



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès
Faculté de Sciences et techniques de Fès-Saïss
Département de génie mécanique



Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention du :

Master Sciences et Techniques
Spécialité : Ingénierie Mécanique

Thème :

**Projet d'implémentation du système d'accrochage
roue de secours Renault trafic III et la conception
d'une nouvelle machine de soudage automatique**

Lieu :

SOCAFIX-MAROC - CASABLANCA

Présenté par :

- TAYOUB MOHAMMED
- BOUOIDINA AMJAD

Encadré par :

- LAMLIH KHALID (D.G SOCAFIX)
- Pr. ABOUTAJDINE AHMED (FSTF)

Soutenu le 18/06/2013 devant le jury :

- Pr. MOUTAWAKKIL IMANE
- Pr. A. EL BIYAALI
- Pr. ABOUTAJDINE AHMED
- Pr. LAMLIH KHALID

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

« رَبِّ اشْرَحْ لِي صَدْرِي وَيَسِّرْ لِي أَمْرِي

وَأَحْلِلْ عَقْدَةَ مِنْ لِسَانِي يَفْقَهُوا قَوْلِي »

سورة طه

صدق الله العظيم

رَبَّنَا عَلِّمْنَا مَا يَنْفَعُنَا وَنَفِّعْنَا بِمَا عَلَّمْتَنَا، إِنَّكَ

أَنْتَ الْعَلِيمُ الْحَكِيمُ

وعاء نبوي

Remerciements

Nous tenons à travers ce mémoire, à exprimer nos sincères remerciements aux nombreuses personnes qui ont contribuées à l'aboutissement de ce présent travail :

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude ainsi que toute notre reconnaissance à notre encadrant de SOCAFIX M.LEMLIH qui nous a fait bénéficier de son savoir-faire, de sa disponibilité et pour l'intérêt manifeste qu'il a porté à ce projet.

Nous tenons également à exprimer notre respect et remerciement à notre professeur Mr.ABOUTAJEDINE qui n'a épargné aucun moyen pour nous aider et soutenir, et aussi pour ses conseils précieux et ses directives pertinentes.

Notre gratitude est ainsi allouée à notre professeur Mr.BERKANI qui nous a été d'une grande importance et grande utilité.

Nos sincères remerciements vont aussi à l'ensemble du personnel de SOACFIX-Maroc pour leur Accueil et leur amabilité notamment Mr.MHAMMED et Mr.ARGANI

Nous adressant l'expression de nos gratitude à tous les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer ce travail.

Enfin, nous remercions tous ceux dont nous n'avons pas cité le nom, et qui ont participé de près ou de loin dans l'élaboration de ce travail.

Dédicaces

À nos pères

*Lorsque nous avons besoin de personne digne de notre estime et de notre respect.
Aucune dédicace ne saurait exprimer nos sentiments d'amour.*

À nos mères

*À nos très chères aimées qui nous ont donnée toujours l'espoir et le courage pour
réussir.*

À nos frères et sœurs

Les personnes les plus proches de nos cœurs. On vous remercie pour votre soutien.

À toute notre famille

*Qui nous ont aidé à surmonter nos difficultés et nous ont encouragé afin
d'arriver.*

À tous nos amis (es)

Qui nous sont proches par le cœur et l'esprit

BOUOUIDINA Amjad

TAYOUB Mohammed

Résumé

Notre projet de fin d'études s'inscrit dans le cadre de l'élaboration des tâches du processus de fabrication du système d'accrochage de la roue de secours pour la nouvelle voiture Renault trafic III, et par la suite l'application de la méthode AMDEC processus pour identifier les différentes modes de défaillances prévues, ainsi que leurs gravité et leurs effets.

Il se rapporte à l'étude, la conception d'une machine de soudage automatique permettant d'assembler tous les composants du système d'accrochage. Il a aussi pour objectif d'accroître la productivité pour répondre à l'augmentation de la demande.

Tous d'abord, nous étions menés à faire une étude conceptuelle qui nous a permis d'identifier les sous-systèmes de notre machine. Dans un second temps, une étude préliminaire pour concevoir la solution la plus adaptée pour notre machine.

Après, nous avons abordé la conception détaillée des différents sous-systèmes de la machine : choix des actionneurs, dimensionnement et calculs.

Enfin, nous avons effectué une étude technico-économique pour pouvoir évaluer la rentabilité de notre machine.

Sommaire

Liste des tableaux	
Liste des figures	
Annexes	
Introduction générale.....	3
Chapitre I. Présentation général de l’organisme d’accueil	4
I. Présentation de la société	5
1. Dates clés :.....	5
2. Fiche signalétique :.....	6
3. Organigramme.....	6
4. Produits de SOCAFIX :.....	7
II. Le métier de la transformation du métal	8
1. Le pliage.....	8
2. Le découpage à la presse :.....	9
3. L’emboutissage.....	9
4. Cintrage de tube :.....	10
5. Soudage :.....	10
Chapitre II. Formulation préliminaire du projet.....	11
I. Description du projet.....	12
II. Cahier des charges :.....	13
III. Objectif du projet :	13
Chapitre III. Elaboration des taches du processus de fabrication de la pièce X82.....	14
I. Processus de fabrication du X82	15
II. AMDEC processus.....	16
1. Echelles d’AMDEC.....	16
2. Processus : Pliage fil	19
3. Processus : Découpage, emboutissage plaque	20
4. Expédition.....	21
5. processus : RECEPTION.....	21
6. Processus : Stockage MP	21
7. Soudure électrique	21
8. Montage de l’ensemble :.....	21
9. Peinture époxy :.....	21

10.	Stockage PF :.....	21
III.	Analyse des ressources.....	22
1.	Introduction.....	22
2.	Les ressources nécessaires pour la réalisation du projet	22
Chapitre IV. Conception préliminaire de la machine de soudage :.....		24
I.	Rappel sur le SOUADAGE.....	25
1.	Généralités et définitions	25
2.	Soudage par résistance :	26
3.	Le soudage par bossages	27
4.	Le soudage à l'aide des vérins	28
5.	Paramètre de soudage :	29
II.	Choix des concepts et des technologies.....	30
1.	L'emplacement du gabarit dans la machine	30
2.	Configuration morphologique du système de déplacement linéaire	31
3.	Système de déplacement linéaire	33
III.	Analyse fonctionnelle des sous système de la machine:	34
IV.	Décomposition de la machine de soudage	41
V.	Principe de fonctionnement de la machine	42
1.	La forme de la machine	42
Chapitre V. Dimensionnement des sous système de la machine de soudage		44
I.	Dimensionnement du chariot.....	45
1.	Dimensions des poutres :	45
2.	Flambement de la poutre verticale	51
3.	Dimensionnement du guidage linaire	51
4.	Dimension des supports des vérins :.....	51
II.	Dimension de la vis à billes:.....	52
1.	Le type de fixation :	52
2.	Précharge :.....	53
3.	Vitesse critique	54
4.	Calcul de la vitesse critique nkf	54
5.	Analyse des forces	55
6.	Rendement de la vis	56
7.	Vis autobloquante	57
8.	Durée de vie	57

III.	Dimensionnement des paliers.....	58
IV.	Caractéristique du moteur	62
V.	choix de la courroie	62
1.	Calcul des courroies crantées.....	63
2.	Détermination du pas (p en mm)	64
VI.	Dimensionnement du vérin de soudage pneumatique :.....	67
1.	Dimensionner par rapport à la charge :	67
2.	Choix de la course.....	67
3.	Vérification de la tige :.....	68
VII.	Choix d'un distributeur pneumatique :.....	68
1.	Choix de la fonction (nombre d'orifices) :.....	68
2.	Choix de la position de repos :	68
3.	Choix du pilotage (commande) :	68
4.	Choix de la taille :	68
5.	Calcul du débit :.....	68
VIII.	Choix du capteur de position et accessoires :.....	69
IX.	Schéma de puissance de la chaine d'action pneumatique :.....	69
Chapitre VI.	Etude de la rentabilité de la machine.....	71
I.	Etude technico-économique	72
1.	Introduction.....	72
2.	Les dépenses actuelles	72
3.	Coût de la main d'œuvre :	72
4.	Les dépenses prévisionnelles	72
5.	Le gain annuel.....	72
6.	L'investissement- durée d'amortissement.....	72
7.	Le coût d'investissement.....	73
8.	Le retour d'investissement.....	75
Conclusion générale	76
Bibliographie	77

Glossaire

Abréviaton	Signification
PSA	La <i>Société des Automobiles Peugeot</i>
AMDEC	Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité
FP	Fonction principale
FC	Fonction de contrainte
CO	Couple sans frottement
C	Couple
e	Rendement
KgF	Kilogramme Force
CM	Coût de main d'ouvre
RDM	Résistance des matériaux
ISO	Organisation internationale de normalisation.
ISO TS	La norme concernant la démarche Qualité dans l'industrie automobile
UTAC	Union technique de l'automobile du motorcycle et du cycle

Liste des tableaux

Tableau 1.	Fiche signalétique.....	6
Tableau 2.	Machines de fabrication nécessaires.....	22
Tableau 3.	Paramètres de soudage des plaques.....	29
Tableau 4.	Paramètres de soudage des fils.....	30
Tableau 5.	Dimensions de la vis à bille FDU.....	58
Tableau 6.	Dimensions de l'usinage de la vis.....	59
Tableau 7.	Dimensions du palier BK.....	60
Tableau 8.	Dimensions du roulement.....	61
Tableau 9.	Dimensions de l'écrou de serrage.....	61
Tableau 10.	Valeur de coefficient de service Ks.....	63
Tableau 11.	Dimensions des principales courroies crantées.....	64
Tableau 12.	Coefficient correcteur Kz.....	67
Tableau 13.	Appareils de la chaîne de conditionnement.....	69
Tableau 14.	Liste des composants standards.....	73
Tableau 15.	Liste des composants pour le sous-système de commande.....	73
Tableau 16.	Liste des composants pour le sous-système pneumatique du chariot.....	74
Tableau 17.	Liste des composants fabriqués dans la société.....	74
Tableau 18.	Les charges subites par l'entreprise.....	75

Liste des figures

Figure 1.	Organigramme de la société	6
Figure 2.	Armatures de siège	7
Figure 3.	Pédales d'accélérateur	7
Figure 4.	Fil guide airbag.....	7
Figure 5.	Berceau de roue de secours	7
Figure 6.	Pièces métalliques	8
Figure 7.	Plieuses de fil à Commandes Numériques	9
Figure 8.	Presse hydraulique.....	9
Figure 9.	L'opération de l'emboutissage	10
Figure 10.	Machines de cintrage automatique	10
Figure 11.	Machine de soudage	10
Figure 12.	Le berceau de la roue de secours	12
Figure 13.	Partie du cahier de charge.....	13
Figure 14.	Processus de fabrication du X82	15
Figure 15.	L'emboutissage des plaquettes	23
Figure 16.	Base de soudage	25
Figure 17.	Principe de soudage.....	25
Figure 18.	Types de soudage	26
Figure 19.	Soudage par point à gauche et par bossage à droite	27
Figure 20.	Principe du soudage à l'aide des vérins.....	28
Figure 21.	Gabarits de la machine de soudage	30
Figure 22.	Les différents points de soudage	31
Figure 23.	Supports glissière des vérins	31
Figure 24.	Disposition de systèmes cartésiens.....	32
Figure 25.	Chariot mobile.....	32
Figure 26.	Géométrie du système glissière	33
Figure 27.	Vis à billes	33
Figure 28.	Les déplacements du chariot suivant l'axe (Y)	42
Figure 29.	Conception préliminaire de la machine	43
Figure 30.	Types de fixation	52
Figure 31.	Diagramme du flambement de la vis.....	53
Figure 32.	Ecrou double.....	53
Figure 33.	Diagramme de la vitesse critique.....	54

Figure 34.	Diagramme d'équilibre des forces.....	55
Figure 35.	Vis à bille FDU.....	58
Figure 36.	Support de la vis à bille	58
Figure 37.	Courroie cranté.....	62
Figure 38.	Puissance transmissible des courroies crantées	64
Figure 39.	Diagramme de la largeur de la courroie	66
Figure 40.	Schéma de puissance pneumatique.....	69

Annexes

Annexe I.	Cahier de charge	79
Annexe II.	AMDEC Processus de réception	81
Annexe III.	AMDEC Processus de stockage	82
Annexe IV.	AMDEC Soudure électrique.....	83
Annexe V.	AMDEC Montage de l'ensemble	85
Annexe VI.	AMDEC Peinture époxy.....	86
Annexe VII.	AMDEC Stockage de pièces finales.....	87
Annexe VIII.	Analyse de la fonction de transformation de puissance.....	88
Annexe IX.	Analyse de la liaison glissière (guidage linéaire) :	90
Annexe X.	Flambement de la poutre verticale.....	92
Annexe XI.	Dimensionnement du guidage linéaire	93
Annexe XII.	Dimension des supports des vérins :	95

Introduction générale

Depuis mi-2009, l'économie mondiale a retrouvé un rythme d'expansion élevé et l'industrie automobile mondiale a atteint en 2011 un niveau de production record avec plus de 80 millions de véhicules, dans un environnement qui se caractérise par une offre concurrentielle de plus en plus forte et des attentes des clients de plus en plus élevées.

Les industriels ont été progressivement amenés à mettre en œuvre des modes d'organisation et de gestion reposant sur des concepts, méthodes et outils essentiellement fondés sur le management de relations de type client-fournisseur interne et externe : il s'agit à la fois de satisfaire aux exigences d'un client en assurant corrélativement l'efficacité économique d'un fournisseur. Dans cette optique, la gestion de projet a généré une série de méthodes de bonne pratique.

Pour devenir compétitive sur son marché, l'entreprise Renault a lancé des nouveaux projets de fabrication de pièces automobiles avec des entreprises marocaines, au lieu de les faire venir de l'étranger afin de gagner en termes de coût.

SOCAFIX-Maroc est l'une de ces entreprises qui a signé un contrat avec Renault pour lui fabriquer un système d'accrochage de la roue de secours du véhicule Renault trafic 3.

Ce présent travail « projet d'implémentation du système d'accrochage roue de secours Renault trafic III et la conception d'une nouvelle machine de soudage automatique » s'articule autour de quatre axes décrivant les principales tâches accomplies durant notre stage, à savoir :

-La Présentation de la société SOCAFIX et du métier de la transformation du métal

-L'étude préliminaire du projet fera l'objet du deuxième axe, ainsi que l'élaboration des tâches du processus de fabrication du système d'accrochage de la roue de secours, ensuite nous allons appliquer la méthode AMDEC processus pour identifier les différentes modes défaillances prévues, leur gravité et leurs effets.

-Dans le troisième axe qui regroupe les chapitres 4 et 5 nous avons conçu une nouvelle machine de soudage automatique pour assembler les différents composants du système d'accrochage. Par la suite nous avons effectué un choix des concepts et technologies et nous avons donné une description générale de notre machine proposé après avoir étudié plusieurs propositions. Les détails de la conception proprement dite et de dimensionnement des différents composants et sous-ensembles constituant notre machine, représentent des parties les plus importantes de notre projet. Dans ses parties nous avons expliqué les solutions proposés avec des dessins en 3 dimensions et nous avons calculé les sous-systèmes.

-Dans le dernier axe on a effectué une étude techno-économique pour pouvoir évaluer la rentabilité de notre machine.

Chapitre I

Chapitre I. Présentation général de l'organisme d'accueil

I. Présentation de la société



SOCAFIX est l'une des sociétés les plus reconnues au niveau royaume du Maroc et en Europe dans le domaine de l'automobile. SOCAFIX s'engage à produire tout type de pièce métallique requise pour la sécurité et le confort des voitures fabriquées par ses clients. Ses produits sont testés et certifiés par des grandes références tels UTAC.

SOCAFIX est un équipementier automobile spécialisé dans la transformation des métaux. Créée sur une surface de 17.000 m², dont 10000m² couverte, SOCAFIX MAROC emploie aujourd'hui près de 350 personnes

1. Dates clés :

2000 : Signature d'une convention entre SOCAFIX France et le groupe ABDELMOUMEN.

2003 : Acquisition des parts de SOCAFIX France dans SOCAFIX Maroc par le groupe ABDELMOUMEN.

2003 : Création d'une structure Technico-commerciale en France.

2003 : 100% de chiffres d'affaires en Europe.

2004 : Création d'un bureau d'étude conception et développement sous logiciel « CATIA ».

2004 : Livraison directe des sites PSA (Peugeot, Citroën) en Europe, Angleterre, France et Espagne sur des grandes séries (plus de 5000 véhicules par jour).

2005 : Extension des bâtiments de l'usine de 50%.

2005 : Certification ISO 9001 et ISO TS 16949 par l'UTAC.

2007 : Livraison directe à la SOMACA.

2009 : Nomination de SOCAFIX sur le projet de Renault Tanger.

2011 : Livraison Renault Tanger.

