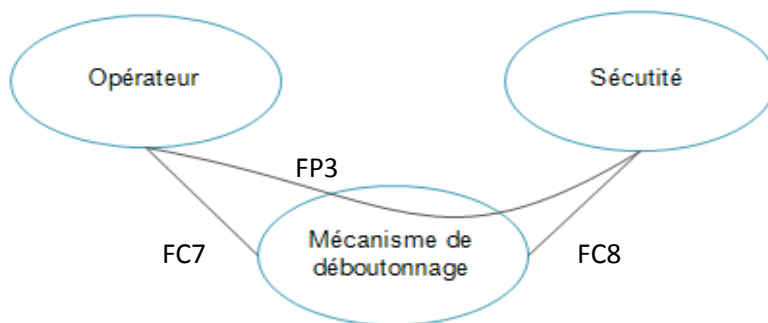


Figure 19 : Pieuvre phase fonctionnement anormal

Fonctions principales :

- FP3 : assurer la sécurité de l'opérateur lors d'un fonctionnement dégradé.

Fonctions contraintes

- FC7 : permettre à l'opérateur d'arrêter la machine au cas d'un fonctionnement anormal.
- FC8 : assurer la sécurité de la machine.

⇒ **Pieuvre : phase de la maintenance :**

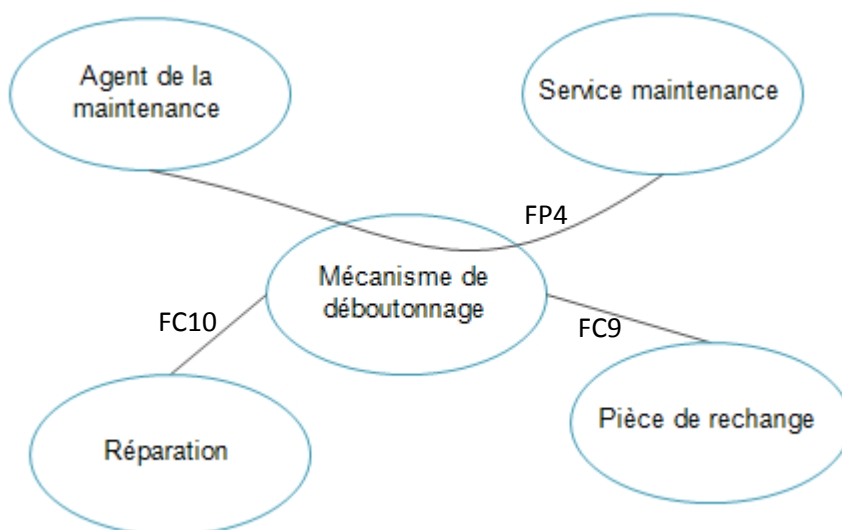


Figure 20 : Pieuvre phase maintenance

Fonctions principales :

- FP4 : permettre aux agents de la maintenance de réparer le mécanisme de déboutonnage par les moyens disponibles chez le service maintenance.

Fonctions contraintes :

- FC9 : avoir des pièces de rechange standard pour les composants critiques du mécanisme de déboutonnage

- FC10 : être facilement réparable.

Hiérarchisation des fonctions

Dans cette partie, nous devons classer les fonctions principales et contraintes selon leurs importances. Pour ce faire, nous allons regrouper les fonctions similaires, pour les classer en utilisant la matrice de tri croisée.

Fonctions à regrouper	Fonction équivalente
FC1 : respecter les normes de conception en vigueur	FC1' : élaborer une conception respectant les normes et les outils disponibles chez les fournisseurs.
FC2 : prendre en considération la matière première, les procédés de fabrication et les outillages disponibles chez les fournisseurs et sous-traitant de l'entreprise	
FC3 : élaborer la conception assurant le cout optimal	FC3 : élaborer la conception assurant le cout optimal
FP1 : permettre à l'opérateur de déboutonner les pièces assemblées	FP1 : permettre à l'opérateur de déboutonner les pièces assemblées
FP2 : assurer la fiabilité de l'essai de déboutonnage	FP2 : assurer la fiabilité de l'essai de déboutonnage
FC4 : utiliser l'énergie disponible sous l'atelier	FC4 : utiliser l'énergie disponible sur l'atelier
FC5 : résister aux agressions du milieu extérieur	FC5 : résister aux agressions du milieu extérieur
FC6 : avoir un encombrement minimal	FC6 : avoir un encombrement minimal
FP3 : assurer la sécurité de l'opérateur lors d'un fonctionnement anormal	FP3' : assurer la sécurité humaine et machine lors d'un fonctionnement dégradé
FC7 : permettre à l'opérateur d'arrêter la machine au cas du fonctionnement dégradé	
FC8 : assurer la sécurité de la machine	
FP4 : permettre aux agents de la maintenance de réparer la machine par les moyens disponibles chez le service maintenance	FP4' : réduire le temps et le cout de réparation
FC9 : avoir des pièces de rechange standard pour les composants critiques la machine	
FC10 : être facilement réparable	

Tableau 5 : regroupement des fonctions similaires

Matrice de tri-croisé :

Cet outil permet de trier les fonctions selon la priorité. Ainsi, elle permet les comparer deux à deux, et donner un poids selon l'importance. A la fin, nous calcul un poids total qui sera le facteur de la classification.

La figure suivante montre la matrice de tri croisé élaborée pour notre mécanisme de déboutonnage :

	FC1'	FC3	FP2	FC4	FC5	FC6	FP3'	FP4'	note par fonction	%
FP1	FP1 2	FP1 3	FP1 1	FP1 2	FP1 3	FP1 3	FP1 1	FP1 2	17	23,94
FC1'	FC1' 0	FP2 2	FC1' 1	FC1' 2	FC1' 2	FP3' 3	FC1' 2		7	9,86
FC3		FP2 1	FC3 1	FC3 2	FC3 3	FP3' 3	FC3 0		6	8,45
FP2			FP2 2	FP2 2	FP2 2	FP3' 3	FP2 2		11	15,49
FC4				FC4 2	FC4 2	FP3' 3	FP4' 1		4	5,63
FC5					FC5 1	FP3' 3	FP4' 1		1	1,41
FC6						FP3' 3	FP4' 2		0	0,00
FP3'							FP3' 3		21	29,58
FP4'								FP4'	4	5,63
total									71	100,00

0 : égalité
1 : légèrement supérieur
2 : supérieur
3 : très supérieur

Figure 21: matrice de tri croisé

Le diagramme en bâtons suivant visualise le classement des fonctions :

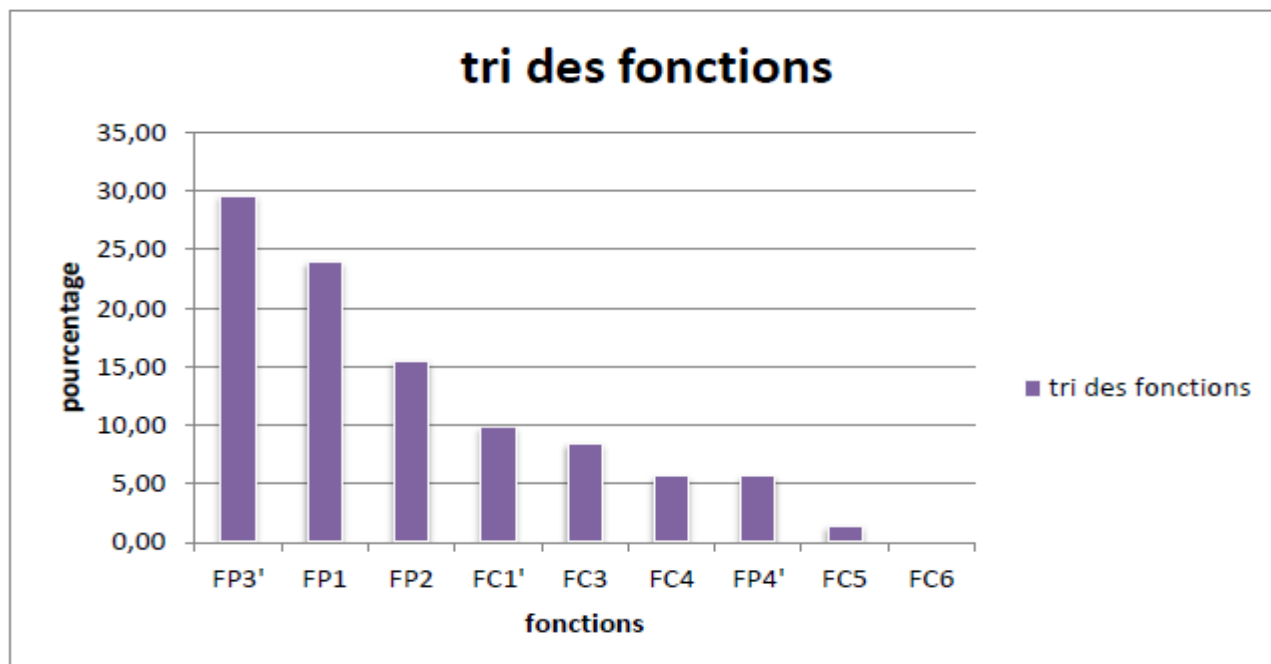


Figure 22: diagramme en bâton de classification des fonctions

Avec :

- FP3' : assurer la sécurité humaine et machine lors d'un fonctionnement dégradé
- FP1 : permettre à l'opérateur de débouter les pièces assemblées
- FP2 : assurer la fiabilité de l'essai de déboutonnage
- FC1' : élaborer une conception respectant les normes et les outils disponibles chez les fournisseurs.
- FC3 : élaborer la conception assurant le cout optimal
- FC4 : utiliser l'énergie disponible sous l'atelier
- FP4' : réduire le temps et le cout de réparation
- FC5 : résister aux agressions du milieu extérieur
- FC6 : avoir un encombrement minimal

Cahier des charges fonctionnel

Le cahier des charges fonctionnel est un moyen ayant pour but la mise en évidence des critères d'appréciation, le niveau et la flexibilité souhaitée des différentes fonctions préalablement citées.

Fonction	Critère d'appréciation	Niveau d'appréciation	Flexibilité
FP1	- Dimensions des pièces : ✓ Largeur ✓ Longueur - Temps de l'opération du déboutonnage.	[15 ; 280] [80 ; 600] 15s maximum (11s pour la mise en place de la pièce)	+1s maxi
FP2	Diamètre de la matière arrachée	+10% de la valeur moyenne	+1%
FP3	Dégât corporel	aucun	
FC3	Cout de réalisation	30000Dh	+5000Dh
FC6	Dimensions de l'ensemble de l'installation	$2m^3$	$0.01m^3$
FC10	- Temps de réparation - Nombre des personnes intervenants	30min 1 personne	+8min max

Tableau 6 : cahier des charges fonctionnel

1.3. Analyse fonctionnelle interne

Dans cette phase, nous allons analyser notre mécanisme d'une manière interne. C'est-à-dire, nous allons citer les différentes solutions technologiques susceptible de concrétiser les fonctions techniques, et par la suite les fonctions principales et contraintes. Notre analyse est faite à la base du diagramme FAST : voir annexe 2

Après avoir terminé le diagramme FAST, nous nous retrouvons devant plusieurs solutions technologiques qui peuvent être utiles pour notre mécanisme.

Dans le diagramme FAST, nous constatons l'existence de plusieurs technologies d'entraînement, de fixation et de commande, parmi lesquelles, nous trouvons des mécanismes qui se basent sur l'hydraulique, la mécanique... Sur le marché mondial existe différents types de systèmes d'entraînement permettant de transférer de l'énergie au système, parmi ces technologies, deux sont considérés comme étant les meneurs dans les systèmes d'entraînement :



Figure 23 : Vérin hydraulique et moteur électrique

- | | |
|---|---|
| ✓ Nécessité d'une alimentation électrique. | ✓ Nécessité d'une alimentation hydraulique. |
| ✓ Robuste et faible taux de maintenance | ✓ Robuste. |
| ✓ Faible encombrement. | ✓ Coût modéré. |
| ✓ Larges gammes de puissances. | ✓ Larges gammes de puissances. |
| ✓ Fiable. | ✓ Simple commande. |
| × Nécessité d'un système de transmission. | ✓ Pas besoin d'un système de transmission |
| × Commande difficile (Nécessité d'autres composants). | ✓ Fiable. |
| × Coût élevé. | ✓ Large gamme des courses |
| | × Implantation encombrante. |
| | × Problème fuite et réglage pression. |
| | × Installation hydraulique non disponible. |

En tenant compte des performances de chaque technologie, le vérin est le choix idéal pour notre système.

Nous analyserons les solutions proposées pour choisir la méthode la plus convenable pour notre mécanisme.

Nous proposerons 2 solutions susceptibles d'être mises en jeux pour réaliser le mécanisme de déboutonnage des pièces, pour en choisir par la suite l'architecture la plus convenable, ayant des critères bien précis.

Solution 1 :



Figure 24 : Solution 1 proposée

❖ Principe de fonctionnement :

La solution proposée consiste à utiliser une presse hydraulique conventionnelle avec une pompe manuelle, le vérin simple effet est actionné par un levier manipulé par l'opérateur. La fixation de la pièce est aussi faite par l'opérateur.

En effet, cette proposition est de cout faible avec un temps de cycle de 30sec et une fixation manuelle des pièces par l'opérateur.

Afin d'adapter cette solution au besoin de l'entreprise, nous utiliserons des masques de fixation ainsi que l'automatisation de l'opération de déboutonnage.

L'intervention de l'opérateur dans les différentes phases de déboutonnage est nécessaire d'où la difficulté de la tâche.

 <i>E quipement Maintenance Developpement Services</i>					
DEVIS N° : 15170			SNOP TANGER S.A ZONE FRANCHE D'EXPORTATION LOTS 65-66 90000 TANGER - MAROC...		
Code Client : 000015			Tanger le, 02/06/2015		
Code Article	Désignation	Qté	P.U.	Montant	Tva
	Masque pour le 765809074R	1.00	4 375.00	4 375.00	0.00%
	Masque pour le 765827016R/D_M000478148_V5_1_DENO	1.00	4 750.00	4 750.00	0.00%
	Masque pour le 765828318R/D_M000477316_V5_1_DENO	1.00	4 750.00	4 750.00	0.00%
	Masque pour le 765834509R-765828318R	1.00	5 250.00	5 250.00	0.00%
	Masque pour le 765834749R/D_M000478144_V5_1	1.00	5 250.00	5 250.00	0.00%
	Masque pour le 766850445R/C_M000545736_V4_1_DENO	1.00	4 875.00	4 875.00	0.00%
	Masque pour le 704313878R_H_M000600395_V2_1_DENU &	2.00	6 800.00	13 600.00	0.00%
	799112239R_H_M000600394_V1_2_DENU				
	Masque pour le 765811581R	1.00	4 750.00	4 750.00	0.00%
		TOTAL H.T.		TOTAL T.V.A.	TOTAL T.T.C.
		47 600.00		0.00	47 600.00

Figure 25 : Devis masques de fixation

Solution 2 :

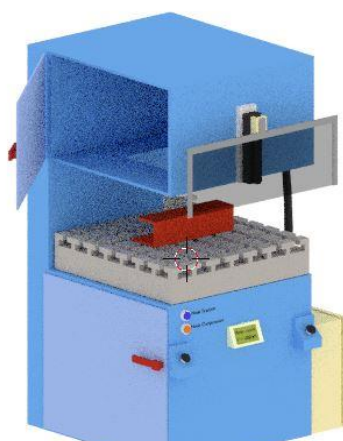


Figure 26 : Solution 2 proposée

❖ Principe de fonctionnement :

La solution proposée est de réaliser le déboutonnage en utilisant un système de fixation innovant, ce dernier permet d'appliquer une fixation locale autour de l'écrou ou de la vis soudée. L'opération de déboutonnage est assurée par deux vérins hydrauliques, le premier pour la fixation des pièces et le second pour le déboutonnage. L'opérateur s'occupera de la mise en place de la pièce à déboutonner et d'actionner le bi-manuel.

1.4. Analyse multicritère des solutions

L'analyse multicritère est utilisée pour porter un jugement comparatif entre des projets ou des mesures hétérogènes. Dans le cadre de l'évaluation, l'analyse multicritère est plutôt un outil de l'évaluation ex-ante. Elle est plus particulièrement utilisée dans l'élaboration des choix stratégiques d'intervention. Dans le cadre de l'évaluation ex-post, l'analyse multicritère peut contribuer à l'évaluation d'un programme ou d'une politique en appréciant les effets des actions réalisées au regard de plusieurs critères. En effet, l'analyse multicritère requiert le passage par plusieurs étapes comme le montre la figure suivante :

1	Choix du domaine d'application et identification de la logique d'intervention
2	Choix du (ou des) groupe(s) de négociation ou de jugement
3	Choix de l'équipe technique chargée d'appuyer le groupe de jugement
4	Etablissement de la liste des actions en concurrence à intégrer dans l'analyse multicritère
5	Identification et sélection des critères de jugement
6	Détermination du poids relatif de chaque critère
7	Jugement par critère
8	Agrégation des jugements

Figure 27 : démarche de l'analyse multicritère

Dans notre cas, nous appliquerons l'analyse multicritère pour choisir une solution parmi celles proposées au départ. L'équipe de négociation se composera du technicien chargé de la supervision processus, ainsi que de l'agent de la maintenance.

Nous allons adopter plusieurs critères essentiels qui sont cités ci-dessous dans l'ordre décroissant d'importance :

- Sécurité humaine : elle concerne le niveau de dommage humain susceptible d'être provoqué lors du fonctionnement de la machine.
- Facilité de manipulation : elle désigne l'effort déployé par l'opérateur et son intervention durant l'opération de déboutonnage.
- Coût : il doit être minimal, et il regroupe le coût de la réalisation de l'installation.
- Le temps opératoire : ce critère a pour but de quantifier le temps nécessaire pour réaliser l'opération de déboutonnage.

Le tableau suivant regroupe les différents poids alloués à chaque solution dans notre analyse multicritère.

	<i>Solution 1</i>	<i>Solution 2</i>
<i>Sécurité (4)</i>	1	4
<i>Facilité de manipulation (3)</i>	3	3
<i>Cout (2)</i>	4	1
<i>Temps opératoire (1)</i>	1	3
<i>Le poids total</i>	22	32

Tableau 7 : pondération des critères et solutions

D'où la solution choisie est la solution 2. Nous détaillerons par la suite les différents composants de cette solution.

1.5.Choix des éléments constitutifs

D'après l'analyse multicritère, nous avons choisi la deuxième solution, qui paraît plus adaptable à notre besoin, et qui satisfait la majorité de nos attentes. Dans cette partie, nous citerons les différents composants constituant notre mécanisme.

En effet, le mécanisme à concevoir se compose essentiellement d'une partie mécanique, et une autre hydraulique.

Partie mécanique :

Elle est divisée à son tour en deux parties, une partie de construction et une autre mécanique. Ainsi, la partie de construction comportera :

- Support de la machine

La partie mécanique comportera :

- Les outils de fixation
- L'outil de déboutonnage

Partie hydraulique :

La partie hydraulique constituera la source de puissance qui assurera le mouvement rotatif de la table. Elle se composera principalement de :

- Deux vérins hydrauliques identiques : ces deux vérins sont censés de générer l'effort nécessaire pour fixer et déboutonner les pièces assemblées.
- Un groupe motopompe : assurer le débit nécessaire, sous des pressions données, pour atteindre les vitesses de déplacement voulues.
- Un distributeur : c'est la partie qui sera responsable de la commande du sens de déplacement des vérins, il peut encore contrôler la vitesse du flux.
- Flexibles : la tuyauterie pour transporter le fluide du réservoir aux éléments de puissance
- Réservoir : stockage du fluide nécessaire pour l'alimentation du vérin

- Accessoires : limiteur de pression, étrangleur, capet anti retour.

Conclusion

Ce chapitre nous a permis de présenter notre choix de solution qui se base sur l'utilisation de deux vérins hydrauliques, qui sont amenés à développer des efforts pour fixer et déboutonner les pièces. Cette structure retenue va constituer le sujet de notre dimensionnement dans les deux chapitres qui suivent.

Ainsi, nous allons dimensionner une installation hydraulique qui alimentera les vérins, puis la partie mécanique qui recevra les pièces durant toutes les phases de déboutonnage.

CHAPITRE III :

Dimensionnement de la partie hydraulique

Ce chapitre est consacré au dimensionnement du circuit hydraulique, qui constituera la source de puissance du fonctionnement du mécanisme. Nous commencerons par dégager les efforts à développer par les actionneurs. Les données calculées vont être la base du choix des différents composants du circuit. Nous traiterons en fin de ce chapitre l'évaluation du rendement de notre centrale ainsi que la liste des composants à approvisionner.

1. Dimensionnement des vérins

1.1. Calcul de l'effort de déboutonnage

Il est possible d'estimer la charge à la rupture en déboutonnage en supposant une distribution de contraintes autour du point soudé et en l'intégrant ensuite sur la surface de déboutonnage. Dans notre cas, l'hypothèse la plus simple consiste à supposer une distribution uniforme et l'intégration du champ de contraintes sur la surface de rupture (Figure 14) conduit alors à :

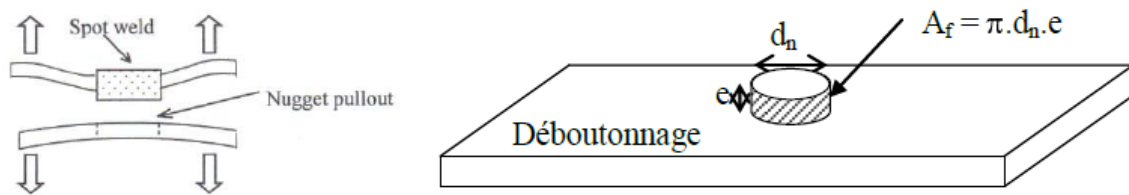


Figure 28 : Schéma de la surface de rupture A_f en déboutonnage

$$F = \sigma A_f \quad \longrightarrow \quad F = \sigma \pi d_n e$$

Avec :

- ✓ $\pi d_n e$: La surface de rupture.
- ✓ σ : La contrainte appliquée.

Etant donné l'état macroscopique de cisaillement autour du noyau, on peut estimer que la charge à la rupture est atteinte quand la contrainte atteint la résistance au cisaillement du matériau τ d'où :

$$F_r = \pi d_n e \tau$$

Nuance	Cis (moy)	Re (moy)	Rm (moy)	Rm-Re	A%
DX57D + Z140 MBO	244	145	305	160	41
DC04 AMO	248	210	310	100	38
DX54D Z140	244	170	305	135	36
DC01	272	280	340	60	28
DD13	320	250	400	150	27
HC	268	250	335	85	25
HC300LA AMO	344	340	430	90	23
HC340LA	368	380	460	80	21
S355MC	392	355	490	135	19
HC380LA AMO	408	430	510	80	19
HE450M G10/10	480	495	600	105	17
S420MC	440	420	550	130	16
S460MC AMO	476	460	595	135	14

Tableau 8: propriétés mécaniques des matières utilisées à SNOP

e	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3
dn	3	3	3	3	3	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Tableau 9 : les diamètres minimaux de la matière arrachée définit par le client

A.N :

$$F_{rmax} = \pi \times 3 \times 6 \times 480$$

$$F_{rmax} = 27.15 \text{ kN}$$

1.2. Dimensionnement des vérins hydraulique

La détermination des vérins est faite selon trois données essentielles qui sont comme suit :

- Les efforts développés en entrée et sortie du vérin
- La course du vérin
- Les sections du vérin

Ainsi, nous pouvons choisir le diamètre de piston requis, le diamètre de la tige, et ceci pour une pression de service préalablement fixée. Et finalement, nous allons vérifier la tige du vérin au flambage lorsqu'elle est sollicitée en compression.

Calcule des sections et de la course des vérins

Les efforts développés par un seul vérin sont variables au cours du cycle de déboutonnage. En effet, la valeur maximale en poussant et en tirant vaut 27.15 kN. Lors d'une multiplication de l'effort calculé par un coefficient de 1.2, et nous obtiendrons :

- Effort poussant maximal est égal à : 30 kN
- Effort tirant maximal est égal à : 30 kN

La détermination des sections du vérin est faite selon l'équation suivante :

$$S_p = \frac{\pi}{4} \times D_p^2 = \frac{F_{rmax}}{P \times \eta_V}$$

D'où :

$$D_p = \sqrt{\frac{4 \times F_{rmax}}{P \times \eta_V \times \pi}}$$

A.N :

$$D_p = \sqrt{\frac{4 \times 30 \times 10^3}{160 \times 10^5 \times 0.9 \times \pi}}$$

$$D_p = 51.5 \text{ mm}$$

Nous déterminons notre vérin selon le calcul de la section annulaire qui dépend des diamètres de piston et de tige donnés pour les vérins standards.

La configuration suivante répond à notre besoin :

$$\left\{ \begin{array}{l} \varnothing_p = 60 \text{ mm} \\ \varnothing_t = 30 \text{ mm} \end{array} \right. \Rightarrow S_a = \frac{\pi \times (6^2 - 3^2)}{4} = 21.2 \text{ cm}^2$$

La course calculée est égale, pour la configuration choisie, à 0.4 m pour le vérin supérieur et à 0.6 pour le vérin inférieur.

Nous choisissons alors le vérin standard dans les catalogues de SECOFLUID dont les paramètres sont comme suit :

- Référence : 703/7
- Diamètre de piston : 60
- Diamètre de tige : 30
- La course est de : 700

Vérification du flambement de la tige du vérin

Une pièce longue, chargée en bout en compression, aura tendance à fléchir même si la charge est bien dans l'axe. C'est la flexion latérale ou flambement. Les tiges de vérins sont des pièces soumises au flambement.

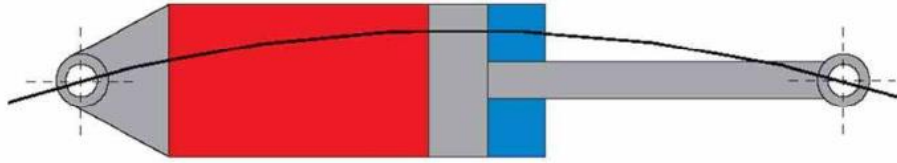


Figure 29 : Flambement de la tige du vérin

Les diamètres des tiges sont importants afin d'éviter le flambement. Des abaques permettent de déterminer les caractéristiques du vérin pour éviter le flambement.

● **Démarche pour l'utilisation de l'abaque :**

1. Déterminer le facteur de course K suivant le mode de fixation du vérin et le type de guidage de l'extrémité.

2. Calculer la longueur libre de flambage :

$$L = \text{course} \times K$$

3. Déterminer la charge du vérin :

$$F \text{ (daN)} = S_v \text{ (cm}^2\text{)} \times P \text{ (bar)}$$

4. S'assurer que pour la valeur de F et du D_t on aura une course maxi supérieure à L.

Mode de fixation de nos vérins

Le choix d'un type particulier de fixation du vérin dépend de l'effort principal appliqué à la charge, du sens dans lequel il fait travailler la tige du piston, contraintes en compression (poussant) ou en traction (tirant). Les vérins avec fixation par tourillon sont conçus pour absorber la force qui s'exerce sur leur axe central. Ils conviennent aux applications en traction ou en poussée. Alors nous allons opter pour ce mode de fixation pour les deux vérins de notre application.

désignation	extrémité de tige	type de montage	coefficient K
articulations arrières			
	articulation guidée		2
	filetage guidé		1,5
	filetage non guidé		4
tourillons intermédiaires (placés sur le 1/3 avant du corps)			
	articulation guidée		1,5
	filetage guidé		1
	filetage non guidé		3

Figure 30 : Extrait du tableau : Facteur de course (K) en fonction du mode de fixation. Doc : BOSCH

Calcul de la longueur libre de flambage : $L = 400 \times 3 = 1200\text{mm}$

Détermination de la charge du vérin : La force que doit vaincre le vérin est la force de déboutonnage :

$$F_{rmax} = 30 \text{ kN}$$

Ainsi, nous vérifions le non flambement de la tige des vérins sur l'abaque montrée ci-dessous :

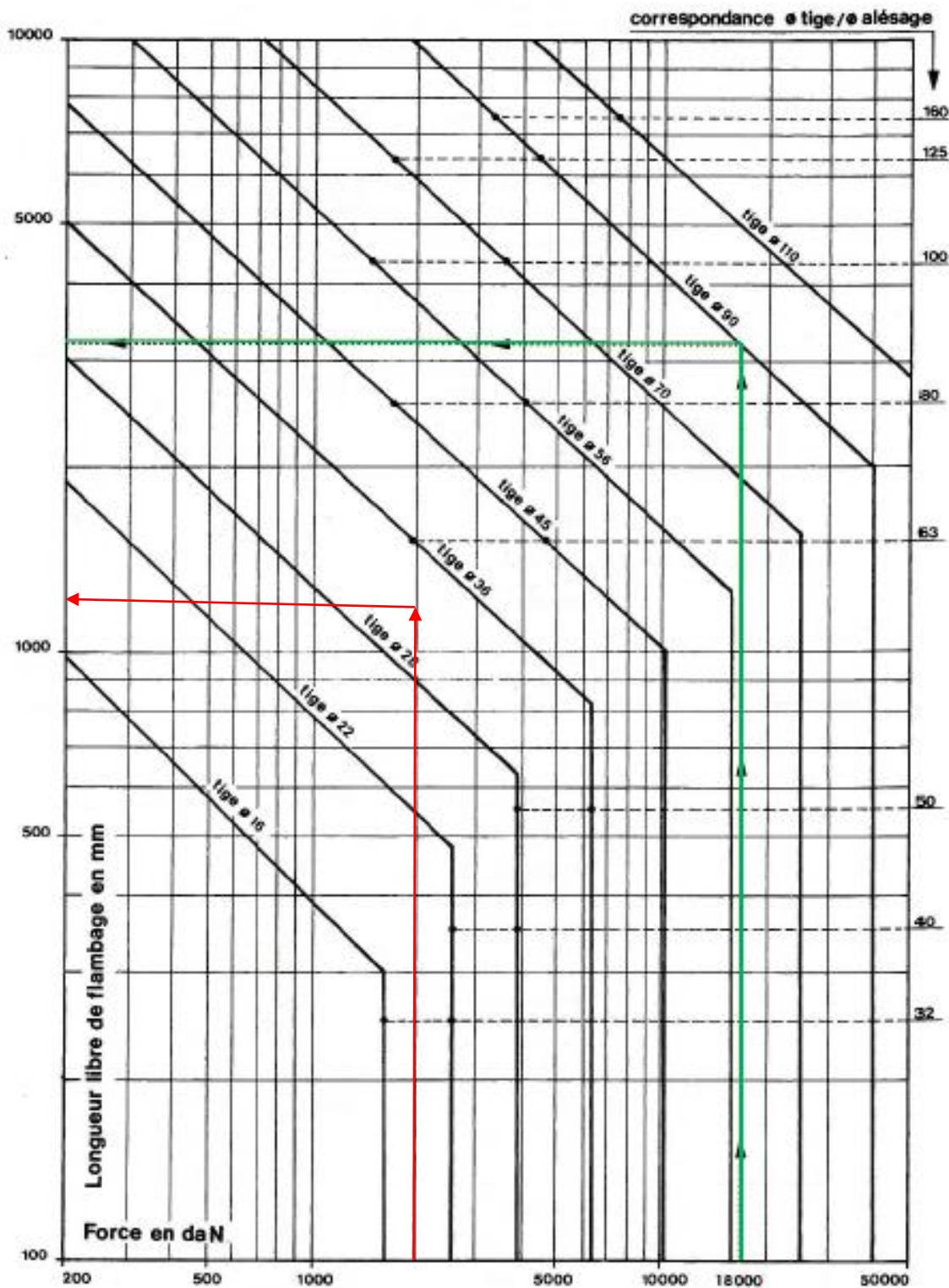


Figure 31: Abaque pour la détermination des tiges au flambage. Doc : BOSCH

Sur l'abaque nous trouvons pour 3000 daN et une tige de 30 mm (flèche en rouge), la course maxi est de $1300 \text{ mm} > L$, soit 1.3 m, il n'y a pas donc un flambement.

Vérification de la pression dans les chambres des vérins

Dans ce paragraphe, nous vérifions les nouvelles valeurs des pressions obtenues dans le cas de l'utilisation des vérins choisis. Du coup, nous calculerons la pression dans la chambre côté piston, et celle du côté tige.

Par conséquent, l'effort poussant maximal est de 30 kN, la section du piston est calculée comme suit :

$$S_a = \frac{\pi}{4} \times (D_p^2 - D_t^2) = 21.20 \text{ cm}^2$$

D'où la pression maximale dans la chambre côté piston est de :

$$P = \frac{F_{rmax}}{S_p \times \eta_v} = \frac{3000}{21.20 \times 0.9} = 157,23 \text{ bar}$$

La pression nécessaire pour le développement des efforts pouvant vaincre la charge résistante est inférieure à la pression maximale admissible des vérins, et qui est limitée en 210 bars. Ce qui entraîne la validation de notre choix.

2. Dimensionnement du circuit d'alimentation

2.1. Schéma du circuit proposé

Le circuit dimensionné a pour but l'alimentation de deux vérins hydrauliques. Du coup, il doit assurer la puissance nécessaire pour générer la fixation et le déboutonnage de la tôle, ainsi qu'assurer les bonnes conditions pour le bon fonctionnement du système, en terme de vitesse du mouvement, la pression dans les différentes conduites du système tout en prenant en considération la sécurité de l'opérateur et de la machine. Nous devons aussi veiller à ne pas encombrer le système, où à utiliser des composants supplémentaires n'ayant pas de valeur ajoutée par rapport au fonctionnement. Pour cela nous avons adopté un circuit hydraulique avec simples composants, fiable et qui minimise le cout de l'installation. En effet, le schéma proposé est comme suit :

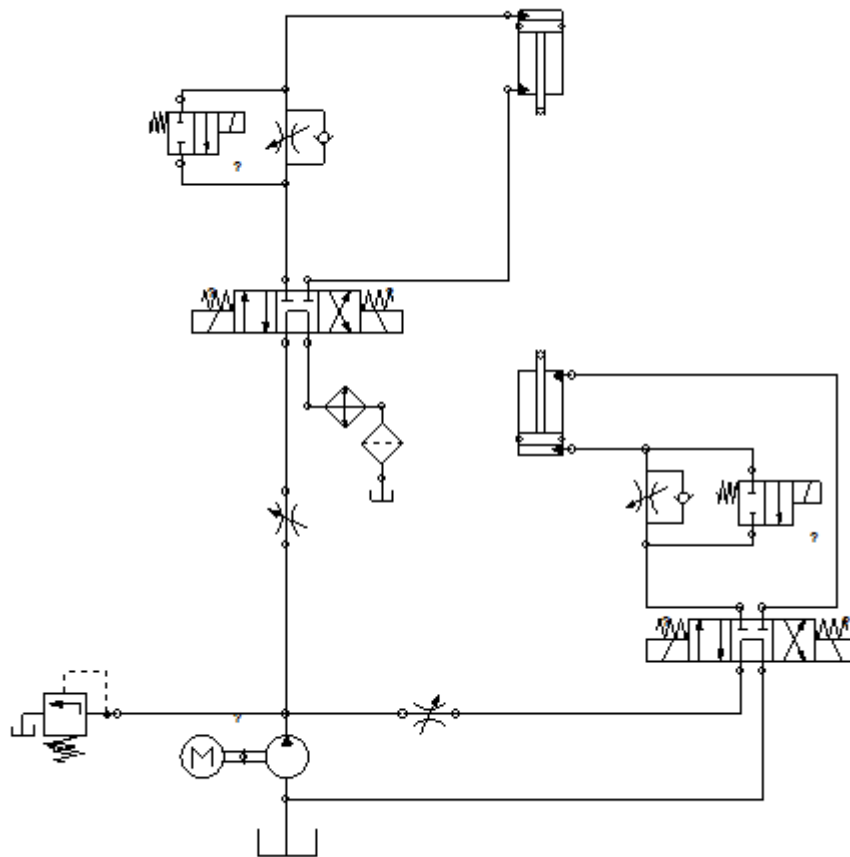


Figure 32 : schéma du circuit hydraulique

Ainsi, le circuit hydraulique proposé se compose de :

- Deux vérins hydrauliques : ils sont identiques. Ils assurent la force nécessaire pour le déboutonnage ainsi que la fixation de la pièce.
- Groupe motopompe : il constitue la source de la puissance nécessaire pour l'alimentation des vérins. Il permet de procurer le débit requis à des pressions données, Ainsi il assure la vitesse voulu pour le déplacement des vérins.
- Distributeur à commande électrique : c'est le dispositif responsable de la commande du mouvement des vérins.
- Limiteur de pression : c'est un outil de protection qui permet d'éviter tout dépassement de la pression tarage.
- Limiteur de débit réglable : il permet une prédétermination de la valeur du débit à ne pas dépasser. Il complémente le travail du distributeur.