2. Fiche signalétique :

Les informations techniques de SOCAFIX sont résumées dans le tableau ci-dessous

Date de création	2000
Siège social	Z.I. Aéroport Mohamed V Nouacer Casablanca - Maroc
Raison sociale	Société marocaine de l'industrie automobile
Activité	Transformateur de fil métallique pour l'industrie automobile, présentoirs en fil métallique, peinture époxy Sté d'accessoires de fixation. Fabrication de présentoirs
Chiffre d'affaire	102 000 000 DH
Effectif	350 Personnes
Superficie	17 000 m ² dont 10 000 m ² couvertes

Tableau 1. Fiche signalétique

3. Organigramme

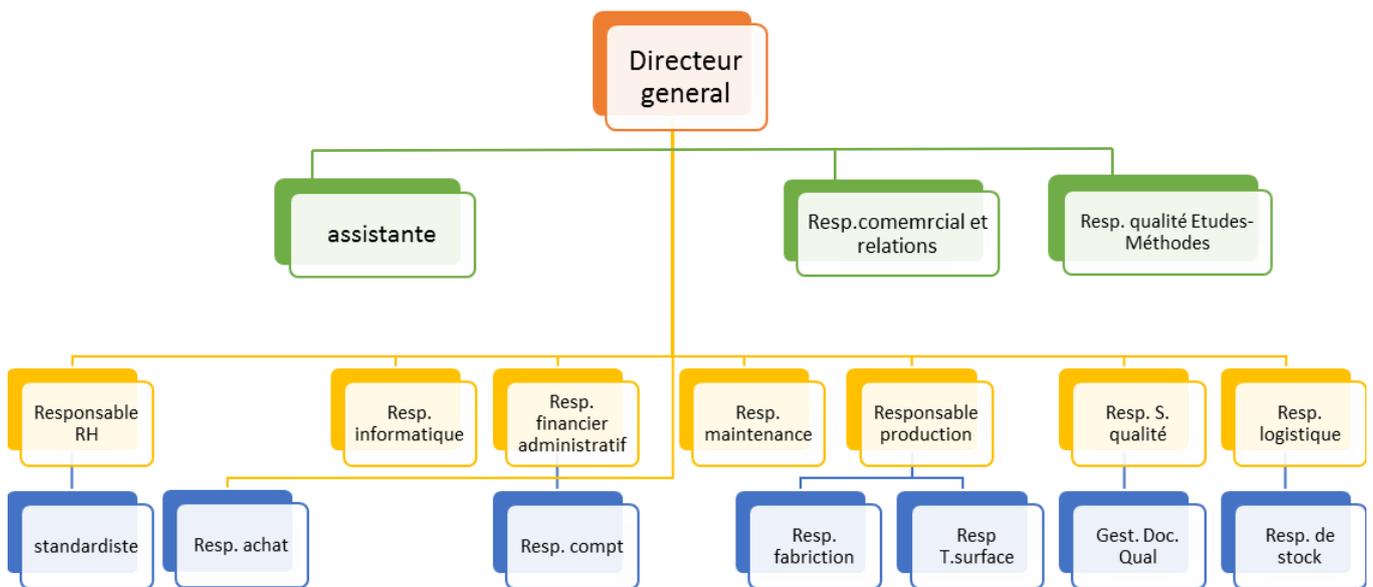


Figure 1. Organigramme de la société

4. Produits de SOCAFIX :

SOCAFIX fabrique plusieurs produits pour des différentes sociétés (Armature de siège, Pédale d'accélération, Berceau de la roue de secours ...etc. voir ci-dessous)

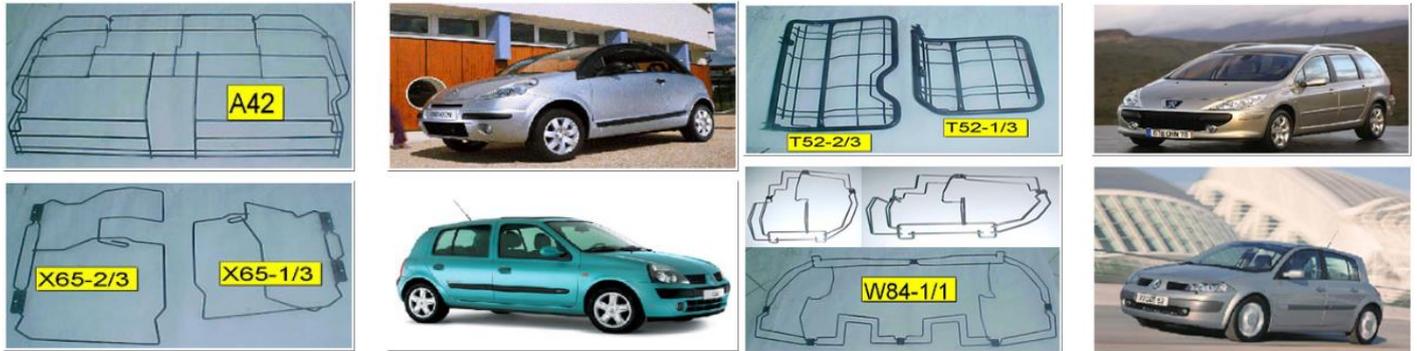


Figure 2. Armatures de siège



Figure 3. Pédales d'accélérateur



Figure 4. Fil guide airbag



Figure 5. Berceau de roue de secours

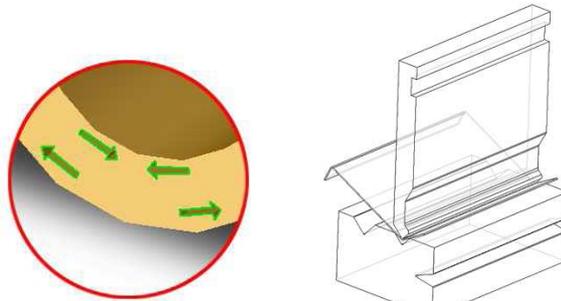


Figure 6. Pièces métalliques

II. Le métier de la transformation du métal

1. Le pliage

Le pliage est une opération de conformation à froid qui consiste à déformer une tôle plane ou un fil métallique en changeant la direction de ses fibres de façon brusque suivant un angle.



Il existe 2 types de pliage

Mécanique

Le pliage mécanique du fil métallique est une technique alliant les avantages de la précision et de la productivité. Cependant, chaque produit nécessite au préalable la réalisation d'un outillage de pliage spécifique.

Numérique

Le pliage à commande numérique ne requiert pas au préalable la mise au point d'un outillage spécial. Ainsi, il est possible de lancer une fabrication très rapidement ou encore de mettre au point des prototypes, SOCAFIX possède plusieurs Plieuses de fil à Commandes Numériques :



Figure 7. Plieuses de fil à Commandes Numériques

2. Le découpage à la presse :

Le découpage de tôles est une opération courante réalisée par les entreprises de la mécanique pour produire des pièces métalliques à partir de tôles. Son but est de séparer partiellement ou complètement des zones de la tôle de façon à obtenir la forme voulue et/ou de les préparer pour d'autres opérations comme le pliage ou l'emboutissage.

Le découpage à la presse (pour les Moyennes et grandes séries) : est le procédé de découpage des tôles le plus ancien et reste encore, et de loin, le plus productif. La plupart des pièces métalliques qui composent une automobile sont découpées selon ce procédé : les pièces visibles, dites d'aspect (capots, ailes, côtés de caisse, haillons...), et plus ou moins cachées de la structure (longerons, pieds milieu, charnières, colonnes de direction...).

SOCAFIX possède Sept presses allant de 63 Tonnes à 250 Tonnes :



Figure 8. Presse hydraulique

3. L'emboutissage

L'emboutissage est une technique de fabrication permettant d'obtenir, à partir d'une feuille de tôle plane et mince, un objet dont la forme n'est pas développable.

Le principe est fondé sur la déformation plastique du matériau (en général un métal), déformation consistant en un allongement ou un rétreint local de la tôle pour obtenir la forme.

L'emboutissage se pratique à l'aide de presses à emboutir de forte puissance munies d'outillages spéciaux

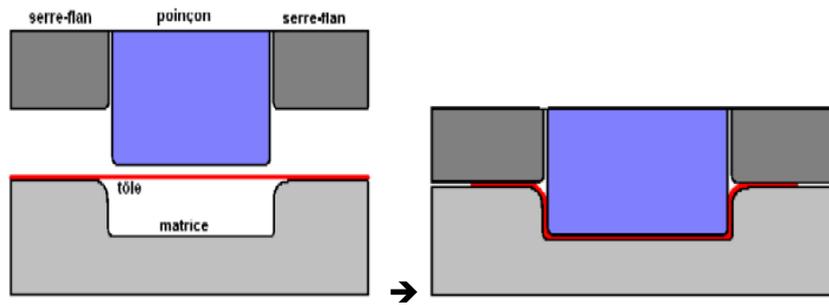


Figure 9. L'opération de l'emboutissage

4. Cintrage de tube :

Le cintrage est un procédé mécanique de déformation d'un tube ou d'une barre, suivant un rayon et un angle avec une cintreuse. Il existe plusieurs techniques : par enroulement, par poussée, par roulage et par emboutissage.

Lorsque l'on cintré un tube, la paroi extérieure s'amincit (on l'appelle l'extrados). La matière s'allonge et perd de l'épaisseur. Tous les tubes ne sont pas cintrables ; la matière doit présenter un pourcentage d'allongement suffisant. Au contraire de l'extrados, la paroi intérieure (appelée intrados) s'épaissit par compression de la matière



Figure 10. Machines de cintrage automatique

5. Soudage :

Le soudage est un moyen d'assemblage permanent. Il a pour objet d'assurer la continuité de la matière à assembler. Dans le cas des métaux, cette continuité est réalisée à l'échelle de l'édifice atomique



Figure 11. Machine de soudage

Chapitre II

Chapitre II. Formulation préliminaire du projet

I. Description du projet

SOCAFIX a signé avec Renault France plusieurs contrats pour réaliser des composants de ses nouvelles voitures, le dernier contrat signé est celui d'un berceau de roue de secours pour la nouvelle Renault trafic III, nommé X82. La fabrication de se composant débutera en avril 2014.

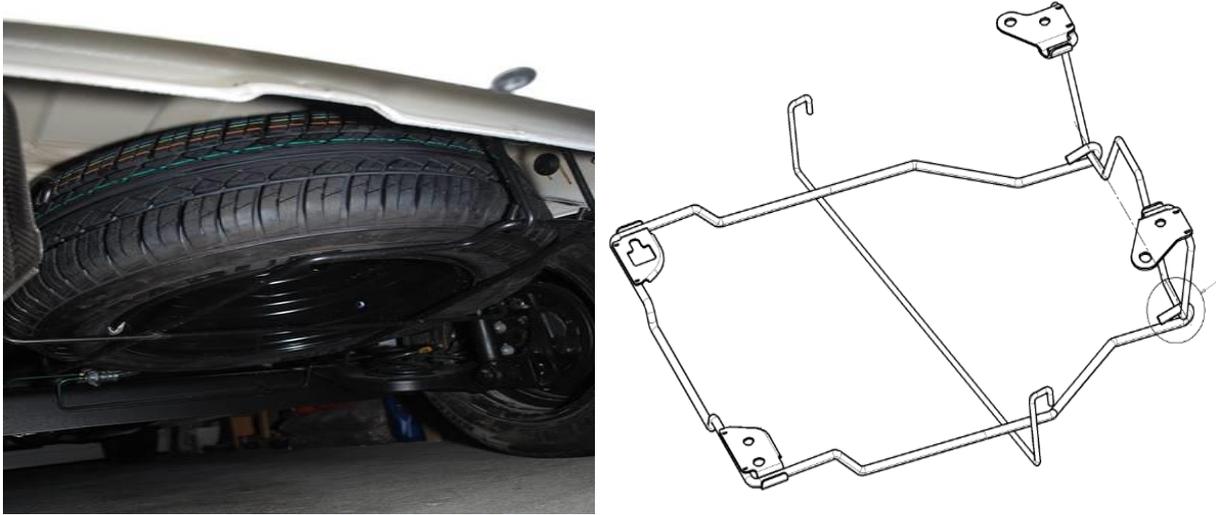


Figure 12. Le berceau de la roue de secours

Le berceau est un système d'accrochage de la roue de secours

La roue de secours est une Roue supplémentaire destinée à remplacer une roue dont le pneu viendrait à crever.

II. Cahier des charges :

Le cahier des charges exigé par Renault contient les besoins auxquels SOCAFIX doit répondre, en ce qui concerne la matière première, les dimensions de la pièce, la tenue à la corrosion, la peinture, les normes de soudage...etc. (pour le cahier de charge complet voir l'annexe I)

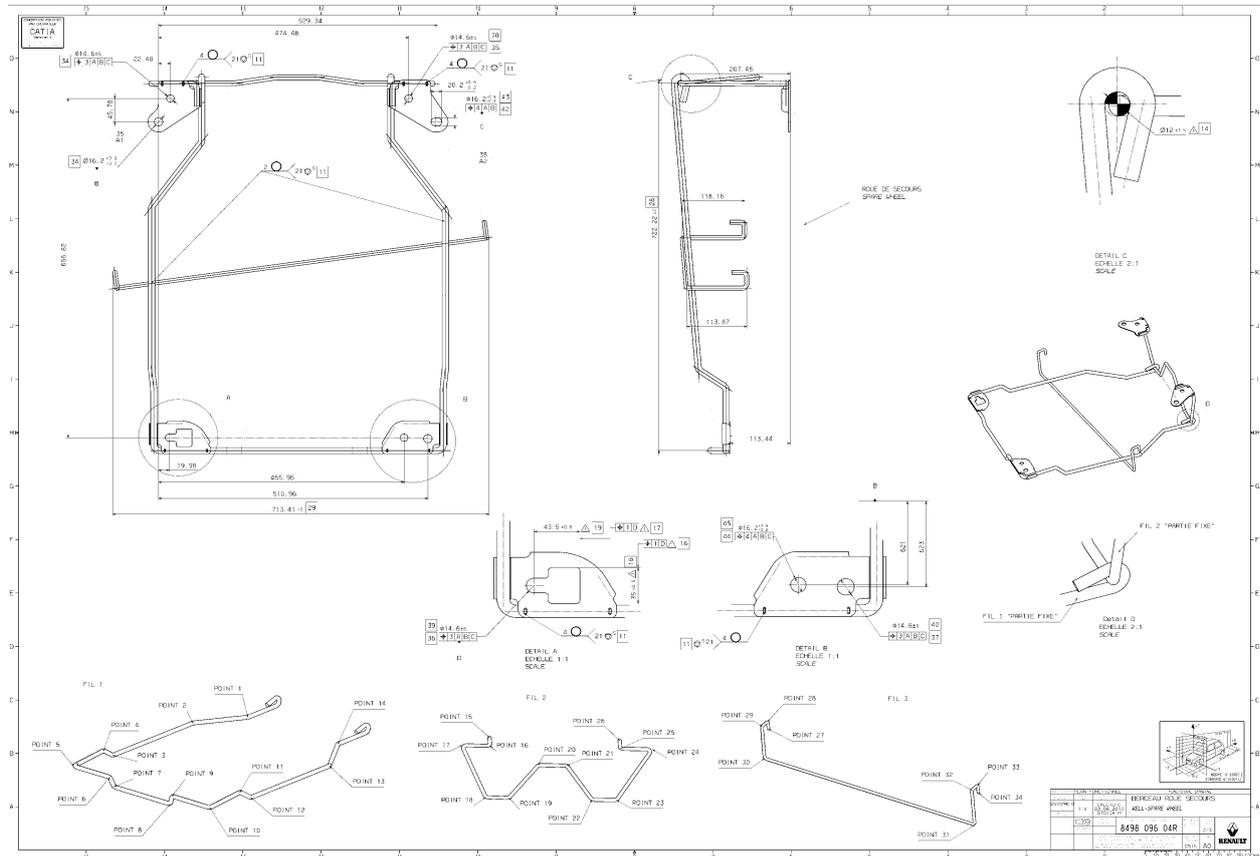


Figure 13. Partie du cahier de charge

III. Objectif du projet :

L'objectif majeur de ce projet est de fabriquer la pièce X82, donc afin d'atteindre cet objectif on doit définir Les étapes et les ressources nécessaires pour sa réalisation, par la suite nous allons identifier les ressources disponibles et celles qui manquent.

On commencera par l'élaboration des tâches du processus de fabrication du berceau par la suite nous allons appliquer la méthode AMDEC processus (analyse des modes de défaillances de leurs effets et leurs criticités) pour identifier les différentes modes de défaillances prévues, leurs gravités et leurs effets. Ensuite on déterminera pour chaque phase du processus les ressources disponibles au sein de la société et les besoins nécessaires qui ne sont pas encore disponibles, et on essaiera de concevoir une machine de soudage pour assembler les différents composants du berceau, Et à la fin nous allons effectuer une étude économique pour pouvoir évaluer la rentabilité de notre machine.