- Limiteur de débit ajustable avec clapet anti retour : il permet un freinage visqueux lors de l'existence de la charge motrice, et ceci pour éviter la dépression puis la cavitation dans les chambres des vérins.
- Réservoir, filtre et refroidisseur : stockage de l'huile utilisé, son refroidissement et sa filtration avant de circuler dans les différents composants du circuit.

2.2. Détermination des débits et puissance dans le circuit

Le choix des différents composants du circuit hydraulique dépend de ses conditions de fonctionnement en termes de débit, de pression et par la suite de la puissance transmise dans le circuit. Ainsi, nous sommes amenés à déterminer les pressions et les débits dans les branches du circuit, et ceci pour des cycles de marche donnés. Notre étude est établie dans 4 phases extrêmes de fonctionnement :

- Position de poussé du vérin avec charge motrice.
- Position du vérin tirant avec charge résistante.

Cartographie des pressions

L'établissement des cartographies de pression pour le circuit établi nous donne une idée claire sur les conditions de marche du circuit, elles nous permettent de visualiser d'une façon évidente les limites de fonctionnement en termes des pressions de l'ensemble des composants mis en jeux.

Le calcul des pressions dans les branches du circuit hydraulique est fait selon les hypothèses suivantes :

- Les chambres qui communiquent entre elles ont la même pression
- Les pertes de charge dans les étrangleurs sont estimées à 5 bars (d'après les catalogues de Bosch Rexroth).
- Les pertes de charge dans les conduites sont fixées à 10% de la pression du besoin
- On néglige les pertes de charges dans les filtres et clapets anti retour.
- La pression de tarage est calculée comme suit : $P_t = 1.2 \times P_{besoin}$ (le coefficient 1.2 prend aussi en considération les pertes de charge dans les conduite).
- Les distributeurs sont modélisés par des étrangleurs.

En ce qui suit, les cartographies des différentes positions, accompagnées par des commentaires montrant le calcul des pressions pour certaines branches :

❖ Sortie de tige avec charge motrice :

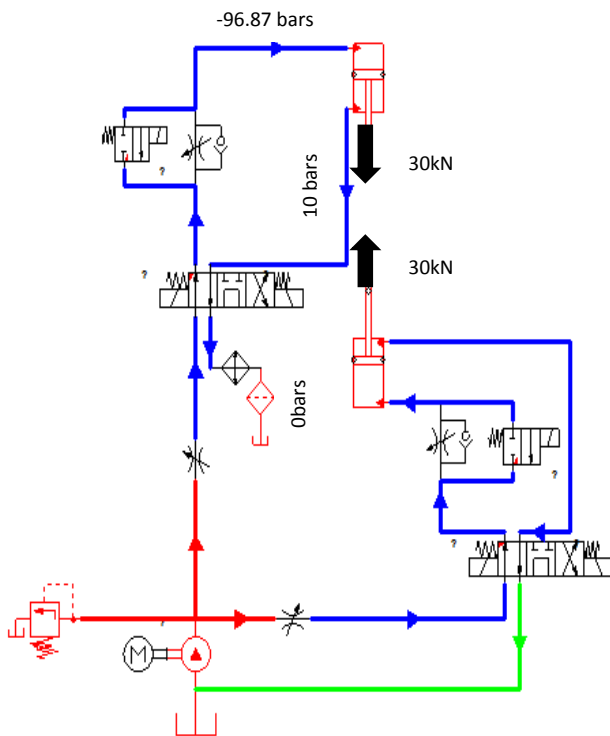


Figure 33 : cartographie des pressions position 1

On calcule la pression dans la chambre côté piston selon la relation suivante :

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$$

$$P * S - P_a * S_a + F = 0$$

$$P = \frac{10 * 21.2 - 3000}{28.78} = -96.87 \text{ bars}$$

La valeur négative de la pression calculée montre l'existence d'une dépression dans la chambre côté piston du vérin, d'où la nécessité de l'utilisation d'un étrangleur qui causera une perte de charge à la sortie du vérin.

❖ Entrée de tige avec charge résistante :

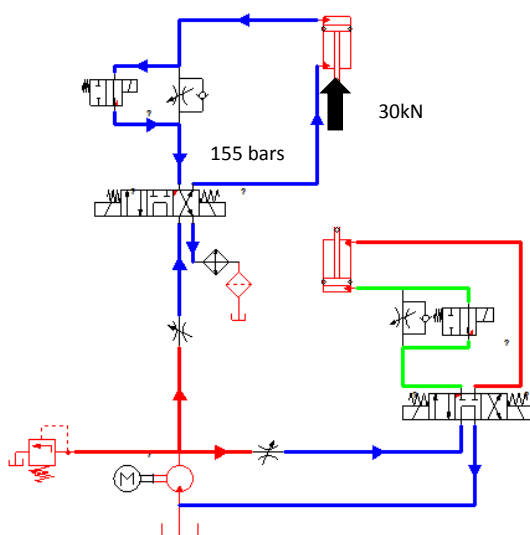


Figure 34 : cartographie des pressions position 2

On calcule la pression dans la chambre côté tige selon la relation suivante :

$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$$

$$P * S - P_a * S_a + F = 0$$

$$P_a = \frac{3000 + 10 * 28.78}{21.2} = 155.08 \text{ bars}$$

La pression de tarage est calculée comme suit :

$$P_t = 1.2 * P_{besoin} = 200 \text{ bars}$$

Remarque :

L'utilisation d'un étrangleur pour réaliser un freinage visqueux et une perte de charge dans la conduite de refoulement est nécessaire pour pallier aux problèmes dus à la dépression provoquée.

Description du mouvement

❖ Loi du trapèze :

Le mouvement de la tige du vérin sera de type intermittent, c'est-à-dire une suite des déplacements qui impliqueront un démarrage et un freinage à chaque déplacement.

Il existe une loi qui s'applique à ces types des mouvements, c'est la loi du trapèze, il se compose de trois zones principales :

- Zone du mouvement uniformément accéléré (Zone 1).
- Zone du mouvement à vitesse constante (Zone 2).
- Zone du mouvement uniformément décéléré (Zone3).

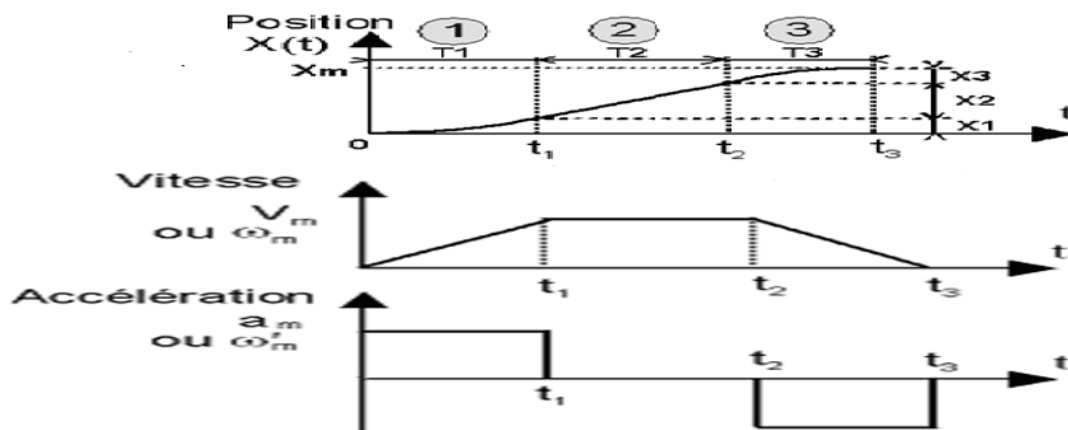


Figure 35: Loi du trapèze

Zone 1 :

Accélération $a_1(t) = a_m$

Vitesse $V_1(t) = a_m \cdot t$

Position $x_1(t) = \frac{1}{2} \cdot a_m \cdot t^2$

Zone 2 :

Accélération $a_2(t) = 0$

Vitesse $V_2(t) = V_m$

Position $x_2(t) = V_m \cdot (t - t_1)$

Zone 3 :

Accélération $a_3(t) = -a_m$

Vitesse $V_3(t) = -a_m \cdot t + V_m$

Position $x_3(t) = -\frac{1}{2} \cdot a_m \cdot (t - t_2)^2 + V_m \cdot (t - t_2)$

Données :

- La longueur totale à parcourir est $L_{max} = 400 \text{ mm}$ (c'est la distance entre le premier point et le dernier).
- Le temps total estimé pour se déplacer le long de cette distance est au maximum 4 s.
- Donc la vitesse du déplacement moyenne sera de :

$$V_{moy} = \frac{400}{4} = 100 \text{ mm/s}$$

Problème :

Puisque la distance à parcourir est assez faible et subdivisée en une distance d'accélération, décélération et à vitesse constante, nous avons trouvé par la suite des calculs, une distance d'accélération et de freinage très petites ce qui donnerai une accélération et une décélération physiquement difficile à réaliser.

Solution :

Pour régler cet inconvénient, nous devons augmenter au maximum la distance d'accélération et de décélération.

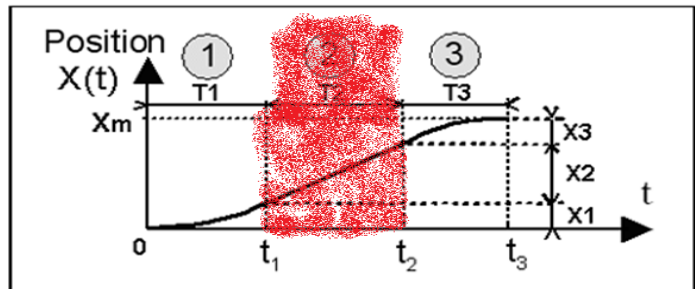


Figure 36 : Loi du trapèze : Solution du problème

❖ Loi du trapèze appliquée au système :

Nous procédons par la suite par la totale élimination de la zone 2, où le déplacement est à vitesse constante (zone 2). Le mouvement sera constitué d'un mouvement d'accélération suivit d'une décélération :

$$T = T_1 + T_3 = 4 \text{ s}$$

$$X = X_1 + X_3 = 400 \text{ mm}$$

Nous divisons T sur les deux zones déjà mentionnées comme suit :

$$T_1 = 2 \text{ s. (Accélération).}$$

$$T_3 = 2 \text{ s. (Décélération ou freinage).}$$

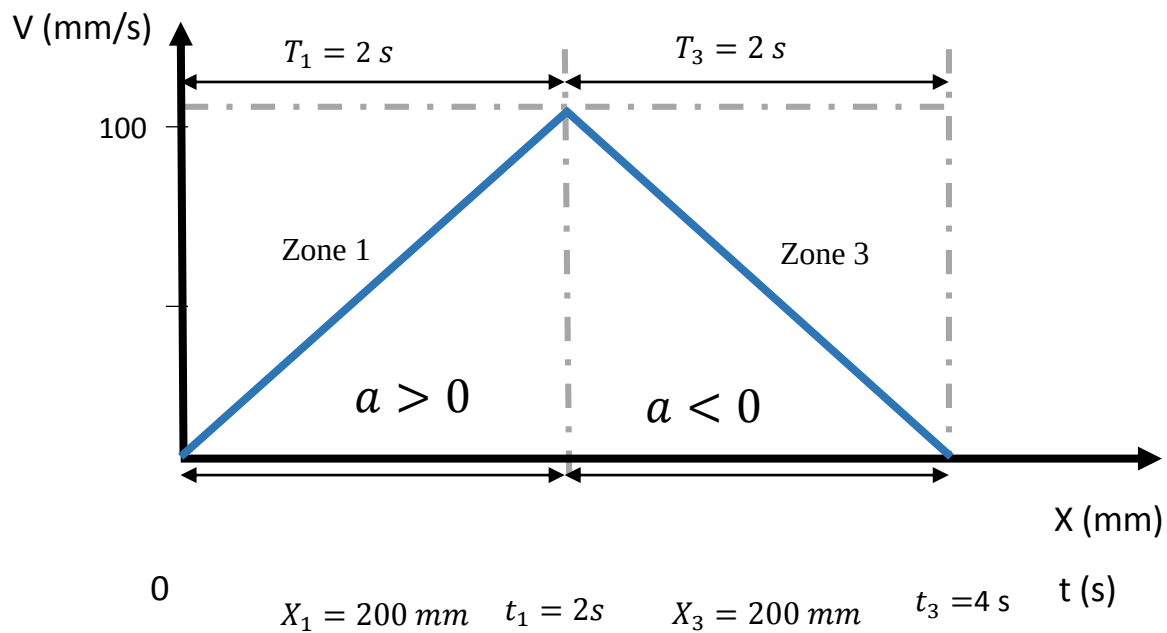


Figure 37 : Courbe vitesse du système

Accélération : Zone 1

$$a_1(t) = a_m = cste$$

$$V_1(t) = a_m \cdot t \Rightarrow a_m = \frac{V_m}{t_1} = \frac{100}{2} = 50 \text{ mm/s}^2$$

$$x_1(T_1) = V_1(T_1) \cdot T_1 = \frac{1}{2} \cdot a_m \cdot T_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,05 \cdot (2)^2 = 100 \text{ mm}$$

En utilisant cette accélération, et après $T_1=2$ s la distance d'accélération parcourut sera de :

$$X_1 = 100 \text{ mm au lieu de 200}$$

Ce problème est dû au fait que la vitesse utilisée pour le calcul n'atteint pas la valeur $V = 100 \text{ mm/s}$ qu'à T_1 , c'est-à-dire que cette vitesse est toujours inférieure à 150 mm/s dans la zone 1.

Pour régler ce problème nous allons nous baser sur la distance à parcourir dans la phase d'accélération plutôt que sur la vitesse maximale à atteindre :

$$x_1(t) = \frac{1}{2} \cdot a_m \cdot t^2 \Rightarrow$$

$$a_m = 2 \cdot \frac{X_1}{t_1^2} = 2 \cdot \frac{200 \cdot 10^{-3}}{(2)^2} = 0,1 \text{ m/s}^2$$

Cette accélération nous assure qu'après 2 s la distance parcourut sera de 200 mm mais la vitesse maximale qu'on va atteindre sera de :

$$V_m = V_1(T_1) = a_m \cdot T_1 = 0.1 \cdot 2 = 200 \text{ mm/s au lieu de } 100 \text{ mm/s.}$$

Récapitulation des données :

Accélération : Zone 1

$$a_1(t) = a_m = 0.1 \text{ m/s}^2$$

$$V_1(t) = a_m \cdot t = 0.1 \cdot t \Rightarrow V_m = V_1(t_1) = 200 \text{ mm/s}$$

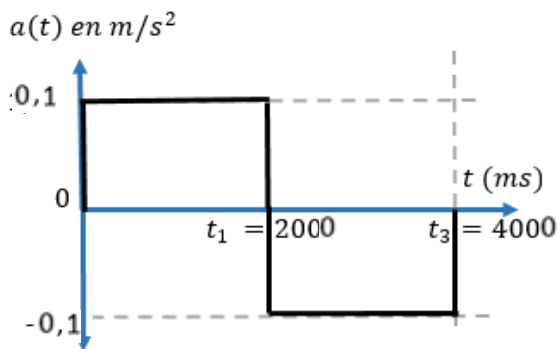
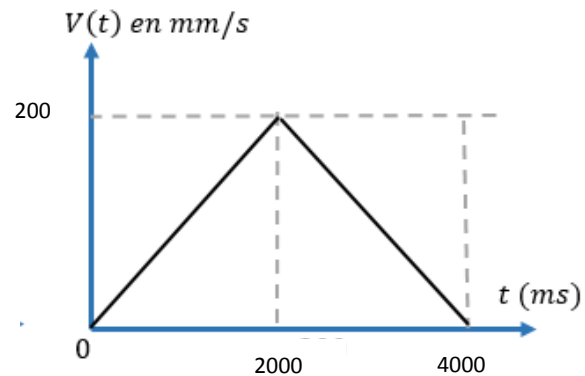
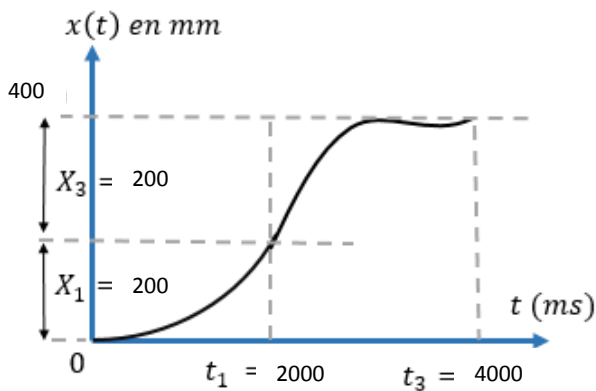
$$x_1(t) = V_1(t) \cdot t = \frac{1}{2} \cdot a_m \cdot t^2 \Rightarrow X_1 = x_1(t_1) = 200 \text{ mm}$$

Zone de freinage : Zone 3

$$a_3(t) = -a_m = -0.1 \text{ m/s}^2.$$

$$V_3(t) = -a_m \cdot (t - t_1) + V_m \Rightarrow V_3(t_1) = V_m \text{ \& } V_3(t_3) = 0$$

$$x_3(t) = V_3 \cdot t = -\frac{1}{2} \cdot a_m \cdot (t - t_1)^2 + V_m(t - t_1) \Rightarrow X_3 = 200 \text{ mm}$$



Vitesse maximale de déplacement est $V_m = 200 \text{ mm/s}$
 L'accélération maximale $a_m = 0.1 \text{ m/s}^2$
 Longueur totale de déplacement : $L = 400 \text{ m}$
 Accélération : $T_1 = 2s \text{ \& } X_1 = 200 \text{ mm}$
 Freinage : $T_3 = 2s \text{ \& } X_3 = 200 \text{ mm}$

Détermination des débits dans le circuit

Les vitesses d'entrée et sortie des vérins sont générées par le débit du fluide délivré par la pompe, et contrôlé par les étrangleurs et le distributeur proportionnel. En effet, la connaissance du débit maximal requis pour assurer les vitesses extrêmes du système paraît indispensable pour le choix du groupe motopompe. Ainsi, la marge dont le débit varie permet de bien déterminer les autres composants du circuit.

En effet, on calcule le débit maximal de sortie des vérins et celui d'entrée. La vitesse de l'opération de déboutonnage est fixée en 4 s. le calcul du débit se fait selon la relation suivante :

$$Q_v\left(\frac{l}{min}\right) = 6 \times V(m/s) \times S(cm^2)$$

D'où le débit à assurer pour la sortie du vérin est comme suit :

$$Q_s = 6 \times 0.2 \times 28.78 = 34.5 \text{ l/min}$$

Alors que celui à assurer pour l'entrée est égale à :

$$Q_e = 6 \times 0.2 \times 21.2 = 25.4 \text{ l/min}$$

D'où le débit maximal que doit assurer la pompe est égal au double de la valeur Q_s , car nous utiliserons 2 vérins pour fixer et déboutonner la pièce :

$$\text{Donc : } Q_{max} = 2 \times 34.5 = 69 \text{ l/min}$$

Donc, la pompe choisie doit fournir un débit réel supérieur à 69 L/min.

Calcul de puissance

La puissance hydraulique nécessaire pour générer le déboutonnage est liée au débit fourni et à la pression à la sortie de la pompe par la relation suivante :

$$Puissance(kW) = \frac{Pression(bars) \times Débit(l/min)}{600}$$

Les cas les plus chargés dans le cycle de fonctionnement sont situés lors du démarrage de mouvement soit en sortie ou en entrée de la tige du vérin.

Le tableau suivant présente la pression, le débit et la puissance hydraulique nécessaire pour générer le mouvement lors du démarrage dans les deux sens de mouvement :

	Démarrage lors de la sortie du vérin	Démarrage lors de l'entrée du vérin
Pression à la sortie de la pompe	97.3	200
Débit à fournir	69	50.8
Puissance hydraulique	11.18	16.93

Tableau 10: puissance lors du démarrage

Donc la puissance maximale à assurer est de 16.96 kW et le débit maximal nécessaire est de 70 l/min.

5. Choix des composants du circuit hydraulique

Le choix des composants hydrauliques est fait selon les données retirées lors des paragraphes précédents. Les catalogues utilisés dans notre consultation se sont limités en deux : Bosch-Rexroth, et SECOFLUID (qui est un distributeur de Bosch-Rexroth et DANFOSS en France), vu que nous sommes incapables d'acheter des composants chez d'autres fournisseurs, qui ne sont pas inclus dans la base de données des fournisseurs de la société SNOP.

5.1.Choix du groupe motopompe

Le choix du groupe motopompe assure le refoulement du débit nécessaire pour le mouvement du vérin et ceci pour des pressions données. Son choix est fait selon 3 éléments principaux :

- Pression de maximale : 200 bars
- Débit maximal : 69 L/min
- Puissance maximale : 17 KW

Le premier choix est celui du type de la pompe utilisée. En effet, il existe plusieurs types de pompes hydrauliques sur le marché.

Il y a des pompes à palettes, à pistons, à engrenages... le type choisi dans notre cas est : pompe à engrenage à denture interne. Ce choix est justifié par le fait du besoin d'une moyenne pression ($70 < p < 210$ bars), un débit minime ($9 < q < 90$ L/min) et d'un prix compétitif.

Nous nous basons sur les catalogues des groupes motopompe fournis par la société Bosch-Rexroth, pour retenir celui qui paraît adéquat. Ainsi, le groupe motopompe choisi a les caractéristiques suivantes :

- Référence : PGF3 40 / Reference de base : 900914723
- Fréquence de rotation : 1500 tr/min
- Débit maximal : 70 L/min
- Pression maximale : 210 bars
- Puissance : 22.6 KW
- Cylindrée : 40.5 cm³/tr

5.2.Choix du distributeur proportionnel

Le distributeur proportionnel est la partie qui sera responsable du contrôle de la vitesse du déplacement des vérins. Le choix du distributeur va être fait selon le débit passant par ses orifices et qui peut aller jusqu'au 70 L/min qui est délivré par la pompe dans le cas où son rendement volumétrique est maximal.

Le choix de ce dispositif est fait d'après les catalogues de SECOFLUID, ses caractéristiques sont comme suit :

- Référence : SECOMB35-1-D-1
- Débit maximal : 80 L/min
- Pression maximale admissible : 315 bars

5.3.Choix du limiteur de débit avec clapet anti-retour

Le limiteur de débit avec le clapet anti-retour a pour fonction la réalisation d'un freinage visqueux lors de l'existence d'une charge motrice. En effet, le fluide dans la branche haute pression passe par le clapet anti-retour, alors que celui de la basse pression doit passer par les limiteurs de débit, tout en créant une perte de charge, et réalisant un freinage du vérin, et ceci pour pallier aux problèmes de l'accélération du système, ainsi que la dépression dans les chambres du vérin.

Le dispositif est choisi d'après les catalogues SECOFLUID, ses caractéristiques sont comme suit :

- Référence : SECOEDU 38
- Débit : 70 L/min
- Pression maximale : 210 bars

5.4.Choix du limiteur de pression

Le limiteur de pression est un dispositif de protection du circuit contre l'élévation de la pression, à cause des charges importantes où des étranglements de débit dans les branches du circuit. Il permet d'évacuer le débit supplémentaire lors de l'augmentation de la pression.

Le limiteur de pression utilisé doit garantir une pression de tarage de 200 bars. Le choix de ce composant est fait selon les catalogues de Bosch-Rexroth, et il a les caractéristiques suivantes :

- Type : BDB (limiteur à commande directe)
- Calibre : 6
- Pression : 200 bars
- Débit maximal : 70L/min

5.5.Choix des flexibles

Les flexibles sont les éléments qui assurent la circulation et la transmission de puissance entre les différents organes du circuit hydraulique. Ils sont dimensionnés selon la vitesse d'écoulements dans les conduites, et qui varie entre 4 et 6 m/s pour les flexibles en pression, Ainsi que le débit à assurer pour atteindre les vitesses voulues.

Dans notre cas, on prendra 4 m/s pour la vitesse d'écoulement. Le débit à assurer est de 70L/min. par conséquent, Le calcul du diamètre des conduites est comme suit :

$$S = \frac{Q}{V} = \frac{70 \times 10^{-3} \times 10^4}{60 \times 4} = 2.91 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{\pi \times D^2}{4} \text{ Alors, } D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = 1.92 \text{ cm}$$

D'après les catalogues de GF HYDRO, on choisit les flexibles suivants :

- ✓ Diamètre intérieur : 22.2 mm
- ✓ Le module : 16

5.6.Choix du réservoir

Le réservoir est l'élément qui permet de garantir la quantité nécessaire en termes de fluide mis en jeux dans le circuit. Sa détermination suivra la démarche suivante :

La capacité du réservoir est calculée comme suit : $V_r = 5 \times V_t$

Avec V_r est le volume du réservoir, et V_t est le volume total du circuit.

Et nous avons : $V_t = \left(\frac{2 \times D_p^2 \times \pi}{4} \times C \right) + (L \times S)$

Avec :

D_p : est le diamètre de piston (60mm)

C : la course du vérin (400mm)

L : la longueur des flexibles (8m majorée)

S : la section des flexibles (3cm² majorée)

A.N : $V_t = \left(\frac{2 \times 0.06^2 \times \pi}{4} \times 0.4 \right) + (8 \times 3 \times 10^{-4}) = 4,66 \text{ L}$

$V_r = 5 \times V_t = 5 \times 4.66 = 23.3 \text{ L}$

Notre choix est fait selon les catalogues de SECOFLUID. Le réservoir appris contient un filtre d'huile intégré, bouchon de remplissage et un niveau visuel pour le contrôle du niveau d'huile. Ses caractéristiques sont comme suit :

- ✓ Référence : RE025 MF
- ✓ Capacité : 25 L/min
- ✓ Matériau : acier inoxydable avec tôle d'épaisseur 2 mm

6. Vérification et évaluation du rendement de l'installation

Dans le présent paragraphe, on évalue le rendement de l'installation hydraulique, et nous calculerons les pertes des charges induites dans les différents organes du circuit. Nous ne prenons en considération que le cas le plus chargé, qui sera la position de l'entrée de tige avec charge résistante.

6.1.Rendement du groupe motopompe

Dans cette partie, nous évaluerons le rendement du groupe motopompe. Ainsi, nous déterminerons la puissance absorbée par la pompe, et celle délivrée à sa sortie. D'après les courbes caractéristiques, nous déterminerons la puissance absorbée par la pompe, et ceci dans les conditions suivantes :

- ✓ Vitesse de rotation de : 1500 tr/min
- ✓ Pression de 200 bars
- ✓ Débit délivré : 55 L/min

Donc la puissance absorbée est de 20 kW, la puissance maximal à la sortie de la pompe est de : $P = \frac{P \times Q}{600} = 18.33 \text{ kW}$ ce qui donne lieu à un rendement maximal de 89 %.

6.2. Rendement global de l'installation hydraulique

Nous calculons le rendement global de l'installation en se basant sur le principe de la puissance apparente. Nous calculerons la puissance apparente de notre système, et nous la diviserons par la puissance d'entrée de la pompe, ainsi nous dégagerons le rendement total.

La puissance apparente est calculée comme suit : $P_{ap} = 2 \times F \times V$

$$2 \times 27150 \times 0.2 = 10.8 \text{ kW}$$

Ainsi le rendement total de l'installation est de : $\eta = \frac{P_{ap}}{P} = \frac{10.8}{20} = 54\%$

Le rendement de notre installation hydraulique est justifié par le fait d'utiliser un groupe motopompe, dont la pression maximale admissible est de 210 bars. Cette caractéristique est possédée par les motopompes ayant une puissance élevée. Nous justifierons aussi le rendement, par l'utilisation des étrangleurs qui créent des pertes de charge, afin de limiter le débit surdimensionné de la pompe.

Synthèse et conclusion

A la fin de ce chapitre, et après le dimensionnement des différents composants, nous avons effectué le choix des composants essentiels d'après les catalogues de SECOFLUID et Bosch-Rexroth. Ainsi, la liste des composants à approvisionner est comme suit :

Composants	Quantité	Fournisseur	Réf ou caractéristiques
Vérin hydraulique	2	SECOFLUID	703/7
Groupe motopompe	1	Bosch-Rexroth	PGF3 40/ 900914723
Distributeur proportionnel 4/3 tandem	2	SECOFLUID	SECOMB35-1-D-1
Distributeur proportionnel 2/2	2	SECOFLUID	SECONA18-1-B-2
Limiteur de débit avec clapet anti-retour	2	SECOFLUID	SECOEDU38
Limiteur de pression	1	Bosch-Rexroth	Type BDB
Limiteur de débit	2	SECOFLUID	SECOEDB38
Refroidisseur	1	SECOFLUID	SECOMME22
Flexible	8m	GF HYDRO	Diamètre 22.2 Module 16
Réservoir	1	SECOFLUID	RE025ME

Figure 38 : liste des composants hydrauliques choisis

CHAPITRE IV :

Dimensionnement de la partie mécanique

Ce chapitre entame le dimensionnement de la partie mécanique. Cette partie contient des pièces établies en construction métallique, et d'autres par usinage.

Nous allons faire appel au calcul analytique, ainsi que des simulations sous Catia V5 et Robobat, et ceci pour confirmer les résultats obtenus.

1. Mise en situation

Après l'étude du circuit hydraulique alimentant les deux vérins, qui sont censés développer les efforts nécessaires pour générer la fixation et le déboutonnage des pièces métallique, Cette partie sera consacrée au dimensionnement de la partie mécanique.

La partie mécanique du système peut être dispersée en deux grandes familles :

- Pièces en structure métallique : il s'agit du bâti, qui permettra la fixation des différents composants et assurera la mobilité du système dans l'espace du travail.
- Les outils de fixation et de déboutonnage : il s'agit des outils, qui seront fixés sur les tiges des vérins et assurera la fixation et le déboutonnage des pièces métalliques.

En effet, le mécanisme à dimensionner aura la forme suivante :

Par la suite, on s'intéressera à l'étude de la structure métallique en premier lieu, puis on passera au dimensionnement des guidages et fixation.

2. Vérification de la structure métallique

2.1.Choix de la forme de la structure

La structure sera élaborée en profilés de construction métallique, assemblés par soudage, et qui supporteront la charge appliquée par les vérins, supérieur de fixation et inférieur de l'arrachement, dans les différentes phases de déboutonnage.

Par la suite, nous expliciterons les dimensions imposées sur notre structure et les conditions de fonctionnement du mécanisme, puis on proposera la structure qui paraît adéquate.

Dimensions imposées sur la structure métallique

La détermination des dimensions imposées sur notre structure est faite par la mesure directe des grandeurs des éléments extérieurs qui sont résumé en 2 éléments : L'ergonomie et les dimensions des pièces à détruire.

⇒ L'ergonomie :

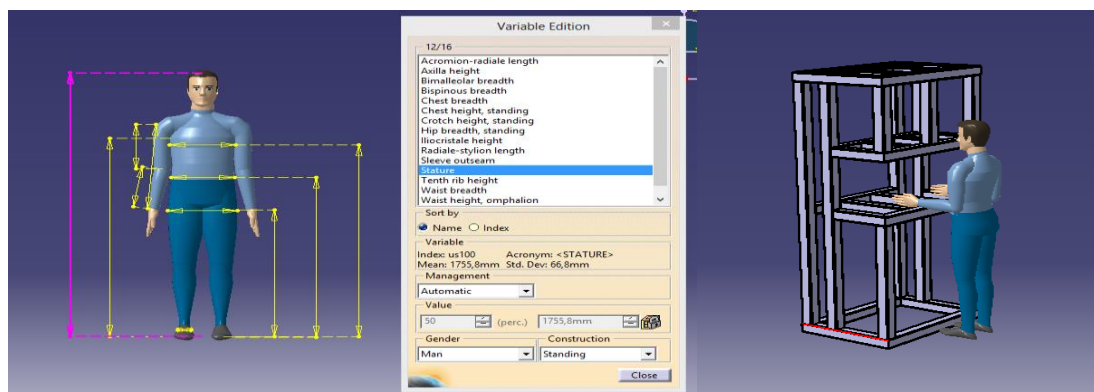


Figure 39 : l'étude ergonomique

Nous configurons un mannequin de taille moyenne de 175.5cm. Pour assurer que l'opérateur ne courbe pas son dos en déposant la pièce ni que cette opération entraine un mouvement qui conduira à la fatigue de l'opérateur, la hauteur de la table ne doit pas dépasser la hauteur du mi-corps de l'opérateur $H_t < 1,06m$.