Chapitre III

Chapitre III. Elaboration des taches du processus de fabrication de la pièce X82

I. Processus de fabrication du X82

Les différentes tâches du processus de fabrication de la pièce X82 sont représentées sur le schéma suivant :

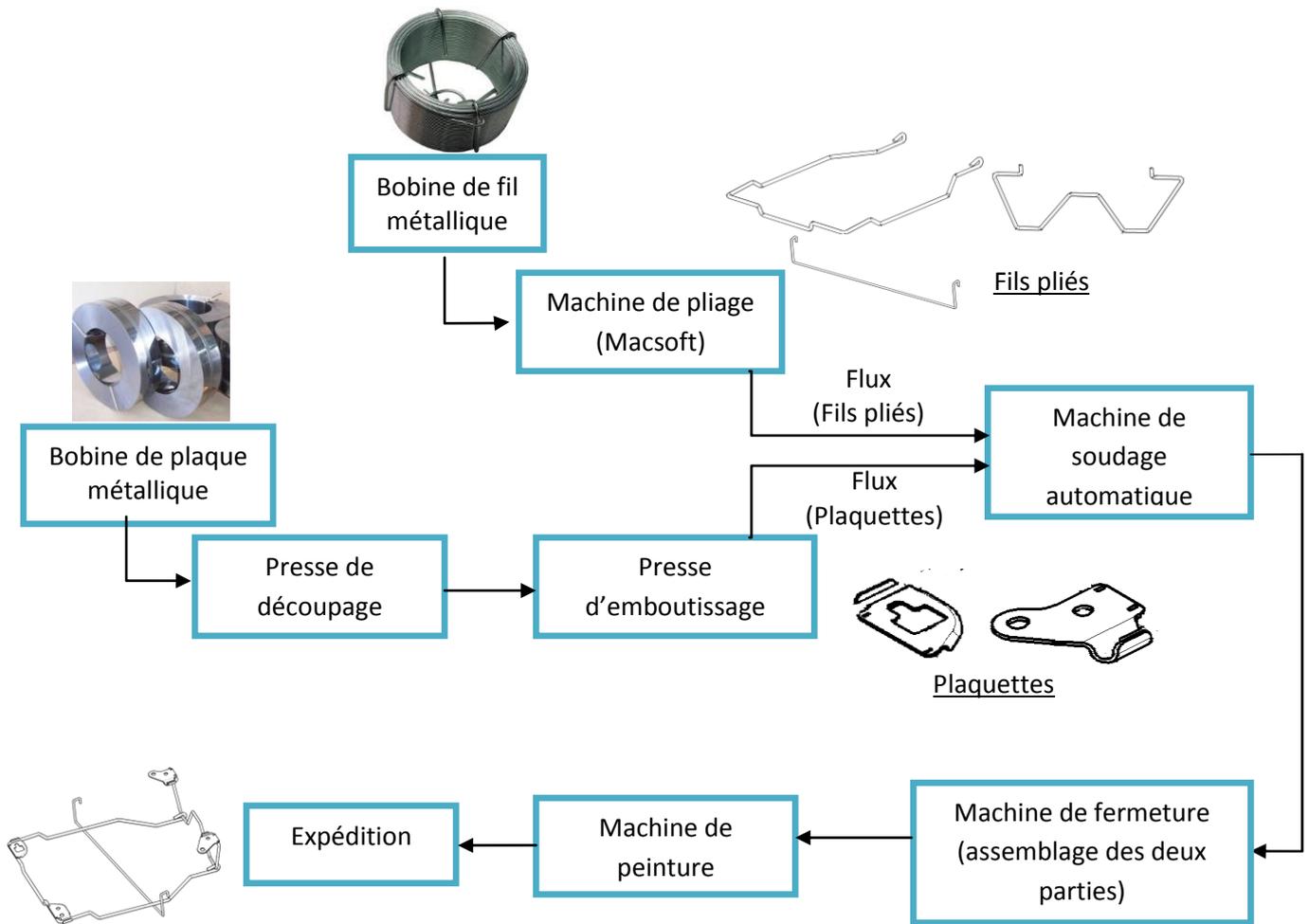


Figure 14. Processus de fabrication du X82

II. AMDEC processus

Dans cette partie nous allons appliquer la méthode AMDEC processus (analyse des modes de défaillances de leurs effets et leurs criticités) pour identifier les différentes modes de défaillances prévues, leurs gravités et leurs effets.

On commencera d'abord par la présentation de des échelles d'AMDEC (Gravité, Fréquence, Détection).

1. Echelles d'AMDEC

✓ Gravité

	Critères: gravité de l'effet	Critères: gravité de l'effet	
Echelle de Gravité	Cet état de classement lorsque la défaillance surgit chez le client final et/ou l'usine de fabrication / Montage. Le client final doit être toujours considéré le premier. Si présence des deux, utiliser la plus élevée des deux sévérités.		note
Dangereux sans Avertissement	Gravités très élevées lorsque le mode de défaillance affecte le fonctionnement du produit (Sécurité et/ou implique le non-respect des règlements gouvernementale, sans avertissement	Ou mis en danger l'opérateur aval ou dans l'usine client (machine ou assemblage) sans avertissement. Arrêt du processus de fabrication.	10
Dangereux avec Avertissement	Gravités très élevées lorsque le mode de défaillance affecte le fonctionnement du produit (Sécurité) et/ou implique le non-respect des règlements gouvernementale, avec avertissement	Ou mis en danger l'opérateur aval ou dans l'usine client (machine ou assemblage) avec avertissement. Important perturbation du flux. Frais de remise en état du processus élevés.	9
Très élevé	Produit non-opérable, avec perte de la fonction primaire	Ou 100% du produit mis au rebut ou produit / élément réparé en service de réparation avec un temps de réparation de plus d'une heure. Important perturbation du flux. Frais de remise en état du processus élevés.	8
Elevé	Produit non-opérable, mais niveau de performance réduit. Client non satisfait	Ou le produit doit être trié et une partie (moins de 100%) mis au rebut, ou produit / élément réparé en service de réparation avec un temps de réparation entre une demi-heure et une heure	7

Majeur	Produit retouchable, mais avec perte du confort/Convenance. Client non satisfier	Ou une partie (moins de 100%) du produit doivent être mis au rebut sans tri, ou le produit / élément réparé en service de réparation avec un temps de réparation inférieur à une demi-heure.	6
Faible	Produit retouchable, mais le confort / Convenance; est retoucher à un niveau de performance réduit. Client un peu non satisfier	Ou 100% du produit doivent être retouchés, ou l'article / élément est réparés hors ligne, mais ne va pas au service de réparation.	5
Très faible	Concordance, Finition / Grincement non conforme. Défaut remarqué par la plupart des clients (plus grand que 75 %).	Ou le produit doivent être trié, sans rebut, et une partie (moins de 100%) est retouchés	4
Mineur	Concordance, Finition / Grincement non conforme. Défaut remarqué par la plupart des clients (plus grand que 50 %).	Ou une partie (moins de 100%) du produit doit être retouchée, sans rebut, en ligne, mais hors de la station.	3
Très mineur	Concordance, Finition / Grincement non conforme. Défaut remarqué par la plupart des clients (plus grand que 25 %).	Ou une partie (moins de 100%) du produit doit être retouchée, sans rebut, en ligne, mais dans la station.	2
Aucun	Pas d'impact	Pas d'impact	1

✓ Fréquence :

Probabilité de la défaillance	Risque que la défaillance se produit (A titre d'information)	note
Probabilité très élevée. Le défaut va certainement se reproduire fréquemment	>1/100 1/200	10 ou 9
Probabilité élevée. Défaut fréquent dans un processus similaire.	1/500 1/1000	8 ou 7
Probabilité modérée. Défaut apparent occasionnellement dans des processus similaire.	1/2000 1/5000	6 ou 5
Probabilité faible. Très peu de défaut apparent dans des processus similaire.	1/10000 1/20000	4 ou 3

Probabilité très faible. Faute non-existant dans des processus similaire.	1/100000 1/200000	2 ou 1
---	----------------------	---------------

✓ Détection :

Probabilité de la non-détection		Risque B29 de laisser passer un produit défectueux (A titre d'information)	note
Probabilité très élevée de ne pas détecter la cause du défaut ou de laisser passer les défauts avant que le produit ne quitte l'opération concernée	Ex : le point n'est pas contrôlé ou pas contrôlable. Le défaut et ses causes ne sont pas décelables	>1/100 1/200	10 ou 9
probabilité élevée de ne pas détecter la cause du défaut ou de laisser passer le défaut avant que le produit ne quitte l'opération concernée.	EX : le contrôle est subjectif	1/500 1/1000	8 ou 7
Probabilité modérée de ne pas détecter la cause du défaut ou de laisser passer le défaut avant que le produit ne quitte l'opération concernée.	EX : Contrôle manuel / Visuel difficile.	1/2000 1/5000	6 ou 5
Faible probabilité de ne pas détecter la cause du défaut ou de laisser passer le défaut avant que le produit ne quitte l'opération concernée.	Ex : Le défaut est évident, quelques défauts échapperont à la détection (contrôle unitaire par l'opérateur)	1/10000 1/20000	4 ou 3
Très faible probabilité de ne pas détecter le défaut ou de laisser passer le défaut avant que le produit ne quitte l'opération concernée.	Ex : Surveillance automatique et permanente des paramètres processus et à 100% des caractéristiques produit	1/100000 1/200000	2 ou 1

2. Processus : Pliage fil

Fonction/ Sous-ensemble	Mode de défaillance	Effets potentiel	Gravité	Causes probables du défaut	Fréquence	Détection	Détection	G*F*D	Plan d'actions	Responsable	Gravité	Fréquence	Détection	G*F*D
Pliage fil sur commande numérique	Géométrie non conforme	Pièce non montable dans le montage d'assemblage au moment de la soudure	8	Doigt de pliage desserré	5	Gamme de contrôle pliage à commande numérique. QUA.GC-04	5	200	intégrer dans le plan de maintenance une checklist avec fréquence de contrôle du doigt + contrôle fréquentiel sur le gabarit	Resp maintenance	8	5	2	80
	Géométrie non conforme	Pièce non montable dans le montage d'assemblage au moment de la soudure	8	Matrice de pliage fissurée	4	Gamme de contrôle pliage à commande numérique. QUA.GC-04	5	160	intégrer dans le plan de maintenance une checklist avec fréquence de contrôle de la matrice + contrôle fréquentiel sur le gabarit	Resp maintenance	8	4	3	96
	Géométrie non conforme	Pièce non montable dans le montage d'assemblage au moment de la soudure	8	Saleté sur les galets d'aménage ou/et dressage	4	Gamme de contrôle pliage à commande numérique. QUA.GC-04	5	160	intégrer dans le plan de maintenance une checklist avec fréquence de contrôle des galets d'aménage et de dressage + contrôle fréquentiel sur le gabarit	Resp maintenance	8	4	3	96
	Bavures agressives sur les composants	Risques d'accidents par coupure lors des manipulations chez le client	9	Bague de coupe abîmée	2	Gamme de contrôle pliage à commande numérique. QUA.GC-04	4	72	intégrer dans le plan de maintenance une checklist avec fréquence de contrôle de la plaquette de coupe + contrôle fréquentiel sur le gabarit	Resp maintenance	9	2	2	36

3. Processus : Découpage, emboutissage plaque

Fonction/ Sous-ensemble	Mode de défaillance	Effets potentiel	Gravité	Causes probables du défaut	Fréquence	Détection	Détection	G*F*D	Plan d'actions	Responsable	Gravité	Fréquence	Détection	G*F*D
Découpe plaque renfort	Géométrie non conforme	Montage plaquette impossible	8	Usure outil	4	Gamme de contrôle	3	96	Vérification Systématique d'outil	Operateur du poste.	8	4	2	64
	Aspect: Bavures agressives sur les plaques	Risque blessure en interne et/ou chez le client, réclamation client+tri	9	Mauvais réglage de la pression	3	Gamme de contrôle	3	81	Intégration de contrôle de la pression dans la gamme de maintenance	Maintenance.	9	3	1	27
Emboutissage plaque renfort	Géométrie non conforme / Plaque déformée	Montage plaquette impossible	8	Usure outil / Mauvaise réglage de la Pression.	4	Gamme de contrôle	3	96	Vérification Systématique d'outil et Paramétrage machine.	Operateur du poste.	8	4	2	64
	Aspect: Plaque fissurée	Dysfonctionnement et Mauvaise Apparence de la pièce	9	Mauvais réglage de la pression	3	Gamme de contrôle	3	81	Intégration de contrôle de la pression dans la gamme de maintenance	Maintenance.	9	3	1	27

4. Expédition

Fonction/ Sous-ensemble	Mode de défaillance	Effets potentiel	Gravité	Causes probables du défaut	Fréquence	Détection	Détection	G*F*D	Plan d'actions	Responsable	Gravité	Fréquence	Détection	G*F*D
Livraison Expédition	Identification non-conforme	Risque arrêt production chez le client	8	Erreur main d'œuvre	2	Fiche de contrôle final (Traçabilité) LOG.DE-01	2	32	Contrôle final à l'expédition	Resp Magasin	8	2	1	16
	Quantité	Risque arrêt production chez le client	8	Erreur main d'œuvre	2	Quantité sur bon de livraison	2	32	Vérification de la quantité / BL à l'expédition	Resp Magasin	8	2	1	16

5. processus : RECEPTION

Voir annexe II

6. Processus : Stockage MP

Voir annexe III

7. Soudure électrique

Voir annexe IV

8. Montage de l'ensemble :

Voir annexe V

9. Peinture époxy :

Voir annexe VI

10. Stockage PF :

Voir annexe VII

III. Analyse des ressources

1. Introduction

Dans ce projet, il est important de bien comprendre les besoins et les ressources pour la fabrication du produit conçu. Nous allons dans un premier temps aborder quels sont les matériels et les machines de construction nécessaire dans chaque parties de réalisation.

2. Les ressources nécessaires pour la réalisation du projet

Le tableau suivant présente les machines nécessaires suivant les phases de fabrication

Phase de fabrication	Machine et matériel
Pliage des fils de différent diamètres (D12, D10, D8)	Machine de pliage à commande numérique
Découpage des plaquettes	Machine de presse
Emboutissage des plaquettes	Machine de presse
Assemblage des composants	Machine de soudage
Peinture	Machine de peinture

Tableau 2. Machines de fabrication nécessaires

✓ Pliage des fils

SOCAFIX dispose de nombreux types de machines à commande numérique adapté à tous les diamètres des fils.

✓ Découpage des plaques

La société dispose aussi d'un parc machines de presse hydraulique mené d'un outillage de découpage qui fonctionne de façon autonome.

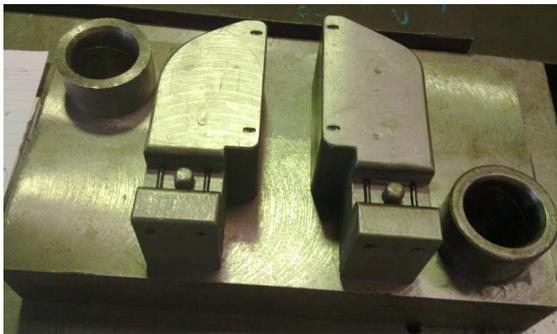
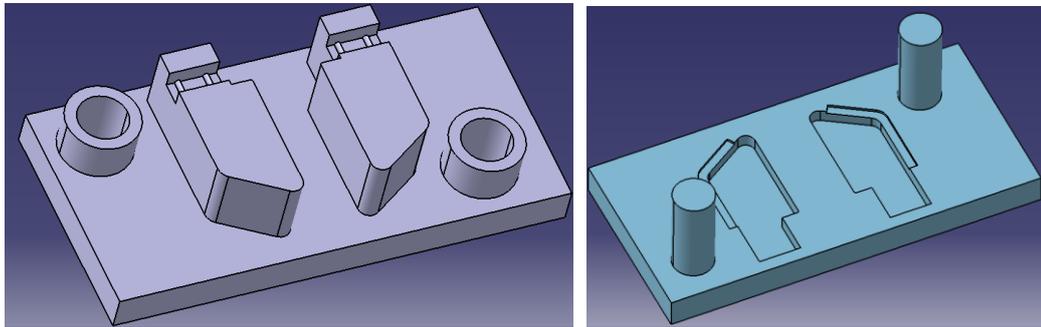
✓ L'emboutissage des plaques

Le parc machines de presse d'emboutissage (automatique, transfert et ligne) de 160 à 3000 tonnes disponibles à la société est réservé aux fabrications en série et au travail des tôles épaisses qui demandent une très grande force.

L'emboutissage nécessite un outillage spécial qui comporte, dans le principe, trois pièces

- Une matrice, en creux, épouse la forme extérieure de la pièce
- Un poinçon, en relief, épouse sa forme intérieure en réservant l'épaisseur de la tôle
- Un serre-flan entoure le poinçon, s'applique contre le pourtour de la matrice et sert à coincer la tôle pendant l'application du poinçon.
- Des jones sont parfois utilisés pour freiner le glissement de la tôle (retenue de l'acier)

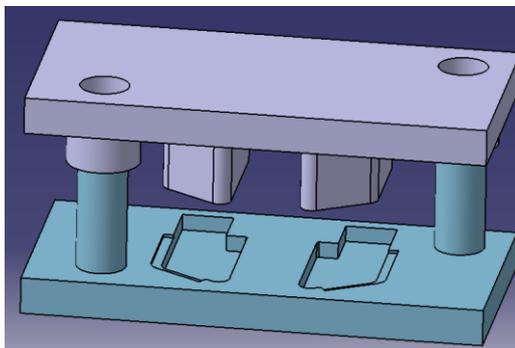
Nous avons conçu au cours de notre stage l'outillage de la plaque arrière qui a été par la suite fabriqué dans l'atelier de la société.



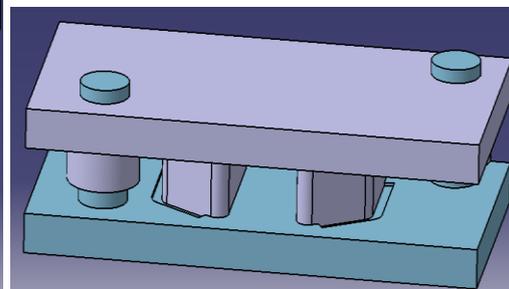
Poinçon et le serre-flan



Matrice



Poinçon et serre-flan sont relevés. La tôle, préalablement graissée, est posée sur la matrice.



Le poinçon et le serre-flan se relèvent : la pièce conserve la forme acquise (limite d'élasticité dépassée).

Figure 15. L'emboutissage des plaquettes

✓ Assemblage des composants

Pour assembler les différents fils pliés et plaquettes nous avons besoin d'une machine de soudage capable de produire jusqu'à 400 pièces par jour ce qui n'est pas disponible au sein de la société, c'est pour cette raison qu'il est nécessaire de concevoir cette machine.