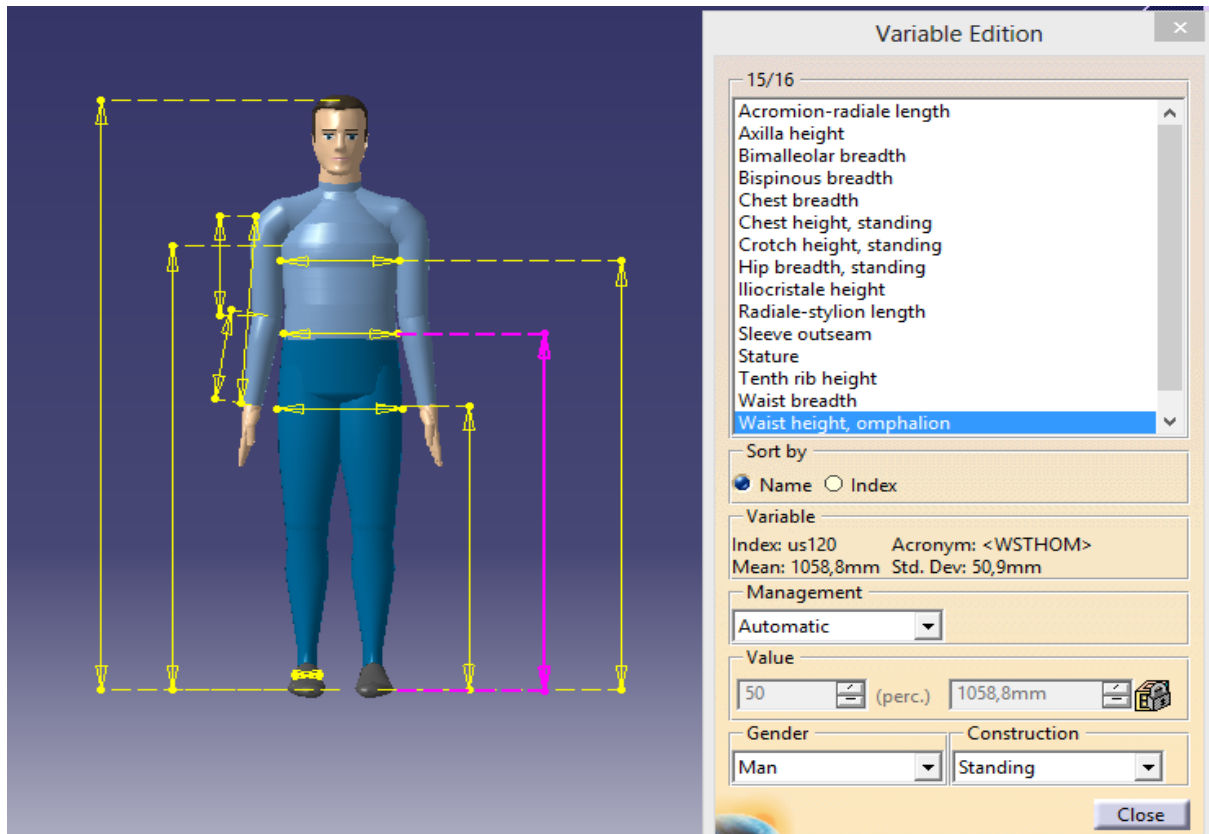


Figure 40 : la hauteur du mi-corps

Les dimensions des pièces

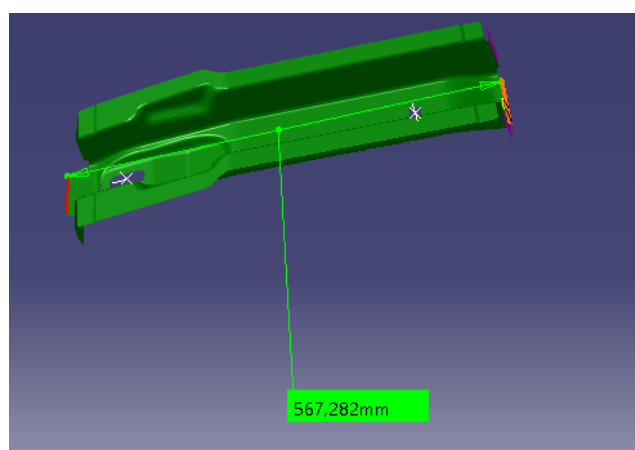


Figure 41 : dimension du Longeron AV G-D (Réf : 751338894R)

Les grandeurs essentielles caractérisant les pièces, et influençant les dimensions de la structure sont comme :

- La longueur de la pièce

- La largeur de la pièce
- La hauteur de la pièce

D'après la figure 21, qui représente la pièce avec la plus grande longueur fabriquée par SNOP Tanger, la longueur du mécanisme doit nécessairement être supérieure à celle du *longeron* AV

$L > 570\text{mm}$.

Pour être en mesure de garantir la flexibilité du système on va multiplier L par un coefficient de 1.4, on aura comme résultat $L = 798\text{mm}$, on opte pour $L = 800\text{mm}$.

Ainsi, la largeur max des pièces est de 280mm, d'où la largeur choisit est de $l = 400\text{mm}$.

Proposition de la forme du support métallique de la machine

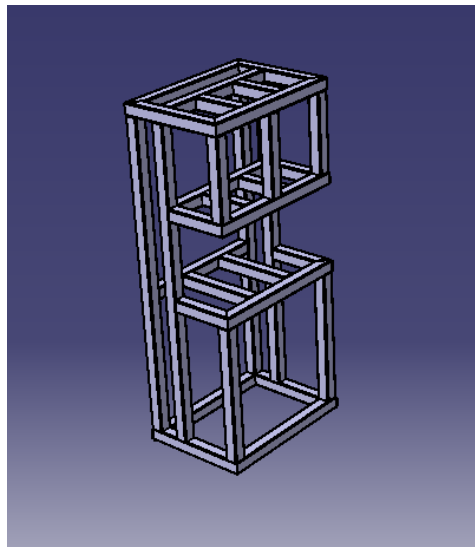


Figure 42 : forme du support machine

Les barres utilisées pour supporter la table sont faites dans le but de faire transmettre les efforts appliqués sur la face la plus chargée à celle moins chargée lors des différentes périodes du cycle de déboutonnage. La flexion sur les longues barres est affaiblie par l'utilisation des petites barres transverses pour faire la transmission des efforts aux barres se situant aux extrémités.

2.2.Choix des profilés de la structure

Les profilés qu'on doit choisir doivent résister à une flexion et au flambement qui sera due à la charge appliquée par le vérin de fixation. En effet, les différentes barres vont être appuyées sur les deux extrémités, ce qui va engendrer une flèche importante sur les barres mise en charge.

Dans ce paragraphe, nous exposerons les profilés existant sur le marché, puis nous choisirons ceux qui répondent à notre besoin. Et par la suite, nous justifierons le choix du modèle de calcul.

❖ Les profilés existants sur le marché

Les profilés de construction sont des produits longs obtenus par laminage à chaud, extraits des blooms et billettes, dont la section droite rappelle les lettres I, H ou U.

Nous pouvons classer les profilés en 3 catégories différentes : les poutrelles, les petits profilés et les tubes et profils creux.

❖ Les poutrelles :

Elles regroupent principalement, les profilés en I, H, et U.

Les profilés en I contiennent, à leur tour, plusieurs familles telles que les IPN (caractérisés par des ailes à épaisseur variable), les IPE (épaisseur des ailes constante facilitant ainsi leur assemblage), et les profilés IFB qui ont une semelle basse plus large permettant de recevoir et d'y appuyer les autres composants. Ces sections sont caractérisées par une hauteur qui est égale au double de la largeur. Ces poutrelles sont utilisées en structure comme poutres en flexion ou poteaux pour faible charge.

Pour les profilés en H, le rapport entre la hauteur et la largeur est différent des profilés en I, puisque la hauteur est égale à la largeur pour les profils allant de 100 jusqu'au 1000 de hauteur. Ceci offre plus de résistance au flambement et de lui trouver des applications comme poteau et pieux carré.

Les profilés en U sont principalement utilisés comme poutrelles, le plat qu'ils présentent permet de simplifier les assemblages : ils sont classés en UPN (épaisseur variable) et UAP (épaisseur continue). Ces profilés sont utilisés comme poutres fléchies ou en poteau moisé, ou encore en diagonale de contreventement.

❖ Les petits profilés :

Ce sont les profils angulaires comme les cornières, les tés, les petits fers U, ainsi que les profils pleins : fers plats, ronds, carrés et hexagones. Ces petits profilés sont regroupés sous l'appellation de profilés marchands ou profilés spéciaux. Les petits profilés sont utilisés :

- Dans les assemblages pour fixer les pièces en éléments de couverture.
- Dans la composition de profil composé
- Dans la menuiserie et la serrurerie....

❖ Les tubes et profils creux :

Différentes formes sont disponibles : rond, carré, et rectangulaire sont les plus courantes. Leurs surfaces extérieures sont réduites d'où une utilisation moindre de produits de protection et de finition. Le tube est un profilé fermé différents des autres profils utilisés en charpente métallique. En poutre les tubes peuvent être formés pour présenter une contre flèche. En effet, il se rapproche de l'inertie d'une poutre-caisson qui lui permet des performances mécaniques élevées. En poutre les tubes peuvent être formés pour présenter une contre flèche. [3]

Le choix des profilés pour réalisation du support de la machine

Le choix des profilés qui peuvent être utilisés dans notre structure est fait selon plusieurs critères :

- Résistance à la flexion et au flambement.
- Disponibilité au site.
- Facilité de montage et assemblage.
- Légèreté des profilés.

La pondération des critères cités ci-dessus est comme suit :

- La disponibilité au site : 4
- La résistance à la flexion et au flambement : 3
- Légèreté : 2
- Facilité d'assemblage : 1

	<i>La disponibilité</i>	<i>La résistance</i>	<i>La légèreté</i>	<i>Facilité d'assemblage</i>	<i>Total</i>
<i>Profilés en U</i>	1	3	2	3	20
<i>Tube carré creux</i>	3	2	2	2	24
<i>Cornière</i>	1	1	3	2	15
<i>Profilés en I</i>	2	3	2	3	24

Tableau 11 : pondération pour choix des profilés

(3 : Très bon, 2 : bon, 1 : moyen, 0 : mauvais)

D'après le tableau de pondération, nous choisissons de faire la simulation avec deux types de profilé différents. Ainsi nous choisirons le profilé adéquat selon d'autres critères à savoir la hauteur de la structure.

2.3.Démarche de calcul et simulation

L'étude des profilés sera effectuée sous le logiciel ROBOBAT, qui permet de vérifier la résistance des structures métalliques. Il se base sur le principe des éléments finis. La démarche suivie lors de notre calcul est résumée dans les étapes suivantes :

- Détermination des lignes de construction :

Durant cette phase, on discrétise notre espace de travail en des nœuds et des lignes de construction qui nous permettront de positionner facilement nos éléments constitutifs. Nous choisissons le pas de discrétisation pour les 3 plans définissant l'espace.

- Ajout des éléments barres et poutres :

Dans cette étape, nous définissons le type des éléments qui vont être impliqués dans notre structure, c'est-à-dire, quel modèle à adopter pour notre calcul : modèle poutre, barre,.... Nous définissons aussi les profilés à utiliser dans notre dimensionnement : profilés en U, en I, rectangulaire creux,.... Nous positionnons aussi ces éléments dans notre espace de travail.

- Définition des cas des charges

Nous définissons des cas des charges, qui peuvent être permanentes que d'exploitation. Nous introduisons dans chaque cas, le type du chargement (chargement linéaire, surfacique, nodal....) et nous définissons son vecteur et les éléments qui le subiront.

- Définition des propriétés des barres utilisées

Nous introduisons les caractéristiques des barres et éléments utilisés dans notre structure, à savoir le module de Young, coefficient de poisson... et ceci pour bien définir les matrices de rigidité et souplesse.

- Calcul et vérification de la structure :

Dans cette partie nous lançons le calcul des profilés utilisés et nous vérifions l'existence des erreurs de modélisation, nous pouvons revenir par la suite et rectifier les erreurs déclarer dans l'onglet modélisation.

- Dimensionnement acier aluminium

Cette phase permet de vérifier la résistance des différents profilés utilisés dans notre structure, nous génèrons aussi un rapport qui comportera la liste totale des éléments, et leurs états de vérification de résistance.

- Résultats

Cet onglet nous permet de visualiser la déformée, les réactions dans les nœuds, la flèche sur toute la longueur des profilés... nous pouvons même faire des animations de simulation de l'évolution de la déformation des profilés.

2.4. Application sur la structure du mécanisme

La simulation sur ROBOBAT est effectuée sur deux types de profilés : les profilés carrés creux et les profilés en I.

Utilisation des profilés carrés creux :

Dans cette phase nous utiliserons des profilés carrés creux (qui sont les profilés disponibles sur le site) avec plusieurs dimensions, et nous vérifierons la résistance de la structure. Ainsi, nous appliquerons la démarche déjà explicitée dans le paragraphe précédent :

- Modélisation de la géométrie :

Cette phase regroupe l'établissement des lignes de construction ainsi que l'ajout des éléments constitutifs. Nous utiliserons des profilés CARF pour différentes dimensions afin de vérifier leurs résistances.

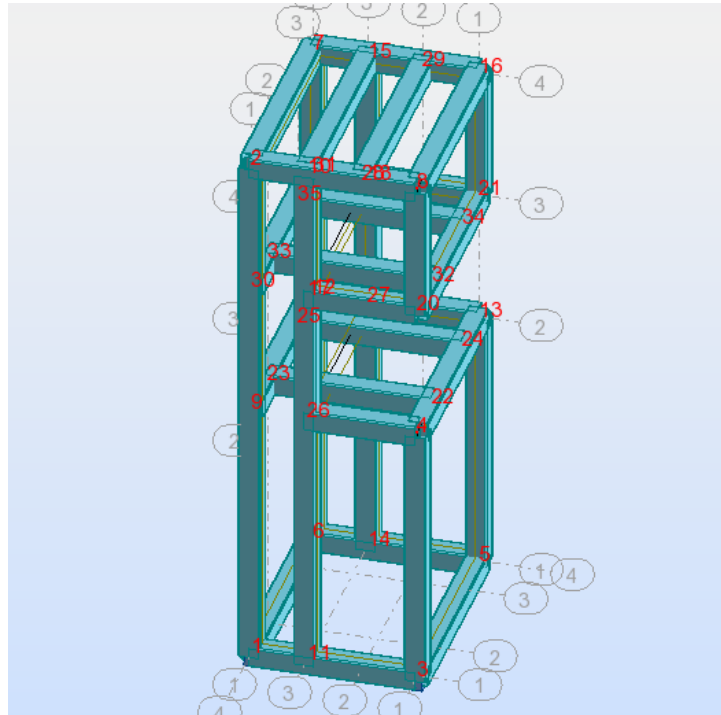


Figure 43 : modélisation de la structure du support

➤ Définition des charges et type du matériau :

En effet, nous avons lancé la simulation, tout en adoptant comme matériau un acier ordinaire dont la limite d'élasticité est faible (250 MPa), et ceci pour approximer la limite d'élasticité des matériaux utilisés par les fournisseurs qui sont des aciers ordinaires de moyenne limites élastiques. Ceci est justifié par les grandeurs des charges qui seront appliquées sur notre structure. Le chargement de la structure est défini par deux cas de charge :

- Cas de charge permanent : il représente le poids propre de la structure.
- Cas de charge d'exploitation : il représente la charge due au poids de la table qui est montée dans le support table. Ainsi l'effort appliqué par le vérin supérieur de fixation sur les barres du support table, et les barres utilisées pour la fixation du vérin. Sa valeur est comme suit : -32 kN.

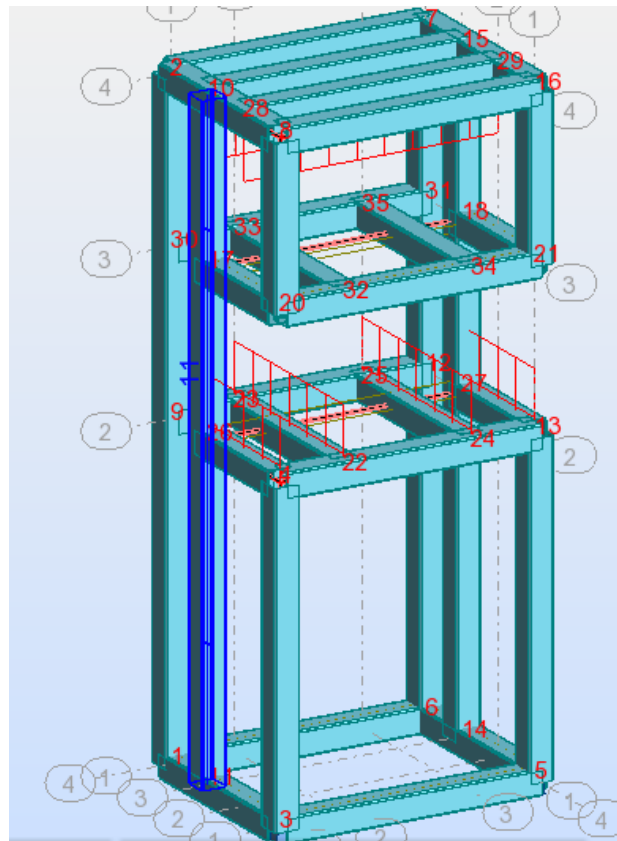


Figure 44: chargement du support machine en profilée en CARC.

➤ Dimensionnement acier-aluminium

Dans cette phase nous avons toutes les barres sont vérifiées à partir de l'utilisation des profilés CARC 80x80x3. En effet, nous avons lancé des simulations pour des profilés CARC 80x80x3, et CARC 40x40x2.5.

Utilisation des profilés en I :

➤ Modélisation de la géométrie et chargement de la structure :

Nous procédons de la même manière qu'auparavant, nous utiliserons des profilés en I de type HEA. La modélisation des éléments constructifs reste la même, et le type de chargement ne change pas. Ainsi la figure suivante montre le modèle avec le chargement appliqué :

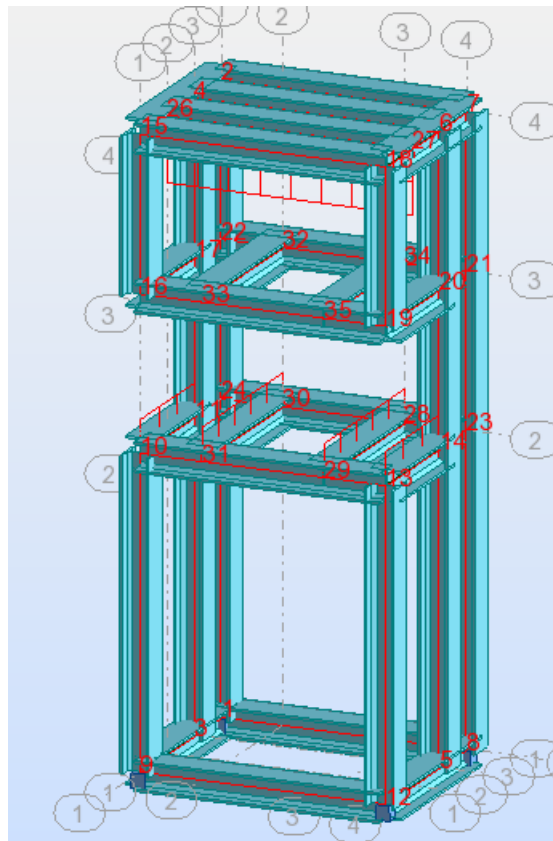


Figure 45 : chargement de la structure en profilés en I

Dimensionnement acier-aluminium : Nous avons lancé la simulation pour différentes dimensions des profilés HEA, ainsi la vérification de résistance pour les profilés utilisés est obtenue à partir des profilés HE 100 A.

Choix des profilés :

Le choix des profilés est basé sur deux éléments essentiels :

- Le prix des profilés sur le marché
- La disponibilité des profilés à SNOP Tanger

Pour le prix des profilés CARC 80x80x3 ou HEA sont presque similaires et sont aux alentours de 10 euros par mètre. Donc, le critère qui influencera notre décision est la disponibilité des profilés à l'usine. Pour les HEA100 SNOP l'achète en cas de besoin, alors que pour les CARC 80x80x3 se consomment régulièrement par l'atelier mécanosoudage. Et d'après que nous voulons construire le support des machines en interne, nous avons opté pour des profilés CARC 80x80x3.

2.5. La configuration finale retenue

Dans ce paragraphe, on donnera la configuration finale retenue pour la partie en structure. En effet, les profilés utilisés pour la construction de la partie métallique sont des profilés carrés creux dont le type est CARC 80x80x3. Un tel choix est fait après avoir vérifié :

- La disponibilité chez l'entreprise SNOP.
- La résistance du profilé sous les contraintes appliquées sur la structure.
- Les contraintes d'encombrement imposées.

Ainsi, nous avons validé les formes déjà établies dans les paragraphes précédentes.

3. Dimensionnement des outils de fixation et de déboutonnage

Dans le présent paragraphe, on s'intéresse au dimensionnement de la partie mécanique qui comporte les éléments de fixation des pièces et l'élément de déboutonnage.

3.1. Démarche de calcul suivie

La démarche adoptée se base d'une part sur un calcul analytique manuel ayant comme but la mise en évidence des formules de calcul classiques. On appliquera cette méthode aux composants ayant une forme standard et simple, on procèdera par des simulations numériques sur le logiciel Catia V5, et ceci, pour approuver les résultats déjà trouvés par le calcul analytique, ou pour vérifier la résistance des pièces complexes.

En effet, la simulation sous Catia V5 passe par les étapes suivantes :

- Définition du modèle géométrique sur Part Design.
- Définir le matériau dans le même atelier.
- Importer le modèle dans l'atelier : analyse & simulation/generative structural analysis.
- Définir les conditions aux limites en termes de degrés de liberté.
- Définir les conditions aux limites en termes des efforts appliqués.
- Maillage de la structure.
- Lancement du calcul.
- Visualisation des résultats : contraintes de Von Mises, déplacement, déformée.

3.2. Choix de matériaux

Un des paramètres importants d'une pièce est donc sa masse. Un autre paramètre important est le prix de revient industriel (PRI), c'est-à-dire le coût de fabrication, qui inclut notamment le coût matériau. Les fournisseurs donnent un prix au kilogramme.

Le PRI doit être le plus bas possible, mais en respectant le cahier des charges, et en particulier les fonctions du produit, les contraintes de solidité, de durabilité, de qualité. Le choix du matériau est capital d'un point de vue du coût.

$$P = C_m \times m$$

- P : le prix en euro
- C_m : le prix massique euro/kg
- m : la masse

Afin de diminuer le prix, nous allons optimiser la masse, et puis choisir le matériau avec le plus faible coût.

Utilisation des diagrammes d'Ashby :

- ✓ Etape 1 : Définir les spécifications de la conception :
 - Fonction : à quoi sert le composant ?
(Supporter une charge, être étiré, transmettre un courant, résister à la corrosion,...).
 - Objectif : qu'est-ce que doit être maximisé ou minimisé ?
 - Contraintes : les exigences essentielles qui doivent être satisfaites
(Rigidité, résistance, tenue à la corrosion, mise en forme....).
- ✓ Etape 2 : Ecrire une équation exprimant la fonction objectif.
- ✓ Etape 3 : identifier les variables libres.
- ✓ Etape 4 : écrire les équations exprimant les contraintes.
- ✓ Etape 5 : éliminer les variables libres entre étape 2 et étape 4.
- ✓ Etape 6 : regrouper les variables en trois groupes (fonctionnement, géométrie, propriétés des matériaux...).
- ✓ Etape 7 : isolé le groupe de variables liées aux propriétés des matériaux.

1) Fonction : supporter une charge en compression

2) Objectif : minimiser la masse m

3) Contraintes :

➤ Paramètres fixes par le cahier des charges

- La longueur de l'outil h.
- Force de compression supportable F.
- Condition imposée par la fonction :

Faible déformation élastique $\longrightarrow$ déformation maximale Δh

➤ Paramètre ajustable :

- Le rayon de l'outil r

4) Relations physiques :

- Objectif = masse m : $m = \rho V = \rho h \pi r^2$
- Condition imposée : $\sigma = E \varepsilon \longrightarrow \frac{F}{\pi r^2} = E \frac{\Delta h}{h}$

Fonction objectif : expression de l'objectif m sans paramètre ajustable h

1) isoler le paramètre ajustable $\sigma = \frac{F}{\pi r^2} = E \frac{\Delta h}{h} \longrightarrow r^2 = \frac{Fh}{\pi E \Delta h}$

2) intégrer dans l'expression de l'objectif : $m = \rho h \pi r^2$

$$m = \rho \pi h \left(\frac{Fh}{\pi E \Delta h} \right) \longrightarrow m = \frac{F \rho h^2}{E \Delta h}$$

Fonction objectif :

$$m = (F) \left(\frac{h^2}{\Delta h} \right) \left(\frac{\rho}{E} \right) \text{ pas de paramètre ajustable !}$$

$$m = (F)(G)(M)$$

Ou :

(F) : Paramètre fonctionnel

(G) : Paramètres géométriques

(M) : Paramètres propre au matériau

➤ Objectif : minimiser la masse = minimiser $\left(\frac{\rho}{E} \right)$
= maximiser $\left(\frac{E}{\rho} \right)$

➤ L'indice de performance $I = \frac{E}{\rho}$ est le paramètre à maximiser pour obtenir la meilleure performance.

➤ Maximiser l'indice de performance c'est obtenir le meilleur compromis entre deux propriétés pour une fonction donnée.

- Principe : représenter une propriété en fonction de l'autre.
- Représentation : $\log E = f(\log \rho)$.
- Chaque famille de matériau est représentée par un domaine.
- $I = \frac{E}{\rho} \longrightarrow E = I \rho$

$$\log E = \log I + \log \rho$$

Équation de la forme : $y=ax+b$ donc Maximiser l'indice de performance

⇒ Pour chaque valeur de l'indice de performance, nous obtenons sur la carte une droite de pente 1 sur laquelle les différents matériaux sont équiperformants.

- ✓ Les matériaux en dessous de la droite sont moins bons
- ✓ Les matériaux au-dessus sont meilleurs

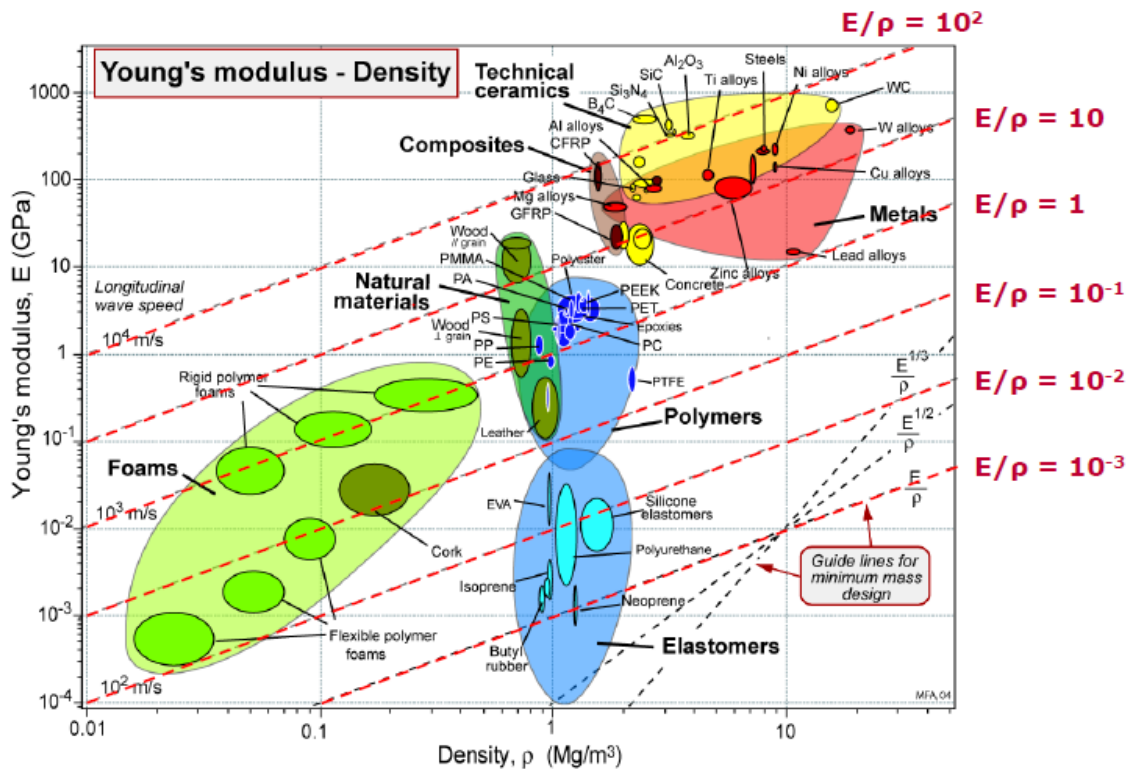


Figure 46 : Diagramme d'Ashby (module de Young - masse volumique)

Sur la figure 31, on voit clairement que les céramiques ou les composites renforcés à fibres de carbone sont les matériaux les plus performants, la fragilité intrinsèque limite l'usage des premiers, le coût celui des seconds, alors nous avons opté pour l'acier E24, qui représente un compromis satisfaisant entre la rigidité et la masse volumique, ce qui correspond aux exigences de l'application en question.

3.3.Calcul Analytique

Le dimensionnement des outils de fixation et de déboutonnage consiste à déterminer le diamètre minimal nécessaire pour qu'ils résistent aux sollicitations subies.

Outil de déboutonnage

L'outil de déboutonnage subit une contrainte de compression de la part du vérin. On prendra un facteur de sécurité égale à 2

$$\text{Donc : } \sigma \leq \frac{\sigma_e}{F_s} \quad \text{avec } \sigma = \frac{4F}{\pi D_d^2}$$

$$\text{Alors : } \frac{4F}{\pi D_d^2} \leq \frac{\sigma_e}{F_s}$$

$$\text{D'où : } D_d^2 \geq \frac{4F \times F_s}{\pi \sigma_e} \longrightarrow D_d \geq \sqrt{\frac{4F \times F_s}{\pi \sigma_e}}$$

$$\text{AN : } D_d \geq \sqrt{\frac{4 \times 30 \times 10^3 \times 2}{235\pi}} = 18.03 \text{ mm}$$

Par la suite, on prend le diamètre de l'outil de déboutonnage : $D_d = 20 \text{ mm}$. Et d'après que le diamètre de la tige est de 30 mm l'outil de déboutonnage aura la forme suivante :



Figure 47 : Outil de déboutonnage

Outil de fixation écrou M8

De même l'outil de fixation est sollicité en compression par le vérin, d'après les dimensions des écrous M6, M8 carrée et vis M6 et M8 nous fixerons le diamètre intérieur à $d_1 = 20 \text{ mm}$ et pour les écrous M8 et M10 roue à $d_2 = 26 \text{ mm}$, nous prendrons un facteur de sécurité de 2

$$\text{Donc : } \sigma \leq \frac{\sigma_e}{F_s} \text{ avec } \sigma = \frac{4F}{\pi(D^2 - d^2)}$$

$$\text{Alors : } \frac{4F}{\pi(D^2 - d^2)} \leq \frac{\sigma_e}{F_s}$$

$$\text{D'où : } D^2 \geq \frac{4F \times F_s}{\pi \sigma_e} + d^2 \longrightarrow D \geq \sqrt{\frac{4F \times F_s}{\pi \sigma_e} + d^2}$$

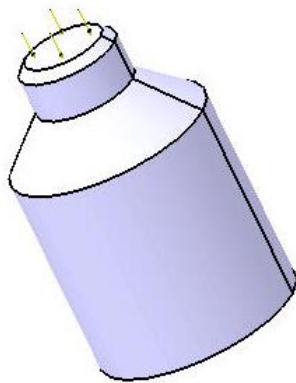
$$\text{AN : } D_1 \geq \sqrt{\frac{4 \times 30 \times 10^3 \times 2}{235\pi} + 20^2} = 26.92 \text{ mm}$$

$$D_2 \geq \sqrt{\frac{4 \times 30 \times 10^3 \times 2}{235\pi} + 26^2} = 31.63 \text{ mm}$$

3.4.Simulation sous CATIA V5

Outil de déboutonnage

❖ Modèle statique de calcul :



- la liaison entre l’outil de déboutonnage et la tige de vérin est modélisée par un encastrement.

- La section est sollicitée par les efforts développés par le vérin hydraulique qui sont supposés répartis sur la surface d’appui du bout de l’outil.

Figure 48 : modèle statique de calcul de l'outil de déboutonnage

❖ Contrainte de Von Mises :

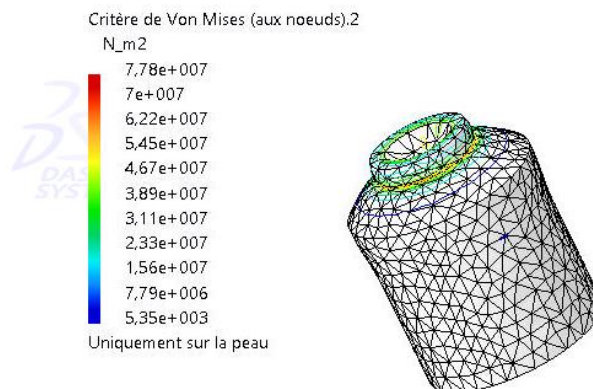


Figure 49: Contrainte de Von Mises dans l'outil de déboutonnage

On constate que la contrainte maximale de Von Mises est de 77.8 MPa, ce qui implique la résistance de l’outil de déboutonnage sous les conditions données, tout en prenant un coefficient de sécurité de 2 avec un matériau E24, et ceci dans le cas le plus chargé.

Outil de fixation M8&M10 roue :

❖ Modèle statique de calcul :

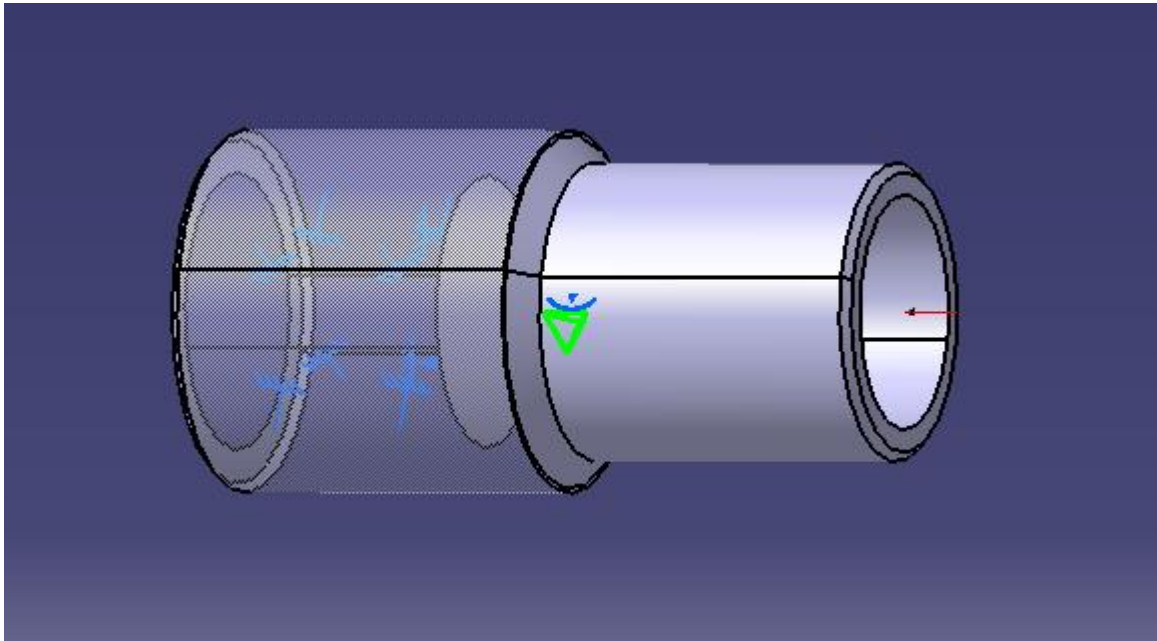


Figure 50 : Modèle de calcul de l'outil de fixation

- La liaison entre l'outil de fixation et la tige de vérin est modélisée par un encastrement.
- La section est sollicitée par les efforts développés par le vérin hydraulique qui sont supposés répartis sur la surface d'appui de l'outil.