Dans le chapitre 4 on va déterminer les phases de la conception et le dimensionnement optimal des composants.

Chapitre IV

Chapitre IV. Conception préliminaire de la machine de soudage :

I. Rappel sur le SOUDAGE

1. Généralités et définitions

Le terme soudure, désignent l’assemblage. Le terme soudage, concerne l’exécution de l’opération.

La soudure est un assemblage caractérisé par l’effacement des contours primitifs des bords à assembler. Une voiture nécessitant en moyenne 4000 points soudés.

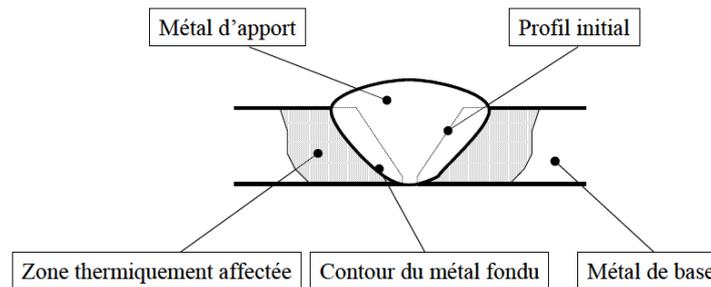


Figure 16. Base de soudage

Le métal de base constitue les parties à assembler, de même nature ou non.

Le métal d’apport identique ou différent du métal de base peut intervenir partiellement ou en totalité dans l’élaboration du joint.

En conséquence, le métal du joint comprend le métal d’apport et éventuellement le métal des bords fondus.

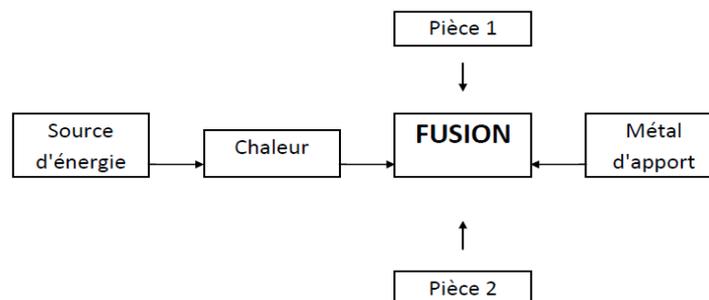


Figure 17. Principe de soudage

Soudage autogène : les pièces à assembler sont de même nature ou de compositions voisines. Elles participent à la constitution du joint de soudure. L’assemblage est dit homogène, car le joint de soudure est du même métal que les deux pièces à assembler.

✓ Paramètres de soudage

Dans l'ordre chronologique, l'effort de soudage, Le courant de soudage, Le temps de soudage et le temps de forgeage.

Il existe plusieurs types de soudage que l'on résume dans le schéma suivant :

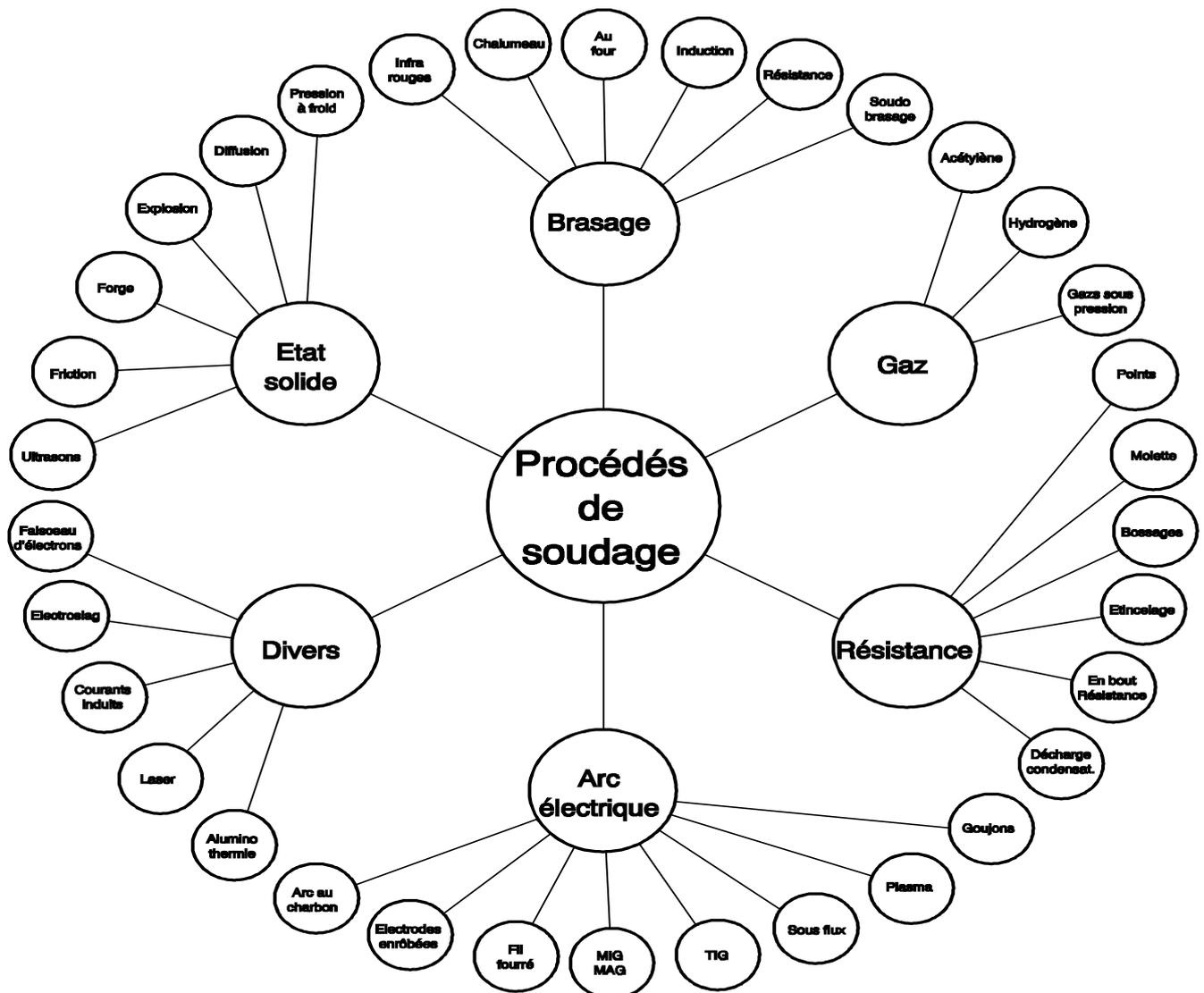


Figure 18. Types de soudage

2. Soudage par résistance :

Les pièces à assembler sont maintenues en contact par un effort puis soudées par recouvrement ou bout à bout sans métal d'apport. La fusion est provoquée par effet Joule (courant de forte intensité sous basse tension) aux frontières des pièces à souder (plus grande résistivité). Après coupure du courant, l'effort de compression est maintenu et forge ainsi la soudure.

De nombreux procédés de soudure par résistance existent : Soudage par points, Soudage à la molette, Soudage en bout, Soudage par bossage

Nous allons voir le plus caractéristique et celui qu'on va appliquer dans la nouvelle machine c'est le soudage par bossage.

3. Le soudage par bossages

✓ Définition

Dans le soudage par bossages, l'effort de forgeage et la section de passage du courant se déterminent par la mise en contact, de protubérances appelées bossages.

Le dimensionnement de ces protubérances détermine un volume de métal dans les deux parties à assembler, qui correspondra à la localisation d'un noyau soudé. L'effort de serrage global et le transfert du courant destiné à l'obtention de l'effet de joule, sont obtenus à partir d'électrodes de grande surface, couvrant avec dépassement, le ou les bossages.

La cinématique de ce soudage est très voisine de celle de soudage par points. Un accroissement très rapide de la température dans la zone du bossage et celle qui lui est opposée dans la tôle plane, entraîne simultanément, l'effondrement du bossage et la naissance d'un noyau fondu.

Lorsque l'opération est achevée, la protubérance s'est totalement résorbée dans la tôle qui lui fait face et les deux parties à assembler, sont jointes comme dans le cas du point, par un noyau fondu, forgé.

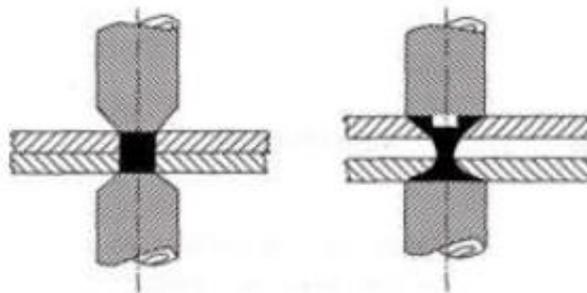


Figure 19. Soudage par point à gauche et par bossage à droite

L'intérêt majeur de ce procédé, réside dans le fait que l'on peut souder plusieurs bossages simultanément sur un même couple de pièces (dans la limite de capacité de la machine et dans une limite géométrique des pièces à assembler).

Il existe 2 types de bossage : naturel et artificiel, le premier est un soudage de profils cylindriques en croix, il est assimilé à un soudage par bossages. Cependant les bossages artificiels sont préparés dans l'une des deux pièces à assembler. Ils sont caractérisés par leur forme géométrique et leur disposition il existe 3 types de bossage artificiel :

✓ Bossage usinés :

Lorsque le ou les bossages sont effectués dans une pièce de révolution massive, ils sont le plus souvent obtenus par décolletage

✓ bossages estampes ou découpés :

Lorsque la section ou l'épaisseur de la pièce dans laquelle doit être suscité le bossage devient telle qu'il ne peut plus être envisagé d'emboutir, on a recours à du repoussage à froid à très forte pression ou à la découpe par estampage (écrous ou vis à bossages).

✓ Bossages emboutis :

Les plus fréquemment utilisés, pour l'assemblage des pièces en tôle. Ils sont obtenus par l'utilisation de poinçons et matrices sont le plus souvent intégrés aux outils d'emboutissage et l'obtention de ces bossages est masquée dans l'opération d'emboutissage des pièces elles-mêmes.

4. Le soudage à l'aide des vérins

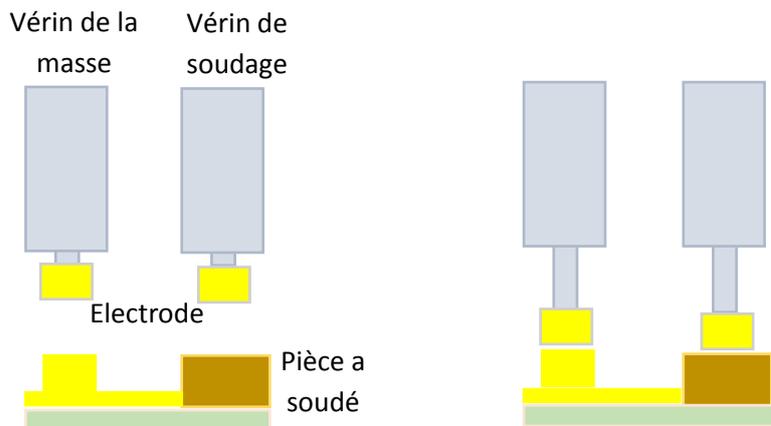


Figure 20. Principe du soudage à l'aide des vérins

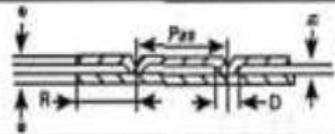
L'électrode supérieure est embarquée sur un vérin pneumatique liée au transformateur, qui assure une pression nécessaire au soudage.

Dès le serrage des électrodes, nécessaire à l'accostage des tôles, le contacteur primaire se ferme et le courant s'établit dans le circuit secondaire, il traverse les pièces à souder. Par effet Joule, La température s'élève dans le bossage et la chaleur diffuse dans la tôle plate où, par suite de la dissymétrie, elle n'intéresse pas un volume aussi important. Très rapidement, sous l'effort, le bossage va s'écraser et les deux pièces vont se rapprocher jusqu'au contact.

5. Paramètre de soudage :

En tout état de choix, les paramètres optimums de soudage, intensité, temps, efforts, devront correspondre à la section de bossage adoptée et cette inversion de situation pour le bossage ne conduira à de bons résultats que dans une proportion de 1 à 2 pour les épaisseurs respectives des deux foies.

Dans notre cas le type de bossage convenable est celui du bossage emboutis, on 2 bossages d'épaisseurs 3mm, alors à l'aide du tableau ci-dessous on peut trouver les dimensions du bossage, le temps de soudage, la pression à l'électrode, le courant de soudage et l'Effort d'arrachement



Barème de soudage pour l'acier doux

Épais. bossages des tôles mm	Dimensions du bossage			Recouv. R Mini mm	a des points de soud mm	Pour 1 bossage				Pour 1 à 3 bossages				Pour plus de 3			
						Temps de soudage en période	Pression aux électrodes daN	Courant de soudage Amp.	Effort d'arrachement kgf	Par bossage				Par bossage			
	Temps de soudage Sec.	Pression aux électrodes daN	Courant de soudage Amp.							Effort d'arrachement kgf	Temps de soudage en période	Pression aux électrodes daN	Courant de soudage Amp.	Effort d'arrachement kgf			
0.5	2.9	0.55	16	9	4.1	2	68	4 400	168	4	68	3 950	147	5	36	2 900	132
0.6	3.1	0.6	17	9	4.3	2	78	4 950	200	4	68	4 450	193	6	40	3 100	143
0.7	3.2	0.65	17	9	4.5	2	88	5 500	227	6	68	4 450	193	6	45	3 300	154
0.8	3.4	0.7	18	10.5	4.8	2	109	6 600	318	6	68	5 100	237	9	56	3 800	193
0.9	3.5	0.8	18	10.5	4.9	3	130	7 300	400	7	90	5 400	250	10	65	4 100	260
1	3.6	0.9	18	10.5	5.1	4	150	8 000	481	8	95	6 000	397	12	73	4 300	327
1.2	3.7	0.95	19	12.7	5.2	6	181	9 800	590	14	122	6 500	499	16	100	4 800	397
1.5	3.8	1.1	19	12.7	5.4	8	249	10 300	816	17	165	7 650	715	21	150	5 400	556
2	4.6	1.22	23	12.7	6.5	11	363	11 850	1 100	23	240	8 850	975	28	213	6 400	794
2.5	6.1	1.40	32	19	8.5	16	563	14 100	1 740	32	376	10 600	1 560	41	336	6 300	1 315
3	6.9	1.47	38	20.6	9.7	18	777	14 850	2 177	38	454	11 300	1 905	50	408	9 200	1 633
3.5	7.6	1.58	41	22.4	10.7	20	845	15 300	2 495	40	499	11 650	2 200	55	454	9 900	1 930
4	8.5	1.67	46	25	12	22	920	16 100	2 800	44	585	12 450	2 550	60	520	10 950	2 220

Tableau 3. Paramètres de soudage des plaques

✓ Pour les deux bossages de diamètre 3mm :

Les dimensions du bossage : D=6,9mm ; h=1,47 ; pas=38mm

Le temps de soudage : 38 secondes

La pression aux électrodes : 2*454 = 9008 daN

Le courant de soudage : 2*11300 = 22600 A

L'Effort d'arrachement : 2*1905 = 3810 Kgf

✓ Pour les fils de diamètre 8mm,

On utilise le TABLEAU DE RÉGLAGE POUR LE SOUDAGE EN CROIX DES FILS EN ACIER DOUX en dessous et on trouve :

Le temps de soudage : 25 secondes

La pression aux électrodes : 375 daN

Le courant de soudage : 6200 A (étiré à froid), 6600 A (étiré à chaud)

L'Effort d'arrachement : 2300 Kg (étiré à froid), 2090 Kg (étiré à chaud)

Ø du fil mm	Temps de soudage pér.	Effort aux électrodes da N	INTENSITÉ DE SOUDAGE		RÉSISTANCE	
			Étiré à froid A	Etiré à chaud A	Étiré à froid kg	Etiré à chaud kg
3	9	60	1 800	1 850	430	340
4,5	14	160	3 300	3 500	900	680
6,5	19	260	4 500	4 900	1 680	1 270
8	25	375	6 200	6 600	2 300	2 090
9,5	33	500	7 400	7 700	3 040	2 810
11	42	635	9 300	10 000	4 350	3 990
12,5	50	770	10 300	11 000	5 530	5 220

Tableau 4. Paramètres de soudage des fils

II. Choix des concepts et des technologies

1. L'emplacement du gabarit dans la machine

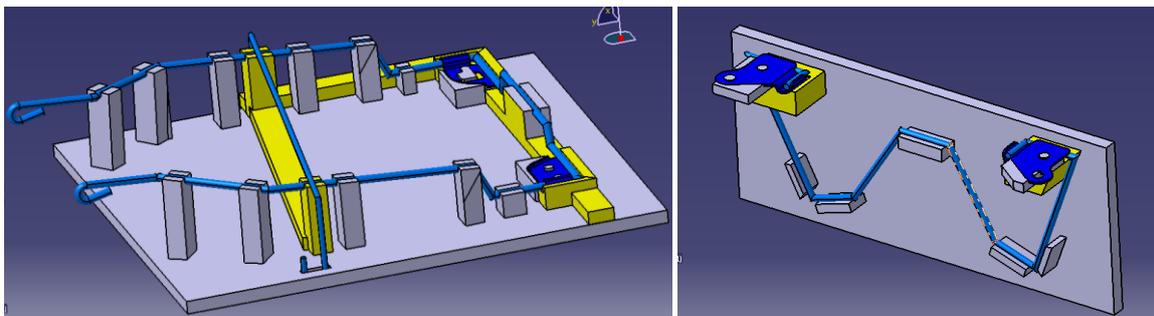


Figure 21. Gabarits de la machine de soudage

Afin d'optimiser le nombre des vérins à utiliser pour le soudage de la pièce et pour augmenter de la cadence on doit trouver la meilleur position du gabarit dans la machine c'est pourquoi on a mis deux gabarits sur un même niveau pour élaborer seulement quatre trajets de soudage.

On remarque aussi que les deux trajets en bas sont très proches entre eux, alors on peut utiliser un système glissière suivant l'axe (X) qui nous permettra de positionner les vérins de soudage sur les

deux lignes (la même chose pour les deux trajets en haut) comme illustré ci-dessous.

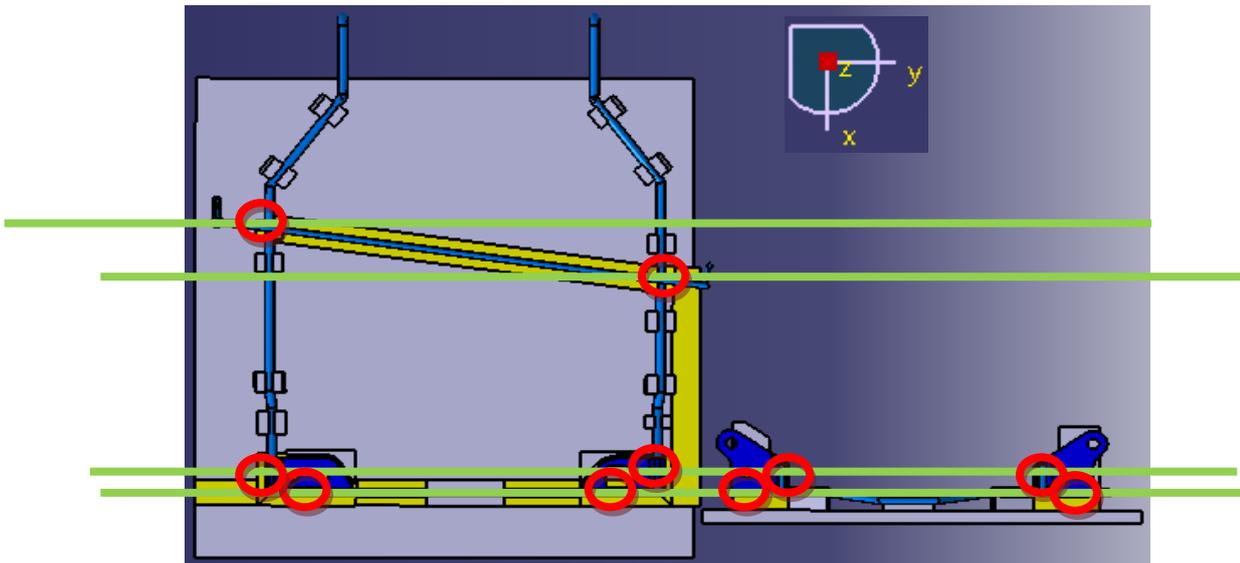


Figure 22. Les différents points de soudage

Ce système glissière nous permettra d’optimiser encore plus le nombre des vérins, on utilisera seulement un seul pour chaque ligne de soudage.

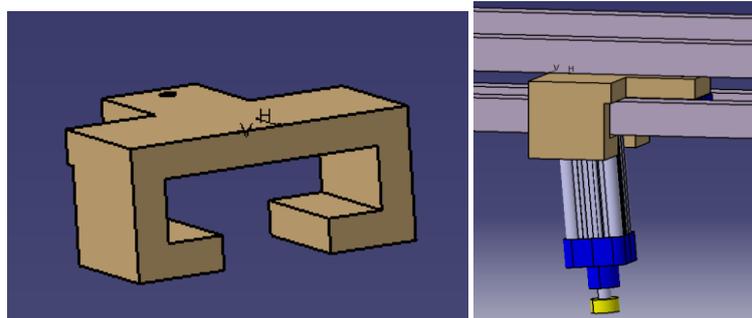


Figure 23. Supports glissière des vérins

Pour que le vérin se déplacé d’un point à un autre suivant l’axe (Y) de façon rectiligne, on a besoin d’un système de déplacement.

2. Configuration morphologique du système de déplacement linéaire

La configuration générale des machines à souder automatiques universelle correspond à une structure cartésienne avec trois axes d’espace principaux X, Y et Z orthogonaux. Dans cet espace, l’outil peut en outre s’orienter selon une, deux ou trois directions au moyen d’un poignet articulé. Cette configuration répond mieux que toute autre aux besoins de précision afférents aux applications visées par ces procédés. Les positions sont en effet référencées par rapport aux origines des axes et s’expriment directement en données analogique. La précision intrinsèque des axes rectilignes est la meilleure et la résultante en précision globale du système est bien maîtrisée aujourd’hui.

Ces installations doivent pouvoir s'adapter à toute forme de soudure et les axes sont de ce fait programmés et commandés par contrôle numérique. On a représenté sur la figure ci-dessous les différentes morphologies utilisées dans les machines qui relèvent toutes du principe cartésien :

- bras manipulateur ou robot cartésien (pièce fixe) ;
- portique Y/Z (pièces mobile) ;
- portique X/Y/Z (pièce fixe).

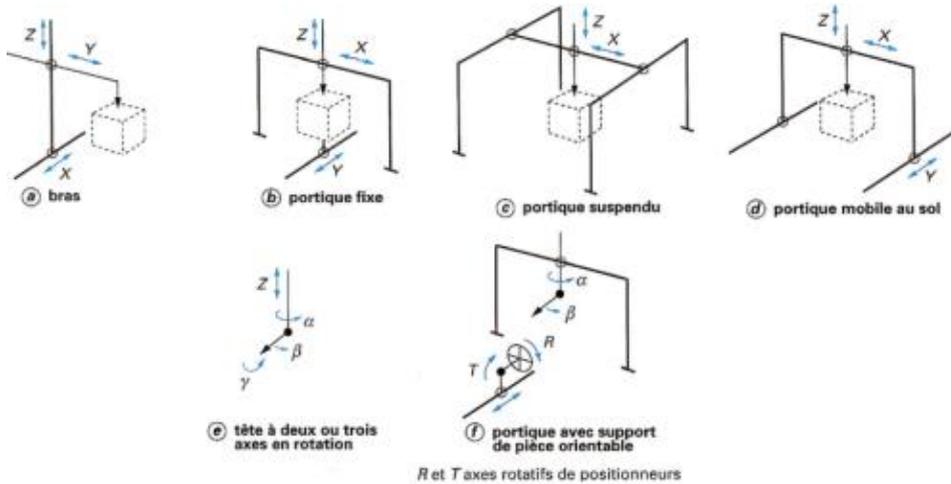


Figure 24. Disposition de systèmes cartésiens

Toutes ces formules peuvent s'étendre à tout ordre dimensionnel depuis quelques décimètres jusqu'à plusieurs mètres ou dizaines de mètres tout au moins sur un axe.

Sur la figure ci-dessous on a représenté la solution (d) correspondant à une partie mobile contient tous les composants de soudage (transformateur, vérins ...) se déplace suivant l'axe Y à l'aide des deux guidages linéaires

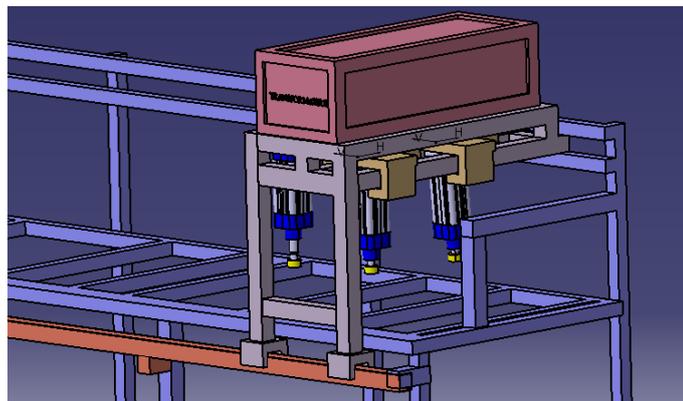


Figure 25. Chariot mobile

La figure ci-dessus montre le modèle de glissière choisi pour équiper les deux axes de la machine qui est le moins dispendieuse avec une robustesse suffisante pour notre application.

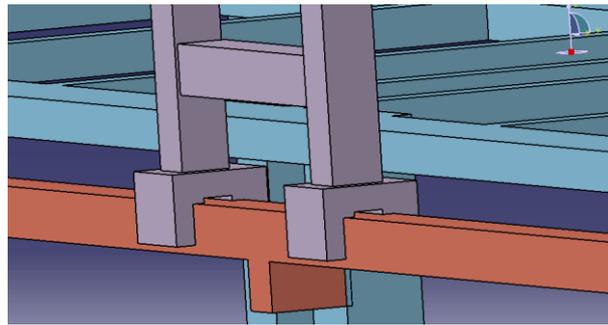


Figure 26. Géométrie du système glissière

3. Système de déplacement linéaire

Étant donné que la machine devra avoir un degré de précision tout de même acceptable, elle incorporera des pièces commerciales pour ce système de déplacement linéaire. On veut d'ailleurs minimiser le jeu dans le système de déplacement linéaire. Par conséquent voici la liste des pièces qui sont nécessaires pour notre machine.

- Glissières (ou rails)
- Vis à billes
- Écrous correspondant au type de vis
- Supports à roulement à billes pour vis à billes (palier à roulement à contact oblique)

✓ Les vis à billes :

Les vis à billes sont des composants de grande qualité, conçus pour un grand nombre d'applications nécessitant des systèmes d'entraînement de grande précision. Ils permettent de déplacer les charges en transformant une rotation en un mouvement linéaire. La vis est équipée d'éléments roulants (billes) entre l'écrou et la vis. Quel que soit le type de vis à billes, les billes assurent le transfert de charge de la vis à l'écrou, plusieurs systèmes de recirculation sont proposés. Le jeu peut être éliminé ou réduit pour améliorer la précision du positionnement.



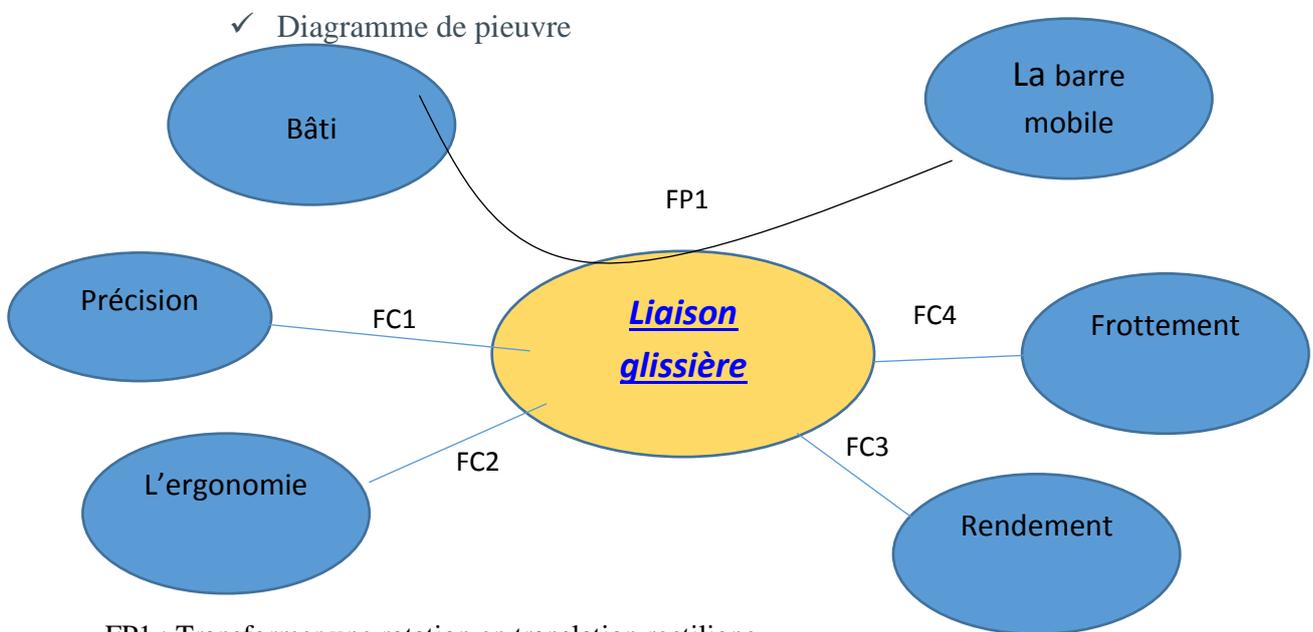
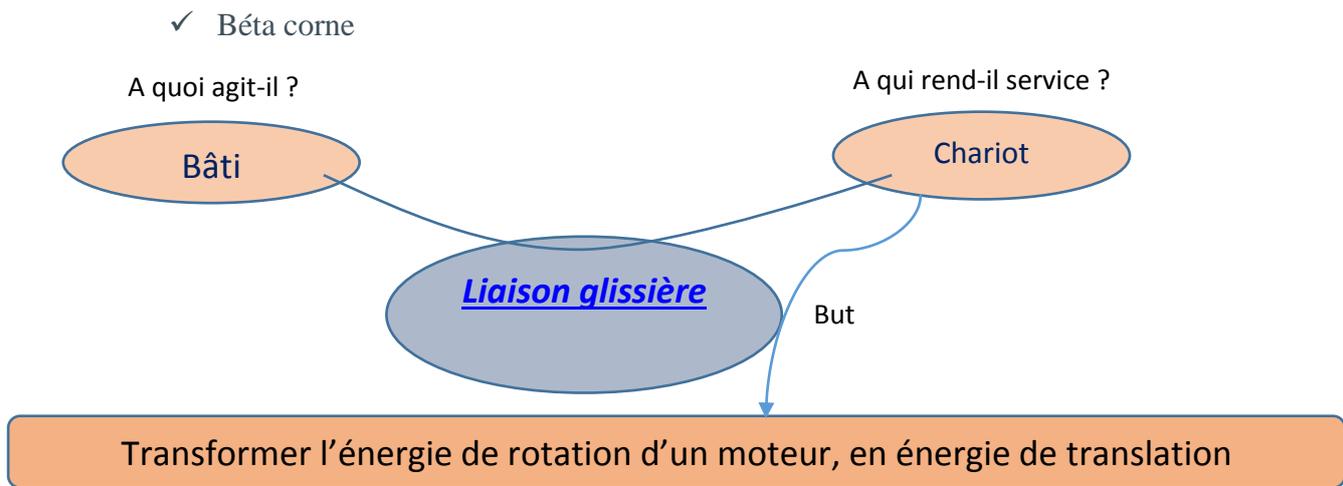
Figure 27. Vis à billes

III. Analyse fonctionnelle des sous système de la machine:

L'analyse fonctionnelle a pour but de recenser les fonctions du produit, on va l'utiliser pour chercher les différentes fonctions de notre machine et de ces sous système

a. Analyse de la fonction transmission du mouvement :

On veut transformer une rotation en translation rectiligne, par l'intermédiaire d'une liaison hélicoïdale.