❖ Contrainte de Von Mises :

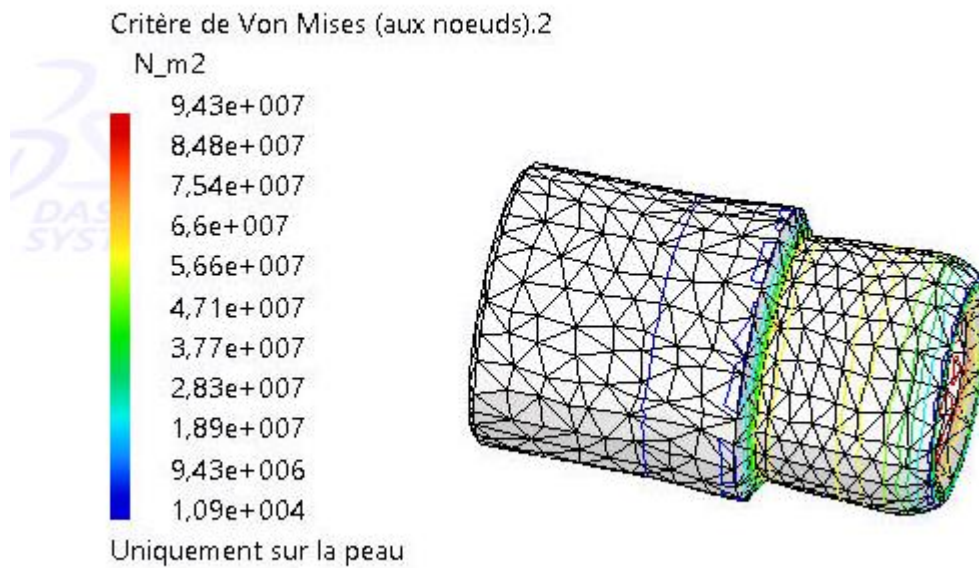


Figure 51: Contrainte de Von Mises dans l'outil de fixation

Nous constatons que la contrainte maximale de Von Mises est de 94.3 MPa, ce qui signifie la résistance de l'outil de fixation pour les cas les plus chargés, tout en adoptant un coefficient de sécurité égale à 2.

Outil de fixation M6&M8 :

❖ Modèle statique de calcul :

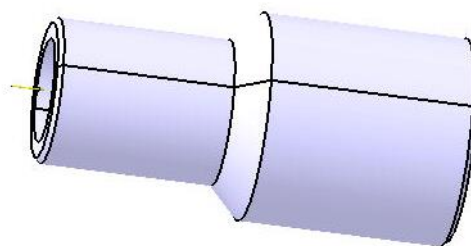


Figure 52 : modèle de calcul de l'outil de fixation

- La liaison entre l'outil de fixation et la tige de vérin est modélisée par un encastrement.

- La section est sollicitée par les efforts développés par le vérin hydraulique qui sont supposés répartis sur la surface d'appui de l'outil.

❖ Contrainte de Von Mises :

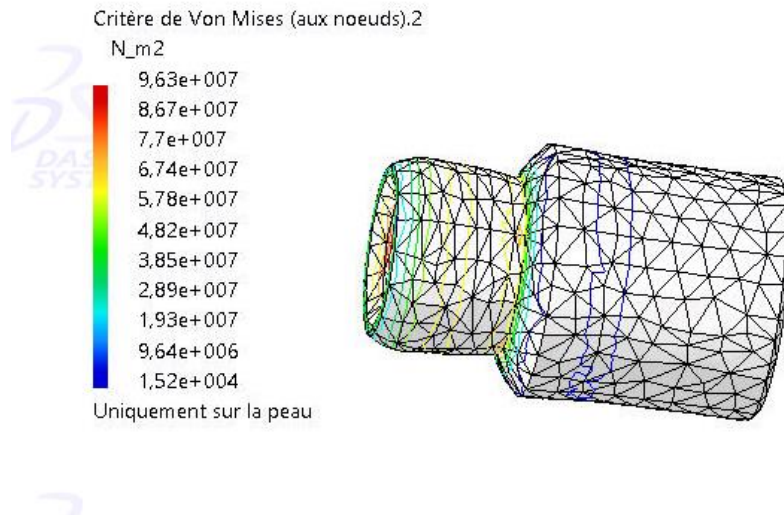


Figure 53 : contrainte de Von Mises outil de fixation

La contrainte de Von mises maximale vaut 96.3 MPa, alors l'outil de fixation résistera aux contraintes maximales, tout en adoptant un coefficient de sécurité de 2.

4. Chiffrage de la réalisation du mécanisme de déboutonnage

Après le choix de l'ensemble des composants à approvisionner, ainsi que l'élaboration des plans de définition et d'ensemble de la partie mécanique, nous avons passé à l'étape de la consultation des fournisseurs. L'obtention des devis est passée par les étapes suivantes :

- Elaboration des cahiers des charges fournisseurs : ces CDC contiennent les plans nécessaires, les références, et les exigences imposées par notre conception.
- Recherches des fournisseurs actuels : cette étape est faite en collaboration avec le service achat, qui nous a donné les informations nécessaires concernant les différents fournisseurs à savoir leurs coordonnées et la manière avec laquelle passe la consultation et la livraison.
- Organisation des réunions avec les fournisseurs : nous sommes menés à faire des points de réunion avec les fournisseurs, et ceci dans le but de leurs expliquer notre projets, et leurs communiquer les cahiers des charges élaborés.
- Réception des devis : après la consultation des différents fournisseurs, nous recevons leurs meilleures offres. On fait appel à une comparaison judicieuse entre

les différents devis reçu, et ceci en terme de prix, délai et qualité de travail chez les fournisseurs. Et finalement, on choisit celui qui parait convaincant.

4.1.Chiffrage de la partie hydraulique

La consultation des fournisseurs des composants hydrauliques s'est focalisée sur deux sociétés principales : APPYDRO Hydraulique & SECOFLUID.

Le premier fournisseur (APPYDRO Hydraulique) est spécialisé dans la conception et la réalisation des centrales hydrauliques. Notre consultation est effectuée dans le but d'avoir toute une centrale hydraulique selon notre propre étude. L'avantage d'un tel fournisseur réside dans le fait d'avoir une centrale testé et mis en marche avec une fiabilité élevée, vu la spécialisation de l'entreprise dans ce domaine.

Le deuxième fournisseur (SECOFLUID) va nous livrer chaque pièce à part, et c'est à nous de faire l'assemblage et le test sur site.

Le chiffrage reçu des deux fournisseurs, ainsi que les avantages de chaque offre est donnée dans le tableau suivant :

Fournisseurs	Avantages	Chiffrage reçu
SECOFLUID	- Prix bas. - marques de bonne qualité (distributeur de Bosch)	2554 EUR
APPYDRO Hydraulique	- Centrale hydraulique fiable et testé dans leur laboratoire - Centrale équipée des capteurs et accessoires supplémentaires.	4500 EUR

Tableau 12 : Chiffrage de la partie hydraulique

4.2.Chiffrage de la partie mécanique

La consultation des fournisseurs nécessaires pour la réalisation de la partie mécanique s'est orientée vers les sociétés de construction métallique, et qui peuvent réaliser où sous-traiter l'usinage des pièces mécaniques.

Pour ce faire nous avons contacté deux fournisseurs de construction métallique qui sont comme suit : TAMED, et METALLIX. Ces deux fournisseurs sont implantés à Tanger ce qui facilite leurs consultations.

Le tableau ci-dessous regroupe les fournisseurs consultés, leurs avantages et le chiffrage reçu de la part de chacun :

Fournisseurs	Avantages	Chiffrage reçu
TAMED	- Prix bas. - Construction métallique et usinage	465 EUR
METALLIX	- Plus actif et ponctuel - Bonne qualité de fabrication	750 EUR

4.3.Chiffrage total de la réalisation et gain

Le choix de l'offre la plus intéressante est fait selon la création des combinaisons possibles, établir le cout de chacune et citer leurs avantages et inconvénients. Le tableau suivant regroupe les résultats obtenus :

Combinaisons possibles	Cout total	Avantages et inconvénients
TAMED-APPYDRO	4965 EUR	- Cout élevé - Qualité et fiabilité bonnes - Retard prévu important
TAMED-SECOFLUID	3019 EUR	- Prix raisonnable - Qualité & fiabilité relativement bonnes - Retard prévu important
METALLIX-APPYDRO	5250 EUR	- Prix élevé - Qualité et fiabilité très bonnes - Retard minimal
METALLIX-SECOFLUID	3304 EUR	- Prix raisonnable - Qualité & fiabilité bonnes - Retard minimal

Tableau 13 : Chiffrage des combinaisons possibles

Pour la réalisation de notre mécanisme, nous avons choisi l'offre de SECOFLUID et celui de METALLIX, et ceci, dans le but de minimiser le délai de livraison, avoir une qualité acceptable et un prix raisonnable.

Ainsi, le cout global de la réalisation du mécanisme en incluant le prix des accessoires (boitier de commande, écran d'affichage, manomètre, boutons poussoirs ...) sans calculer les frais d'implantation est égal à : 4588 EUR.

D'après la consultation de METALLIX pour la conception et la réalisation du mécanisme de déboutonnage, nous avons reçu un devis de 17500 EUR.

Notre mécanisme ne dispose pas des fonctionnalités complémentaires, mais il répond à notre besoin.

Donc la réalisation de notre mécanisme économisera 12912 EUR.

Conclusion & synthèse

Dans ce chapitre, nous avons pu dimensionner les différents composants constituant notre mécanisme. Nous avons commencé par le calcul de structure du support machine, qui seront élaborés par des profilés de construction métallique de type CARC 80x80x3. Par la suite, nous avons dimensionné les éléments de déboutonnage et de fixation.

Dans notre dimensionnement nous avons procédé par un calcul analytique de résistance, puis nous avons renforcé notre étude par des simulations et calcul numérique, et ceci sous les logiciels.

Cette étude, nous a permis d'avoir les différentes dimensions des composants à fabriquer. Ainsi, nous avons élaboré les plans de définition et d'ensemble, pour pouvoir contacter les fournisseurs et avoir un chiffrage relatif de la réalisation de l'affaire.

Conclusion générale & perspectives

Dans le présent travail, nous avons pu concevoir un moyen de déboutonnage des pièces assemblées au secteur assemblage qui permettra de mener un essai de déboutonnage fiable, rapide et sécuritaire. La réalisation de ce dispositif permettra de :

- alléger l'effort déployé par les opérateurs lors du déboutonnage,
- Assurer la fiabilité de l'essai de déboutonnage,
- garantir la sécurité humaine lors du déboutonnage,

Nous avons commencé par l'analyse de l'existant, puis une analyse fonctionnelle a été faite, pour sortir à la fin d'une structure à dimensionner. Après nous avons étudié une partie hydraulique qui constituera la partie de puissance de notre mécanisme, et nous avons dimensionné la partie mécanique et établir les plans relatifs à notre mécanisme. Le chiffrage de l'affaire a passé par la consultation des fournisseurs, la réception des devis et le choix de ceux les plus pertinents pour la société.

La réalisation du mécanisme de déboutonnage permettra d'économiser 12912 EUR tout en satisfaisant le besoin de l'entreprise.

En termes de perspective, nous allons résoudre les problèmes dégagés lors de notre dernière réunion avec les différents responsables, et qui sont liées à l'adaptation du mécanisme à un nouveau besoin, et ceci par adopter les solutions proposés constituant dans l'ajout d'un mode de traction pour l'arrachement des pièces soudées par points. Après nous passerons les commandes chez les fournisseurs pour recevoir les pièces nécessaires, et finalement nous réaliserons l'assemblage. La période prévu du prolongement du stage est de 6 semaines.

Ainsi, notre travail se terminera par la mise en place du mécanisme dans l'atelier, son essai et la mise en marche.

Bibliographie et Webographie

[1] : Cours l'innovation dans l'entreprise Pr Ahmed ABOUTAJEDDINE.

[2] : http://ec.europa.eu/europeaid/evaluation/methodology/examples/too_cri_res_fr.pdf

[3] : <http://www.crit.archi.fr/Web%20Folder/acier/Chapitre%205/5.1%20ProfilesConstruction.html>

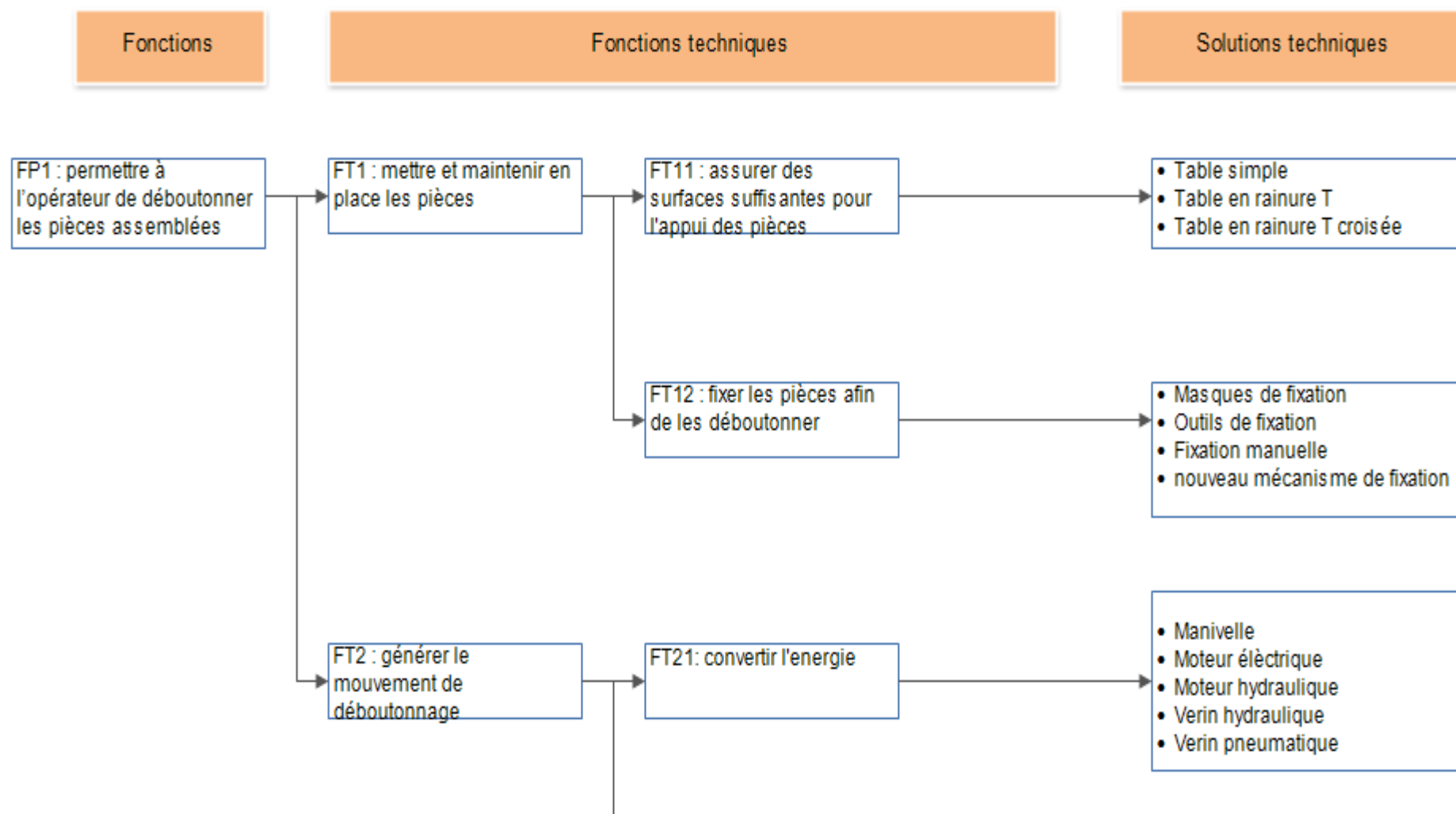
[4] : Système mécanique. M. Aublin, R. Boncompain, M. Boulaton, D. Caron. Edition Dunod publication 1998

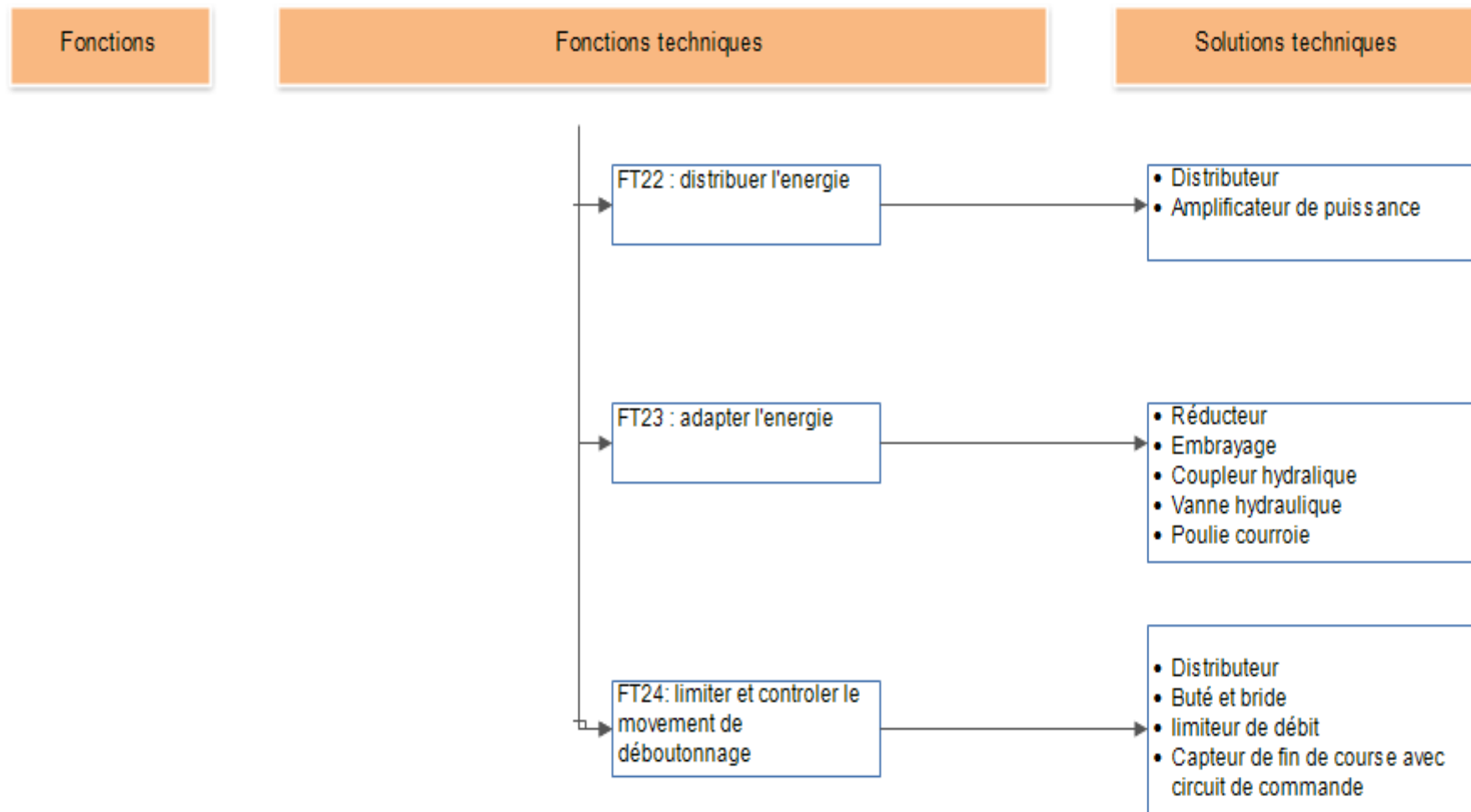
[5] : http://www.mecamedia.info/index/tp_minicomp_cous_dim