FP1 : Transformer une rotation en translation rectiligne

FC1 : La nécessité de précision au point d'arrêt

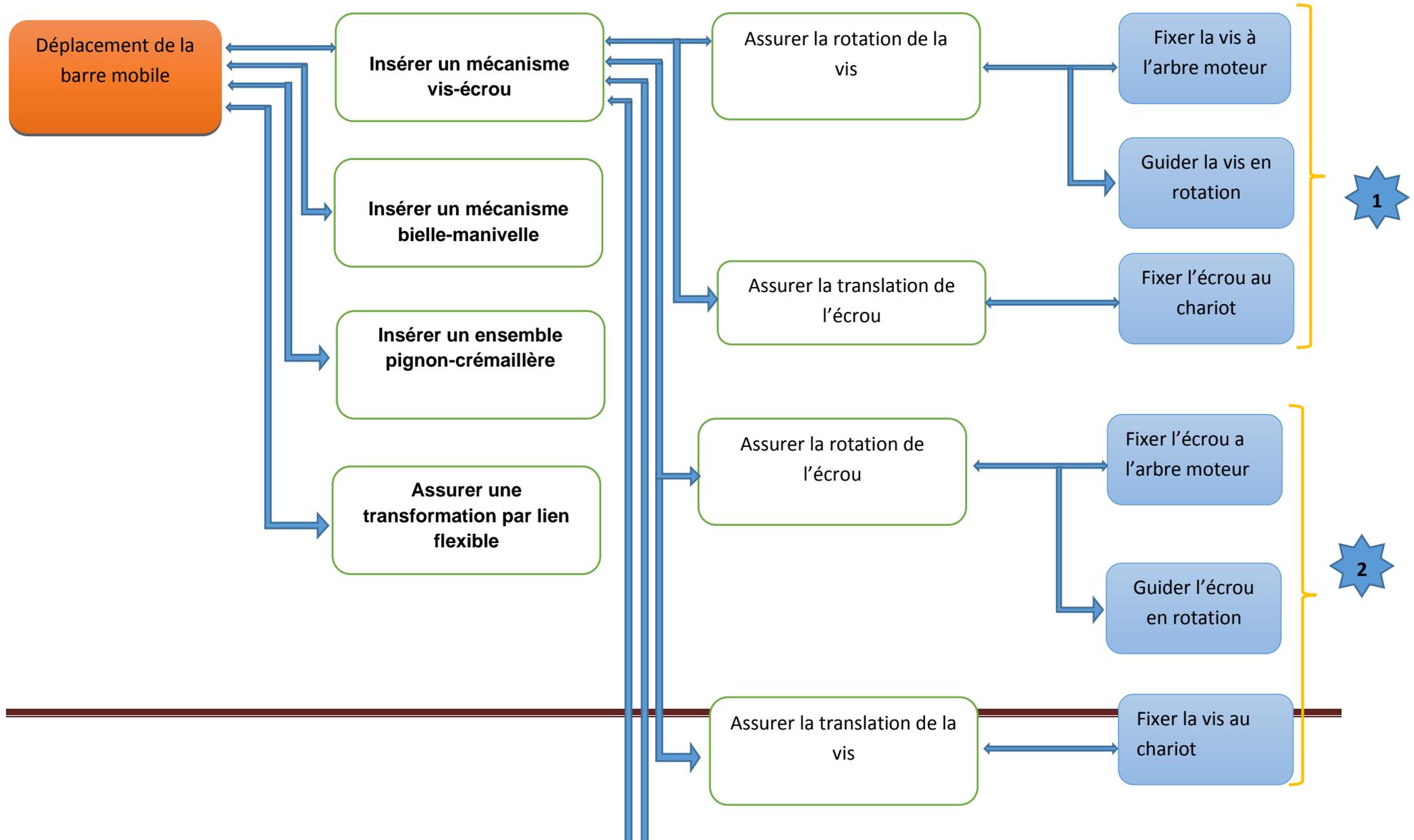
FC2 : Veiller sur la sécurité de l'opérateur

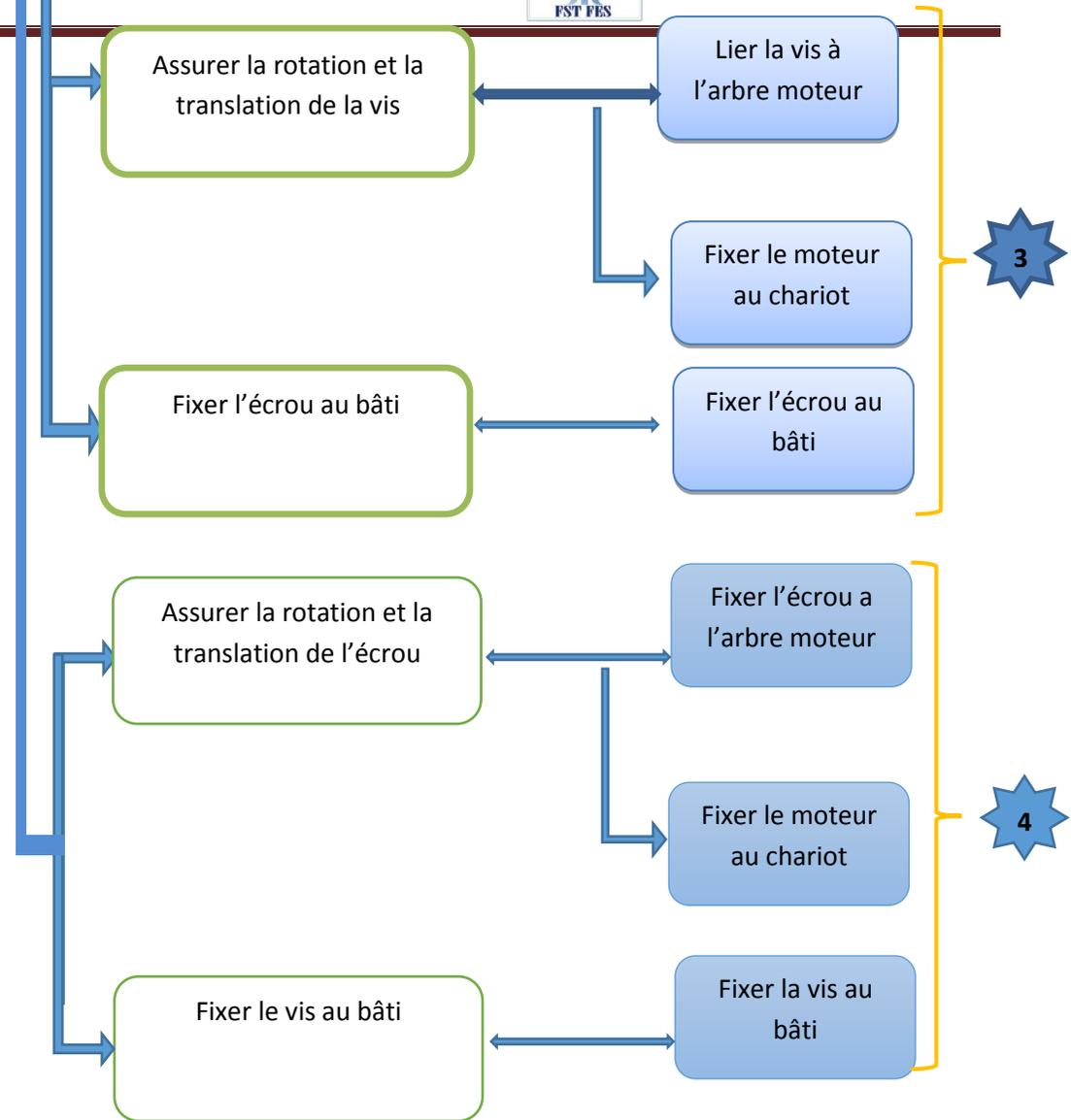
FC3 : Avoir un bon rendement

FC4 : Résister aux frottements

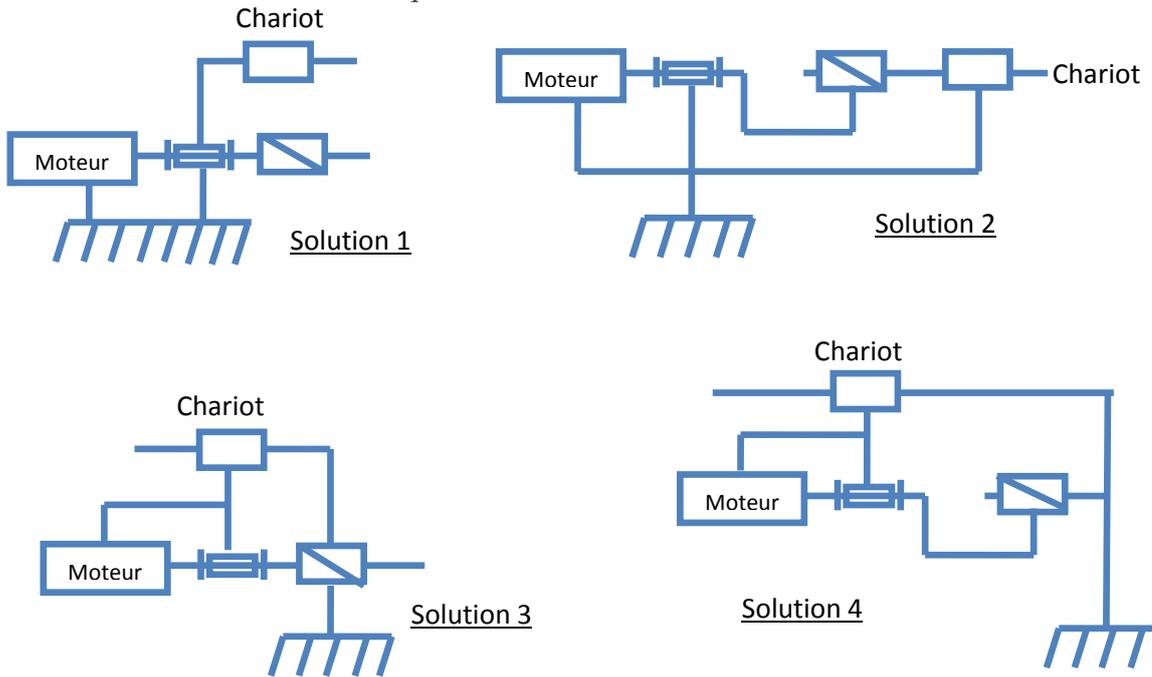
✓ Emergence des concepts :

Ce graphe regroupe l'ensemble des fonctions techniques à assurer pour aboutir à 4 solutions possibles pour la transformation de mouvement de rotation en mouvement de translation à l'aide d'un mécanisme





✓ Schémas cinématique



✓ Caractéristiques cinématiques :

- Pas de la vis, ou de l'écrou : p , en mm.
- Fréquence de rotation du moteur : N , en tr/min.
- Vitesse de déplacement du chariot par rapport au bâti : V , en mm/min

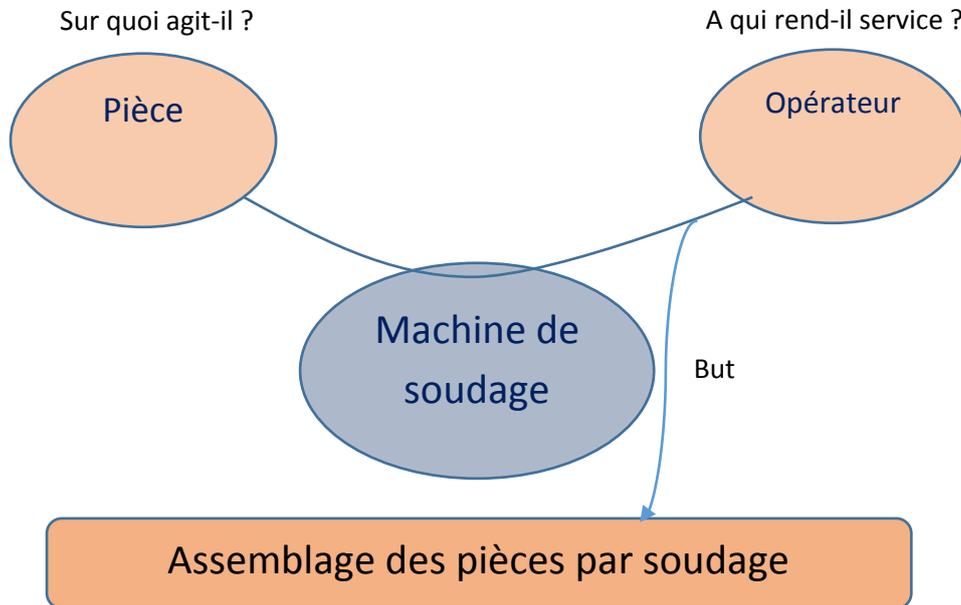
($x = n.p$, avec : x = Déplacement du chariot en mm; N = Nombre de tours moteur.)

✓ Choix de la solution

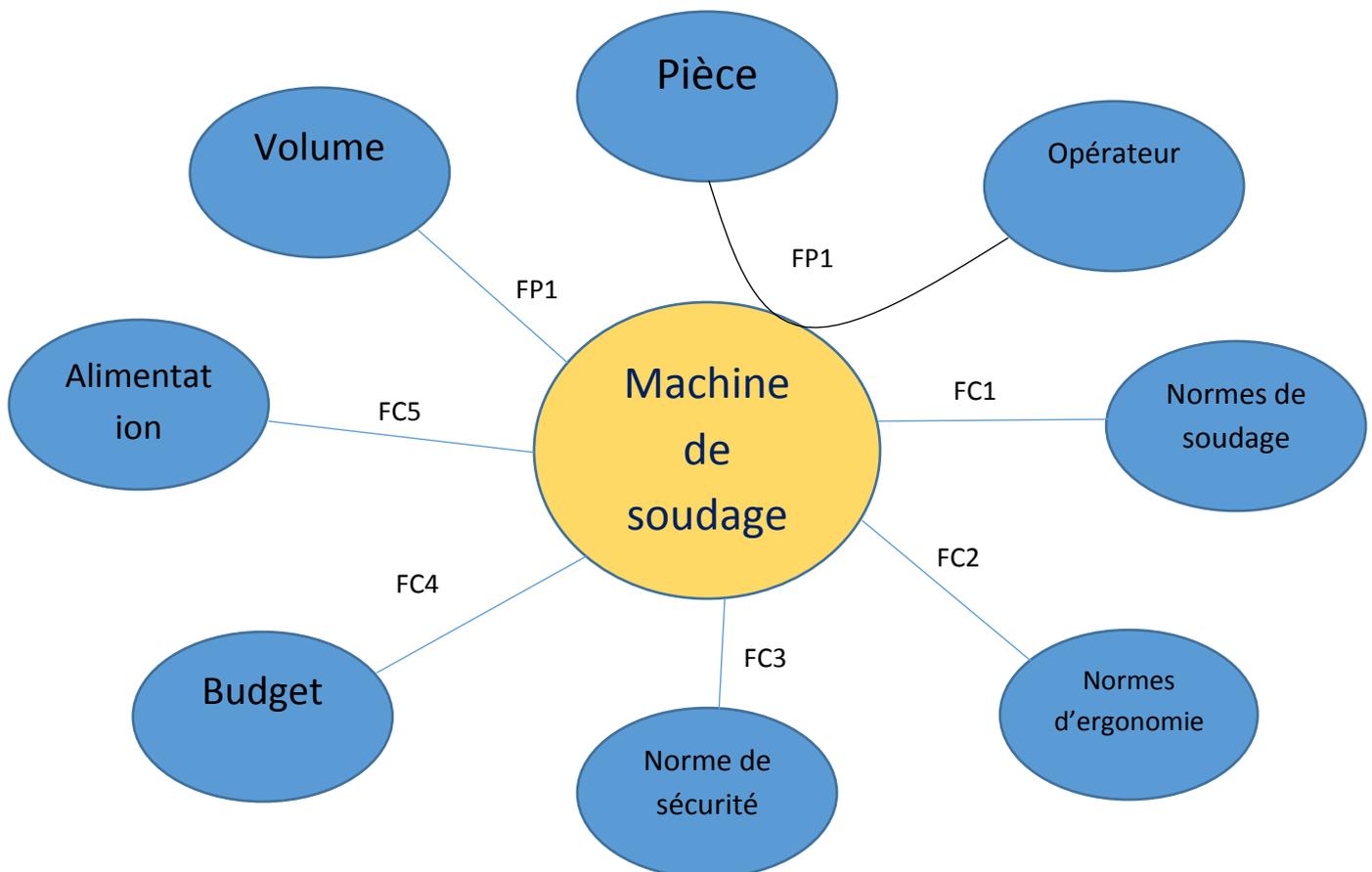
On a choisi la solution 1 puisqu'on a une vis de longueur maximale de 3 mètre, et on veut stabiliser le chariot au cours de son déplacement.

b. Analyse de la machine de soudage :

✓ Béta corne



✓ Diagramme de pieuvre



Fp1 : Assemblage par soudage des pièces.

Fc1 : Bon qualité de soudage.

Fc2 : facilité le montage et le démontage des pièces ainsi de la boite à commande.

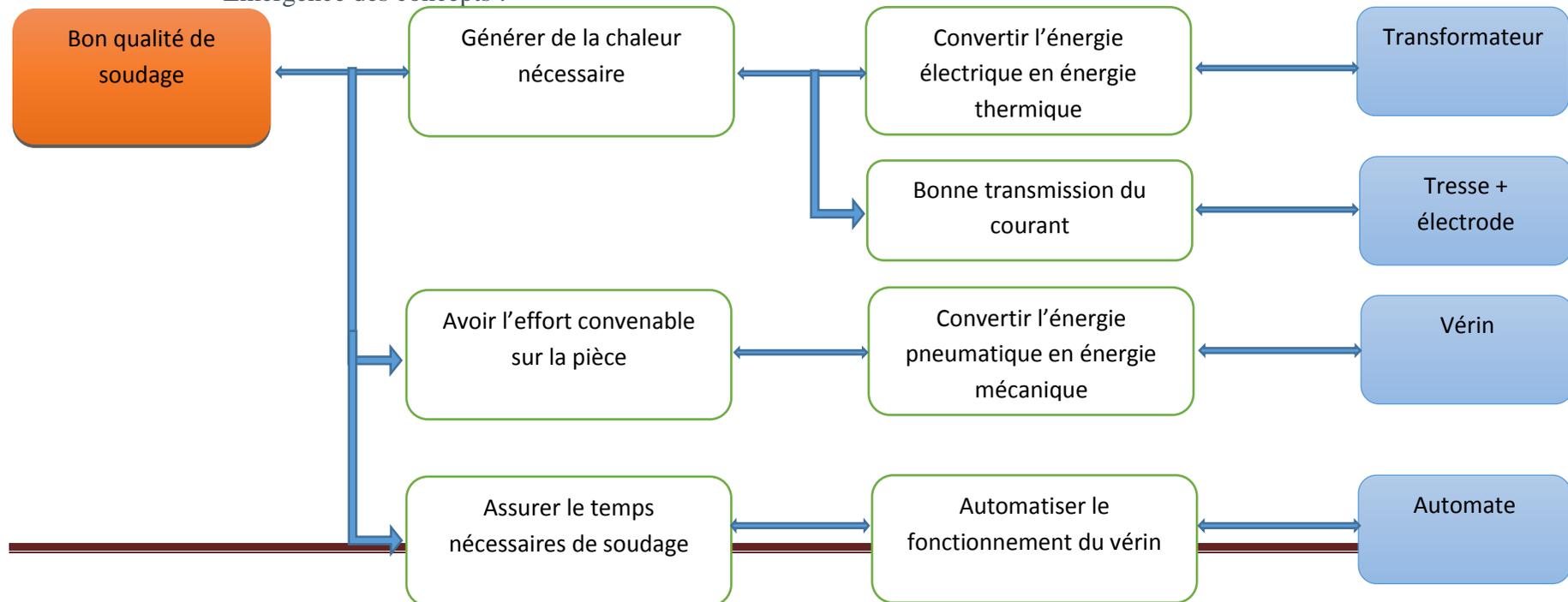
Fc3 : assurer la sécurité de l'opérateur.

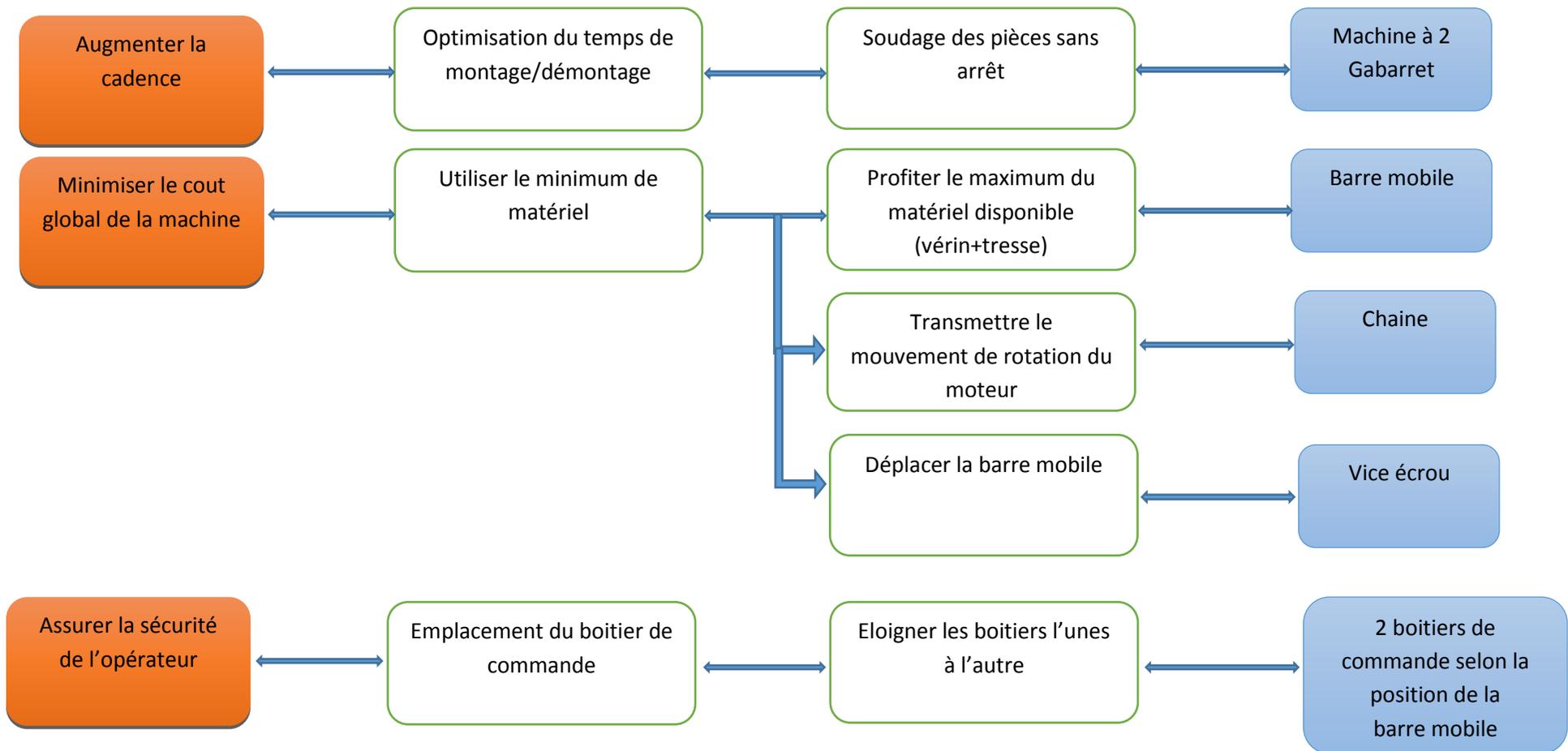
Fc4 : minimiser le cout global de la machine.

Fc5 : assurer l'ampérage nécessaire de soudage

Fc6 : augmenter la cadence

✓ Emergence des concepts :





c. Analyse de la fonction transformation de puissance

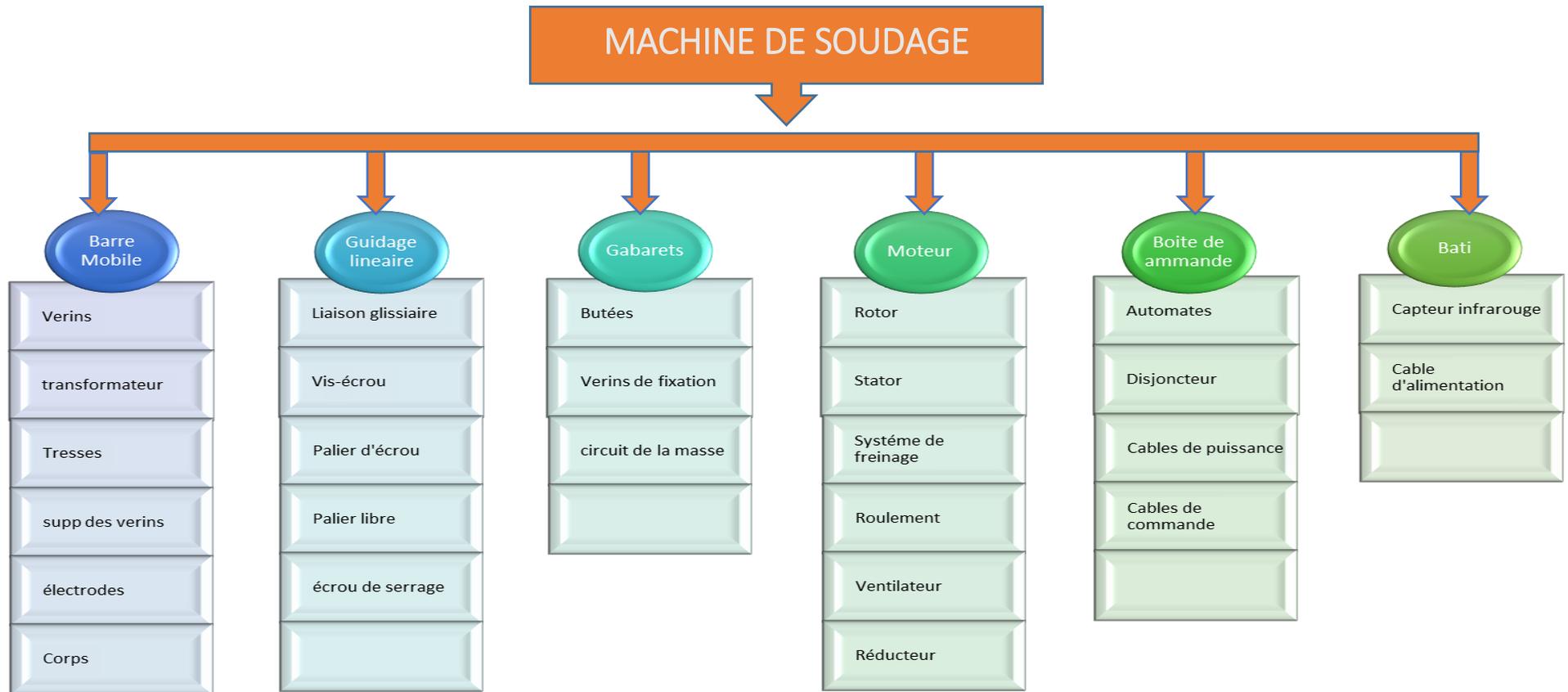
Voir l'annexe VIII

d. Analyse de la liaison glissière (guidage linéaire) :

Voir l'annexe IX

IV. Décomposition de la machine de soudage

Finalement voilà les différents composants de notre machine

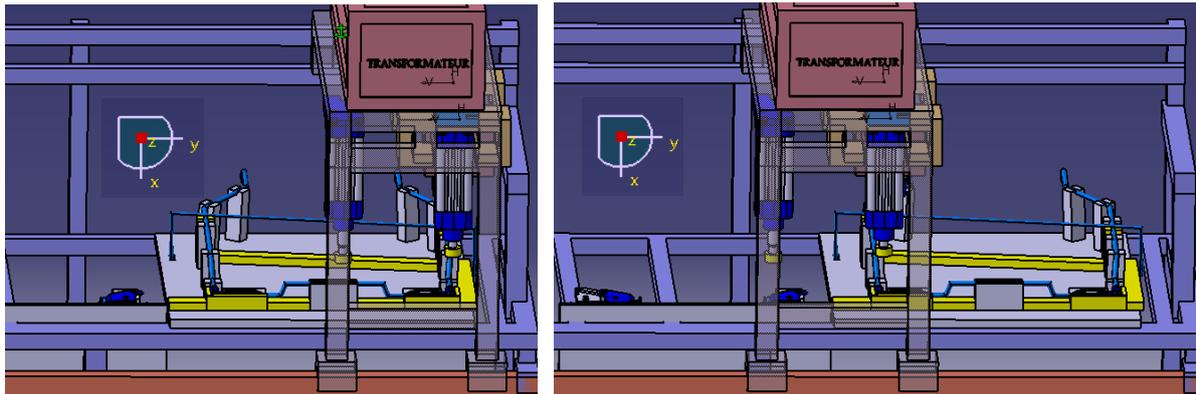


V. Principe de fonctionnement de la machine

Le principe de fonctionnement de la machine se base sur le soudage des points, qui se situent sur le trajet parallèles à l'axe (Y), à chaque déplacement du chariot de façon rectiligne.

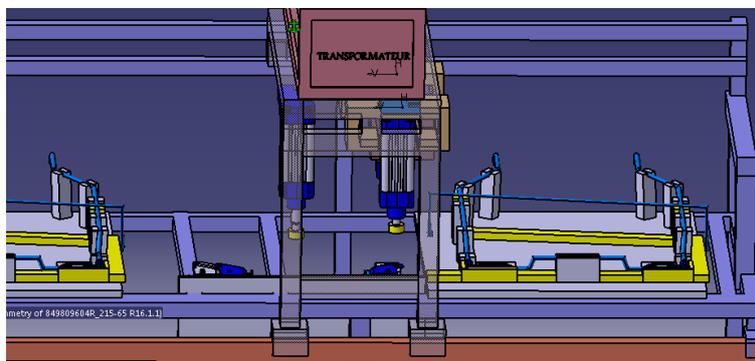
Au début, les deux vérins se positionnent en dessus des deux premiers points pour les souder en série, puis, le déplacement du chariot permet aux vérins de souder les autres points de la même façon

Les figures illustrées ci-dessous montrent les déplacements du chariot suivant l'axe (Y)



La barre mobile est en dessus des deux premiers points

Le déplacement du chariot suivant l'axe (Y)



La barre mobile est en dessus du deuxième Gabarret

Figure 28. Les déplacements du chariot suivant l'axe (Y)

1. La forme de la machine

Pour augmenter la cadence de soudage on a ajouté deux autres gabarits qui nous donnent la possibilité du Chargement manuel des pièces en temps masqué. Pendant que l'opérateur décharge et charge sur la première zone, la partie mobile soude sur la deuxième à raison d'une soudure toutes les 2 secondes, temps de déplacements inclus. Les cycles d'affûtage des électrodes sont déterminés et programmés par l'utilisateur. De nombreux contrôles de sécurité sont intégrés dans le processus.

Finalement notre machine est de la forme suivante :

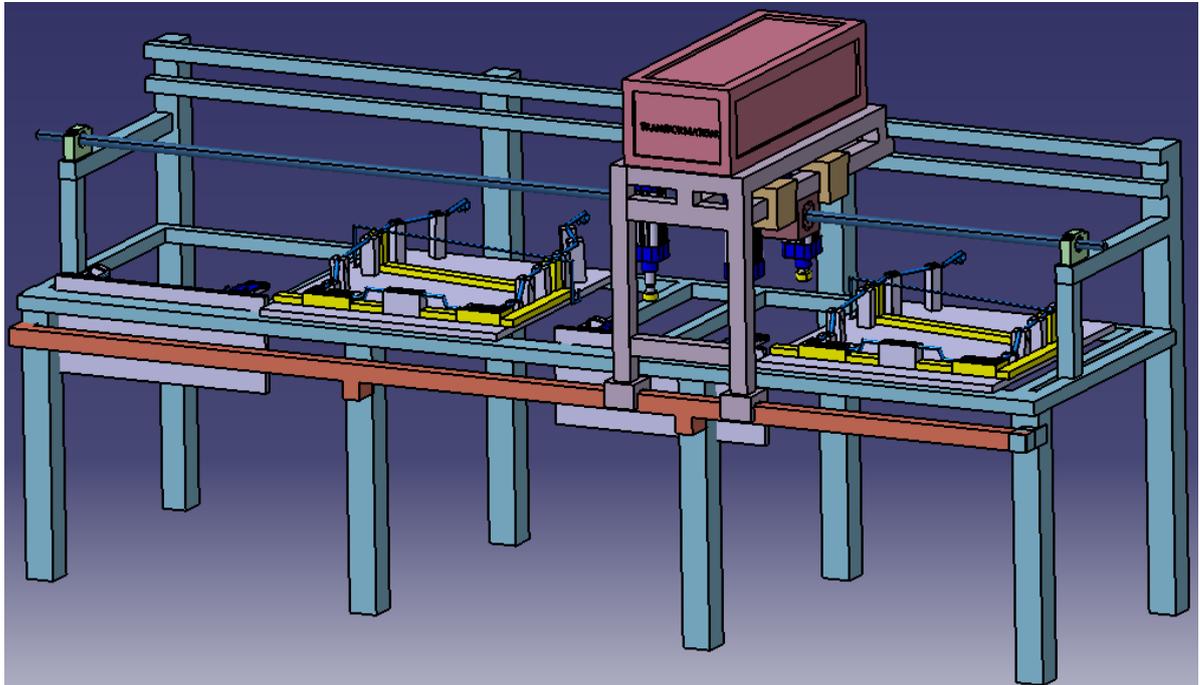


Figure 29. Conception préliminaire de la machine

Chapitre V

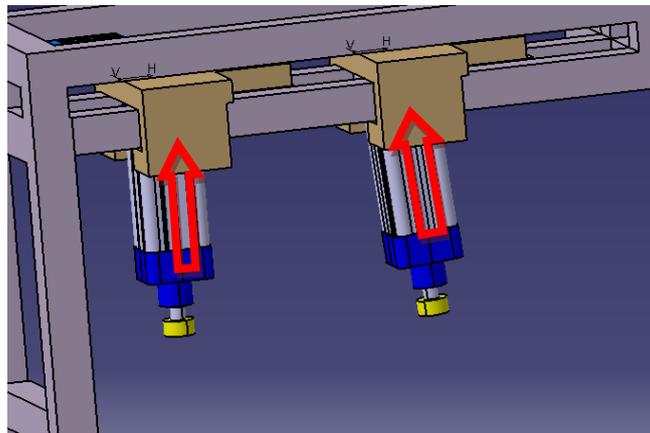
Chapitre V. Dimensionnement des sous système de la machine de soudage

I. Dimensionnement du chariot

1. Dimensions des poutres :

La machine est composé d'un chariot qui contient deux poutres qui tiennent les vérins, les 2 poutres sont symétrique de longueur 860 mm et de section carré 50*50 (section disponible dans la société) alors vérifiant à l'aide du logiciel MITCALC si de telles poutre peuvent résister à la flexion du au fonctionnement des vérins :

Sur les 2 poutres la fore exercé par un vérin est de 9080 N donc 4540N sur chaque poutre cette force est exercer sur 2 points différents :



1er cas si la force est appliqué au point A situé à 150mm comme illustré sur la figure ci-dessus :

Section d'entrée

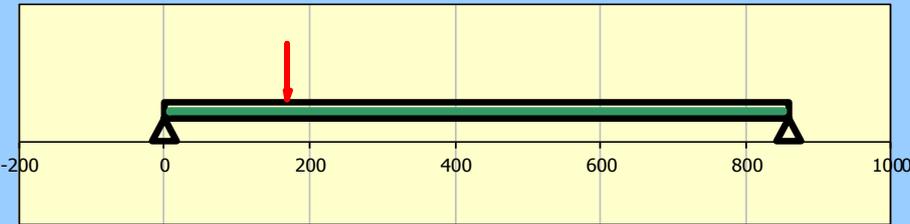
Forme, dimensions et chargement de la poutre

Unités de calcul
 SI Units (N, mm, kW...)