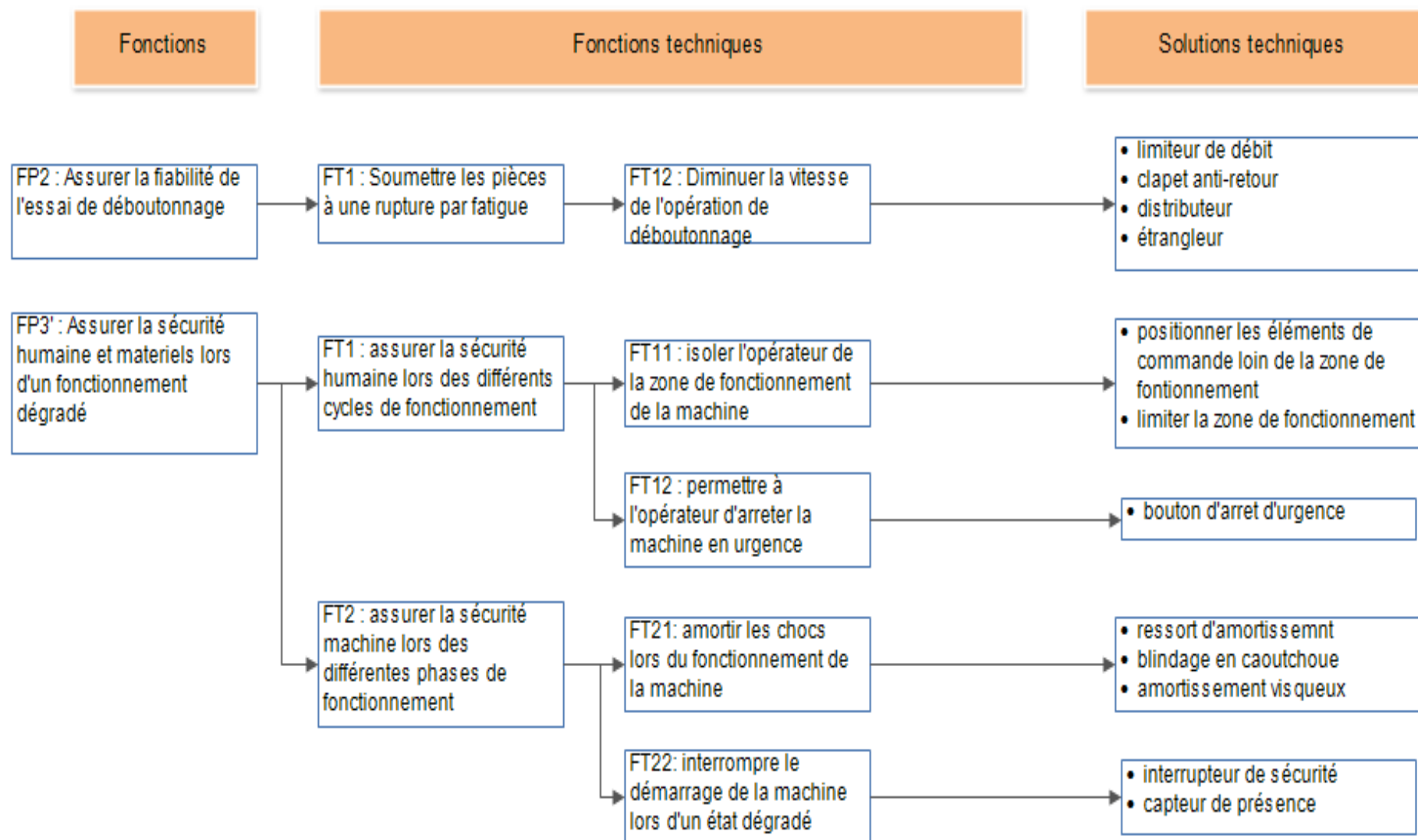
ANNEXE 1: planning

		
Nom	Date de début	Date de fin
• familiarisation et intégration au milieu de travail	02/02/16	04/02/16
• définition du problème et analyse de l'existant	05/02/16	10/02/16
• établir le cahier des charges client	11/02/16	13/02/16
• recherche bibliographique et analyse fonctionnelle	15/02/16	20/02/16
• proposition des solutions et choix de la plus convenable	22/02/16	29/02/16
• assembler les données d'entrées pour le dimensionnement	01/03/16	06/03/16
• calcul manuel et simulation sous logiciel	07/03/16	07/04/16
• établir les plans et la liste des pièces à approvisionner	08/04/16	18/04/16
• consultation fournisseur et réception des devis	19/04/16	09/05/16
• discussion et validation des achats	10/05/16	15/05/16
• passation des commandes et réception	16/05/16	10/06/16
• assemblage sur site et essai	13/06/16	18/06/16
• finalisation du projet	20/06/16	24/06/16

ANNEXE 2 : Diagramme FAST







ANNEXE 3 : vérification du bâti en I sous Robobat

Pièce		Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas	Ratio(uy)	Cas (uy)	Ratio(uz)	Cas (uz)
1 Poutre_1	OK	HEA 100	ACIER	49.32	79.68	0.65	1 PERM1	0.25	1 PERM1	0.01	1 PERM1
2 Poutre_2	✗	HEA 100	ACIER	49.32	79.68	1.16	1 PERM1	0.29	1 PERM1	0.02	1 PERM1
3 Poutre_3	✗	HEA 100	ACIER	49.32	79.68	1.16	1 PERM1	0.29	1 PERM1	0.02	1 PERM1
4 Poutre_4	OK	HEA 100	ACIER	49.32	79.68	0.65	1 PERM1	0.25	1 PERM1	0.01	1 PERM1
5 Poutre_5	OK	HEA 100	ACIER	24.66	39.84	0.59	1 PERM1	0.03	1 PERM1	0.04	1 PERM1
6 Poutre_6	OK	HEA 100	ACIER	9.86	15.94	0.68	1 PERM1	0.01	1 PERM1	0.01	1 PERM1
7 Poutre_7	OK	HEA 100	ACIER	24.66	39.84	0.59	1 PERM1	0.03	1 PERM1	0.04	1 PERM1
8 Poutre_8	OK	HEA 100	ACIER	9.86	15.94	0.68	1 PERM1	0.01	1 PERM1	0.01	1 PERM1
9 Poutre_9	OK	HEA 100	ACIER	19.73	31.87	0.01	1 PERM1	0.00	1 PERM1	0.00	1 PERM1
11 Poutre_11	OK	HEA 100	ACIER	12.33	19.92	0.40	1 PERM1	0.03	1 PERM1	0.00	1 PERM1
13 Poutre_13	✗	HEA 100	ACIER	14.80	23.90	1.05	1 PERM1	0.00	1 PERM1	0.06	1 PERM1
14 Poutre_14	OK	HEA 100	ACIER	12.33	19.92	0.40	1 PERM1	0.03	1 PERM1	0.00	1 PERM1
15 Poutre_15	OK	HEA 100	ACIER	9.86	15.94	0.34	1 PERM1	0.02	1 PERM1	0.02	1 PERM1
16 Poutre_16	OK	HEA 100	ACIER	19.73	31.87	0.21	1 PERM1	0.03	1 PERM1	0.00	1 PERM1
17 Poutre_17	OK	HEA 100	ACIER	19.73	31.87	0.66	1 PERM1	0.00	1 PERM1	0.12	1 PERM1
18 Poutre_18	OK	HEA 100	ACIER	19.73	31.87	0.33	1 PERM1	0.07	1 PERM1	0.01	1 PERM1
21 Poutre_21	✗	HEA 100	ACIER	19.73	31.87	1.31	1 PERM1	0.00	1 PERM1	0.43	1 PERM1
22 Poutre_22	OK	HEA 100	ACIER	19.73	31.87	0.44	1 PERM1	0.00	1 PERM1	0.08	1 PERM1
23 Poutre_23	OK	HEA 100	ACIER	14.80	23.90	0.66	1 PERM1	0.01	1 PERM1	0.12	1 PERM1
24 Poutre_24	OK	HEA 100	ACIER	14.80	23.90	0.66	1 PERM1	0.01	1 PERM1	0.12	1 PERM1
25 Poutre_25	OK	HEA 100	ACIER	14.80	23.90	0.16	1 PERM1	0.03	1 PERM1	0.00	1 PERM1
26 Poutre_26	OK	HEA 100	ACIER	14.80	23.90	0.16	1 PERM1	0.03	1 PERM1	0.00	1 PERM1
27 Poutre_27	✗	HEA 100	ACIER	14.80	23.90	1.40	1 PERM1	0.00	1 PERM1	0.05	1 PERM1
28 Poutre_28	OK	HEA 100	ACIER	19.73	31.87	0.00	1 PERM1	0.00	1 PERM1	0.00	1 PERM1
29 Poutre_29	✗	HEA 100	ACIER	14.80	23.90	1.40	1 PERM1	0.00	1 PERM1	0.05	1 PERM1

ANNEXE 4 : Vérification du bâti en profilé carré sous Robobat

Pièce		Profil	Matériau	Lay	Laz	Ratio	Cas	Ratio(vx)	Cas (vx)	Ratio(vy)	Cas (vy)
1 Poteau_1	OK	CARC 80x80x	ACIER	63.81	63.81	0.54	1 PERM1	0.00	1 PERM1	0.20	1 PERM1
2 Poteau_2	OK	CARC 80x80x	ACIER	31.90	31.90	0.41	1 PERM1	0.00	1 PERM1	0.01	1 PERM1
3 Poteau_3	OK	CARC 80x80x	ACIER	19.14	19.14	0.61	1 PERM1	0.00	1 PERM1	0.00	1 PERM1
4 Poteau_4	OK	CARC 80x80x	ACIER	25.52	25.52	0.00	1 PERM1	0.00	1 PERM1	0.00	1 PERM1
5 Poteau_5	OK	CARC 80x80x	ACIER	19.14	19.14	0.61	1 PERM1	0.00	1 PERM1	0.00	1 PERM1
6 Poteau_6	OK	CARC 80x80x	ACIER	25.52	25.52	0.00	1 PERM1	0.00	1 PERM1	0.00	1 PERM1
7 Poteau_7	OK	CARC 80x80x	ACIER	63.81	63.81	0.54	1 PERM1	0.00	1 PERM1	0.20	1 PERM1
8 Poteau_8	OK	CARC 80x80x	ACIER	25.52	25.52	0.05	1 PERM1	0.00	1 PERM1	0.00	1 PERM1
9 Poteau_9	OK	CARC 80x80x	ACIER	19.14	19.14	0.38	1 PERM1	0.00	1 PERM1	0.00	1 PERM1
11 Poteau_11	OK	CARC 80x80x	ACIER	63.81	63.81	0.63	1 PERM1	0.00	1 PERM1	0.20	1 PERM1
13 Poteau_13	OK	CARC 80x80x	ACIER	63.81	63.81	0.63	1 PERM1	0.00	1 PERM1	0.20	1 PERM1
14 Poteau_14	OK	CARC 80x80x	ACIER	25.52	25.52	0.45	1 PERM1	0.00	1 PERM1	0.00	1 PERM1
15 Poteau_15	OK	CARC 80x80x	ACIER	25.52	25.52	0.39	1 PERM1	0.00	1 PERM1	0.00	1 PERM1
16 Poteau_16	OK	CARC 80x80x	ACIER	31.90	31.90	0.41	1 PERM1	0.00	1 PERM1	0.01	1 PERM1
18 Poteau_18	OK	CARC 80x80x	ACIER	25.52	25.52	0.08	1 PERM1	0.00	1 PERM1	0.00	1 PERM1
21 琥 n	OK	CARC 80x80x	ACIER	12.76	12.76	0.39	1 PERM1	0.13	1 PERM1	0.00	1 PERM1
23 Poteau_23	OK	CARC 80x80x	ACIER	15.95	15.95	0.22	1 PERM1	0.00	1 PERM1	0.60	1 PERM1
24 Poteau_24	OK	CARC 80x80x	ACIER	15.95	15.95	0.22	1 PERM1	0.00	1 PERM1	0.60	1 PERM1

ANNEXE 6 : Devis METALIX

		• TRAVAUX DES METAUX • CHARPENTE METALLIQUE • CHARPENTE METALLIQUE • DISAILEGE, FUSAGE ET DISAILEGE
Nom : SNOP Adresse : _____ Tél : _____ Fax : _____ Ville : TANGER		Devis N° : 0202/2016 Date : 10/06/2016

Nous avons l'honneur de vous communiquer notre meilleure offre de prix pour :

Désignation	Unité	Qté	Prix U/HT	Montant HT
Fourniture de : • Mécanisme de déboutonnage suivant le plan fourni	U	1	17500,00	17 500,00
Total HT				17 500,00

► Délais :
 ► Modalités de paiement :

Nous restons à votre disposition pour toute information complémentaire et nous vous prions d'agréer nos meilleures salutations

Direction Générale

ANNEXE 7 : Devis SECOFLUID


Rexroth
 Bosch Group

Distributeur officiel

Adresse de facturation

MEME ADRESSE

Adresse de livraison

 SNOF
 ILOT63 LOT1
 ZONE AEROPORTUAIRE
 TANGER MAROC
Hydraulique
Industrie

Veuillez trouver l'offre N° 1954792

 Contact CLIENT DIVERS
 Tél: Fax:

Page: 1

Date	Numero	Validité de l'offre	Vos références	N° Client	Notre référence
27/05/16	1954792/02	30/05/16	27/05/16 MR JABBOUR	06 2000006	060100-1954792
Quantité	Un	Article	Delai	Prix Net Unitaire HT	Montant Ligne HT
2	UN	POUR FAIRE SUITE A VOTRE DEMANDE NOUS VOUS PROPOSONS ***** VERIN 30X60 C700 703/7 ***** GROUPE MOTO POMPE COMPOSE DE MOTEUR 17 KW POMPE A ENGRENAGE 19CM3 AVEC BRIDES LANTERNE ET ACCOUPLEMENT SOIT DEBIT 69L/MIN A 200 BARS VOUS NE POURREZ PAS OBTENIR 70L/MIN A 210 BARS AVEC UN MOTEUR DE 17KW ARTICLE NON CODE ***** DISTRIBUTEUR SECOMB35-1D1 ***** ARTICLE NON CODE ***** DISTRIBUTEUR COMMANDE électrique 1 ELEMENT PROPORTIONNEL ARTICLE NON CODE ***** LIMITEUR DE DEBIT SECOEDU38 *****	D2705	178,60	357,20 EUR
1	UN		D2705	980,00	980,00 EUR
1	UN		D2705	130,00	130,00 EUR
2	UN		D2705	320,00	640,00 EUR
					.../...

Port et Emballage en sus

 Selon nos conditions générales de ventes
 23 Rue de la Guillauderie Parc d'activités de Tournebride 44118 LA CHEVROLIERE Tél. 02.40.02.13.13 - Fax. 02.51.70.90.44
 S.A.S. au capital de 400 000€ - SIRET 393 434 063 00011 - RCS NANTES B 393 434 063



Adresse de facturation

MEME ADRESSE

Adresse de livraison

SNOP
 ILOT63 LOT1
 ZONE AEROPORTUAIRE
 TANGER MAROC

Hydraulique Industrielle

Veuillez trouver l'offre N° 1954792

Contact CLIENT DIVERS
 Tél: Fax:

Page: 2

Date	Numero	Validité de l'offre	Vos références	N° Client	Notre référence
27/05/14	1954792/02	30/05/14	27/05/14 MR OUASSIL	06 2000006	060100-1954792

Quantité	Un	Article	Delai	Prix Net Unitaire HT	Montant Ligne HT
2	UN	ARTICLE NON CODE ***** CLAPET ANTI RETOUR SECOCAR38	D2705	39,48	78,96 EUR
1	UN	ARTICLE NON CODE *****	D2705	15,30	15,30 EUR
1	UN	VALVE PRESSION VMP 3/8 *****	D2705	45,44	45,44 EUR
1	UN	RESERVOIR MOBILE 80 LITRES R3-003 AVEC FILTRE RETOUR *****	D2705	412,00	412,00 EUR
DELAI PREVOIR 8 à 10 JOURS POUR L ENSEMBLE PORT ET EMBALLAGE EN SUS					
Expédition Réglement Devise		Port et Emballage en sus à définir EUR		Total HT Devis	2.553,90 EUR

Offre Suivie par
 Sédentaire Itinérant

Jean-Pierre HERVY

HERVY Jean-Pierre

Tel : 02 40 02 13 13

jphervy@secofluid.fr