Extrémité gauche de la poutre
 A...Extrémité libre

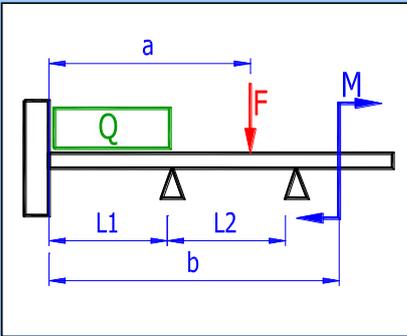
Nombre d'appuis intermédiaires
 2

Extrémité droite de la poutre
 A...Extrémité libre



Numéro du champ de la poutre	L1	L2	L3	
Longueur de l'élément L	0,0	860,000	0,0	[mm]
Charge continue Q	0,000	0,000	0,000	[N/mm]
Coordonnées d'origine de l'él		0,0	860,0	[mm]

Chargement de la poutre	a [mm]	F [N]	b [mm]	M [Nm]
Force F1 / Moment M1	170,0	4540,0	0,0	0,0
Force F2 / Moment M2	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F3 / Moment M3	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F4 / Moment M4	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F5 / Moment M5	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F6 / Moment M6	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F7 / Moment M7	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F8 / Moment M8	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F9 / Moment M9	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F10 / Moment M10	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F11 / Moment M11	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F12 / Moment M12	0,0	0,0	0,0	0,0



1,10 Charge du poids de la poutre

1,11 Autre champ d'entrée des

Caractéristiques statiques du profil et du matériel de la poutre

Profil de la poutre

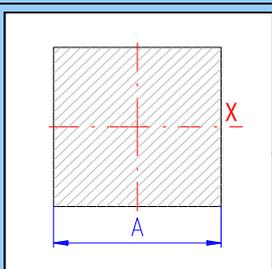
Type de profil: 01...Carré A (Calculé)

Dimensions du profil: Tableau vide

Paramètres d'utilisateur du profil: Non

Nombre de profils en série: 1

Caractéristiques statiques du	A	
Moment quadratique à l'axe x	2500	[mm ²]
Moment quadratique à l'axe y	520833,3333	[mm ⁴]
Module de flexion de la section	20833,33333	[mm ³]



A: 50,00 [mm]

Matériel de la poutre

Liste de matériaux: Acier de construction EC 3, EN 10025;Fe 360 (210000)

Densité	γ	7850,0	<input checked="" type="checkbox"/>	[kg/m ³]
Module d'élasticité sous tension	E	210000	<input checked="" type="checkbox"/>	[MPa]
Tension de flexion permise	σ_b	141	<input checked="" type="checkbox"/>	[MPa]

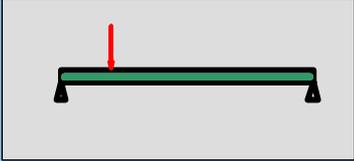
Calculons alors la déformation de la poutre :

Section de résultats

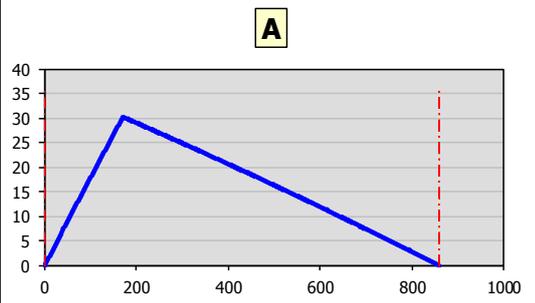
3.0 Résultats du calcul

3.1 Nombre de supports de la poutre	R1	R2			
3.2 Réaction dans les appuis	3726,95	981,83			[N]

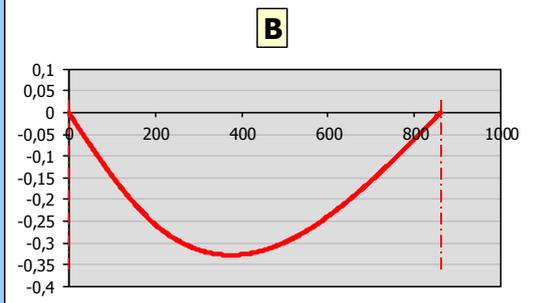
3.3 Moment de flexion Min./Max.	M_0	0,00	630,65	[Nm]
3.4 Déformation Min. / Max. de la poutre	y	-0,328	0,000	[mm]
3.5 Tension de flexion Min./Max.	σ_b	0	30,3	[MPa]
3.6 Poids de la poutre			16,9	[kg]
3.7 Longueur maximale de l'extrémité libre (bo)	L_{max}		0,0	[mm]
3.8 Déformation relative maximale Max.	y'		0,038	[%]



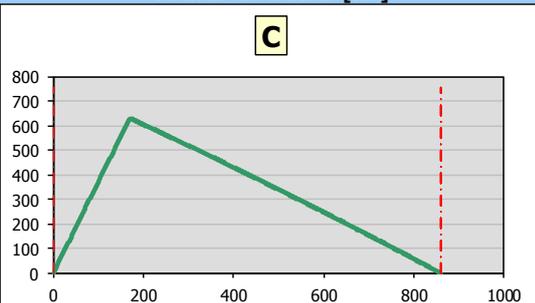
Tension de flexion [MPa]



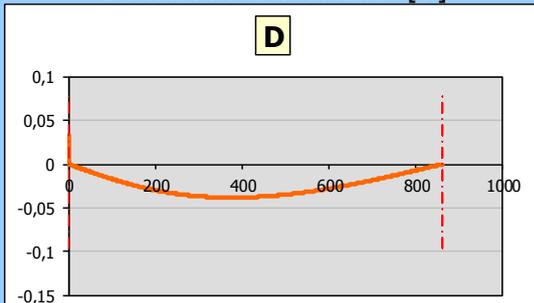
Déformation de la poutre [mm]



Moment de flexion [Nm]

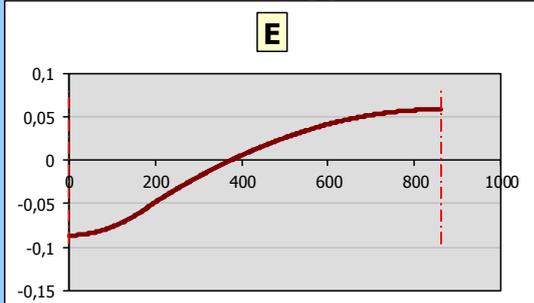


Déformation relative maximale [%]





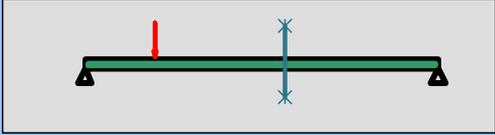
Rotation [°]



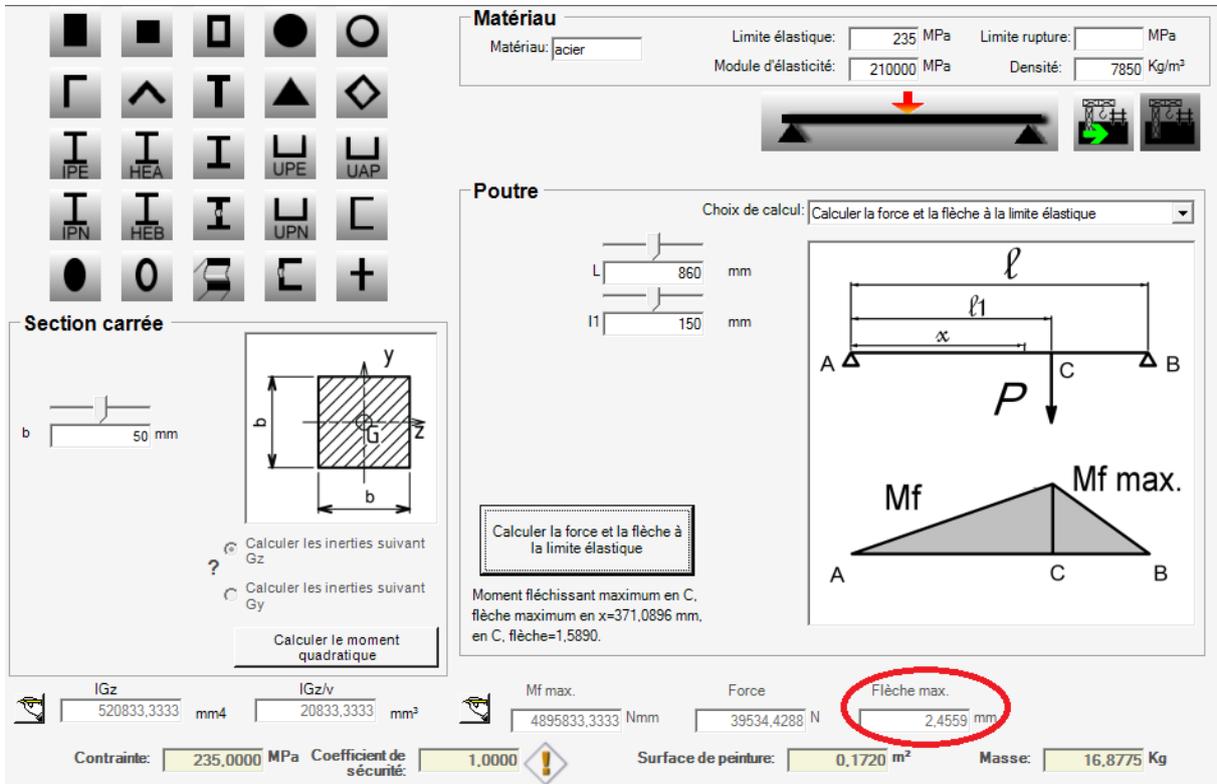
3.9 [mm]

4.0 Résultats détaillés

4.1 Paramètres requis		
4.2 Coordonnée X	488,48	[mm]
4.3 Tension de flexion	16,86	[MPa]
4.4 Déformation de la poutre	-0,30	[mm]
4.5 Déformation relative maxima	-0,035	[%]
4.6 Moment de flexion	351,23	[Nm]
4.7 Rotation	0,024	[°]



Donc la déformation de la poutre est de 0,30 mm pour voir si cette déformation est tolérable ou non on va calculer la limite élastique ou la flèche max tolérable dans ce cas, à l'aide du logiciel INFLEX on a obtenu les résultats suivants :



The screenshot shows the INFLEX software interface with the following details:

- Matériau:** acier
 - Limite élastique: 235 MPa
 - Limite rupture: MPa
 - Module d'élasticité: 210000 MPa
 - Densité: 7850 Kg/m³
- Poutre:**
 - Choix de calcul: Calculer la force et la flèche à la limite élastique
 - L: 860 mm
 - l1: 150 mm
 - Section carrée: b = 50 mm
- Diagrammes:**
 - A beam diagram with supports at A and B, a point load P at C, and a coordinate x from A.
 - A bending moment diagram showing a triangular distribution with a maximum moment (Mf max.) at point C.
- Calculs et Résultats:**
 - Calculer la force et la flèche à la limite élastique
 - Moment fléchissant maximum en C, flèche maximum en x=371,0896 mm, en C, flèche=1,5890.
 - IGz: 520833,3333 mm⁴
 - IGz/y: 20833,3333 mm³
 - Mf max.: 4895833,3333 Nmm
 - Force: 39534,4288 N
 - Flèche max.: 2,4559 mm (highlighted with a red circle)
 - Contrainte: 235,0000 MPa
 - Coefficient de sécurité: 1,0000
 - Surface de peinture: 0,1720 m²
 - Masse: 16,8775 Kg

Donc la flèche max qu'il ne faut pas dépasser est de 2,4559 mm, par contre la déformation de la poutre est de 0,30 alors les dimensions sont acceptables pour le premier point

2^{er} cas si la force est appliqué au point A situé à 530mm comme illustré sur la figure ci-dessus :

Section d'entrée

Forme, dimensions et chargement de la poutre

Unités de calcul
SI Units (N, mm, kW...)

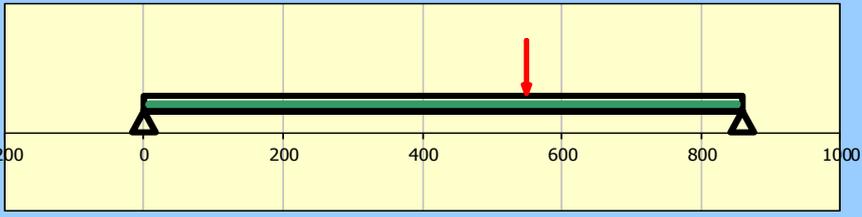
Extrémité gauche de la poutre
A...Extrémité libre

Nombre d'appuis intermédiaires
2

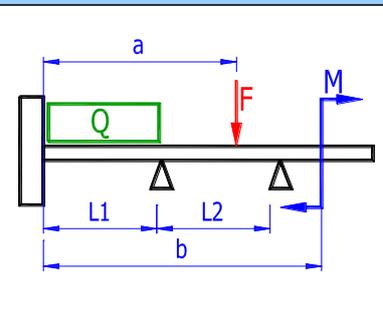
Extrémité droite de la poutre
A...Extrémité libre

Numéro du champ de la poutre

	L1	L2	L3	
Longueur de l'élément L	0,0	860,000	0,0	[mm]
Charge continue Q	0,000	0,000	0,000	[N/mm]
Coordonnées d'origine de l'él		0,0	860,0	[mm]



Chargement de la poutre	a [mm]	F [N]	b [mm]	M [Nm]
Force F1 / Moment M1	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F2 / Moment M2	550,0	4540,0	0,0	0,0
Force F3 / Moment M3	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F4 / Moment M4	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F5 / Moment M5	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F6 / Moment M6	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F7 / Moment M7	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F8 / Moment M8	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F9 / Moment M9	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F10 / Moment M10	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F11 / Moment M11	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F12 / Moment M12	0,0	0,0	0,0	0,0



1,10 Charge du poids de la poutre Oui

1,11 Autre champ d'entrée des

Caractéristiques statiques du profil et du matériel de la poutre

Profil de la poutre

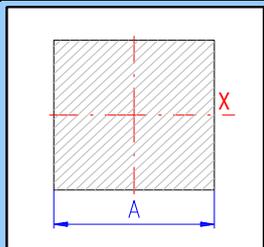
Type de profil 01...Carré A (Calculé)

Dimensions du profil Tableau vide

Paramètres d'utilisateur du profil Non

Nombre de profils en série 1

Caractéristiques statiques du			
A	2500	[mm ²]	
Moment quadratique à l'axe c	Ix	520833,3333	[mm ⁴]
Module de flexion de la section	Sx	20833,33333	[mm ³]



A 50,00 [mm]

Matériel de la poutre

Liste de matériaux Acier de construction EC 3, EN 10025;Fe 360 (210000)

Densité	γ	7850,0	<input checked="" type="checkbox"/> [kg/m ³]
Module d'élasticité sous tension	E	210000	<input checked="" type="checkbox"/> [MPa]
Tension de flexion permise	σ_b	141	<input checked="" type="checkbox"/> [MPa]

Le résultat obtenu est le suivant

? - Section de résultats

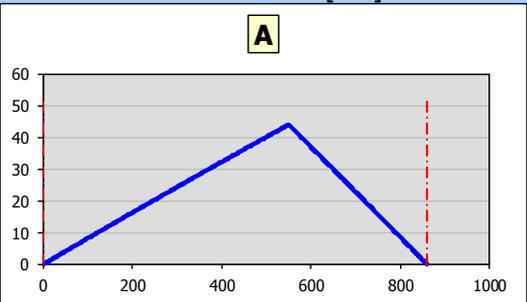
3.0 Résultats du calcul

3.1 Nombre de supports de la poutre	R1	R2			
3.2 Réaction dans les appuis	1720,90	2987,88			[N]

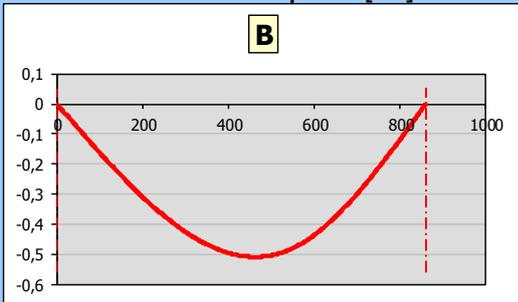
3.3 Moment de flexion Min./Max.	M_0	0,00	916,65		[Nm]
3.4 Déformation Min. / Max. de la poutre	y	-0,508	0,000		[mm]
3.5 Tension de flexion Min./Max.	σ_b	0	44		[MPa]
3.6 Poids de la poutre	m	16,9			[kg]
3.7 Longueur maximale de l'extrémité libre (bo)	L_{max}	0,0			[mm]
3.8 Déformation relative maximale Max.	y'	0,059			[%]



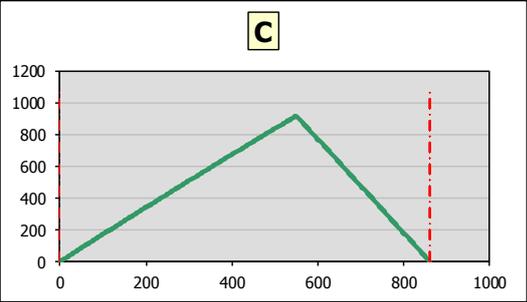
Tension de flexion [MPa]



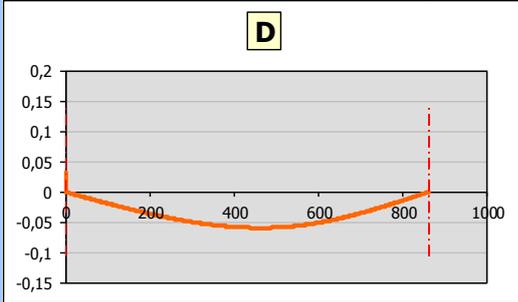
Déformation de la poutre [mm]



Moment de flexion [Nm]

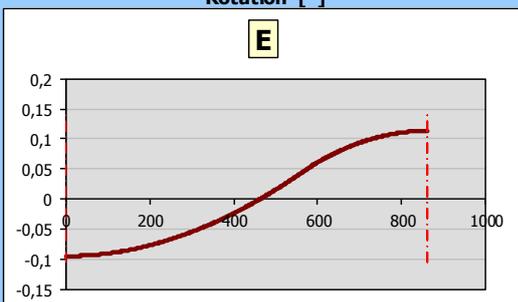


Déformation relative maximale [%]





Rotation [°]

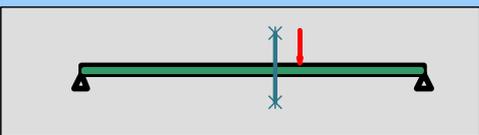


3.9 >

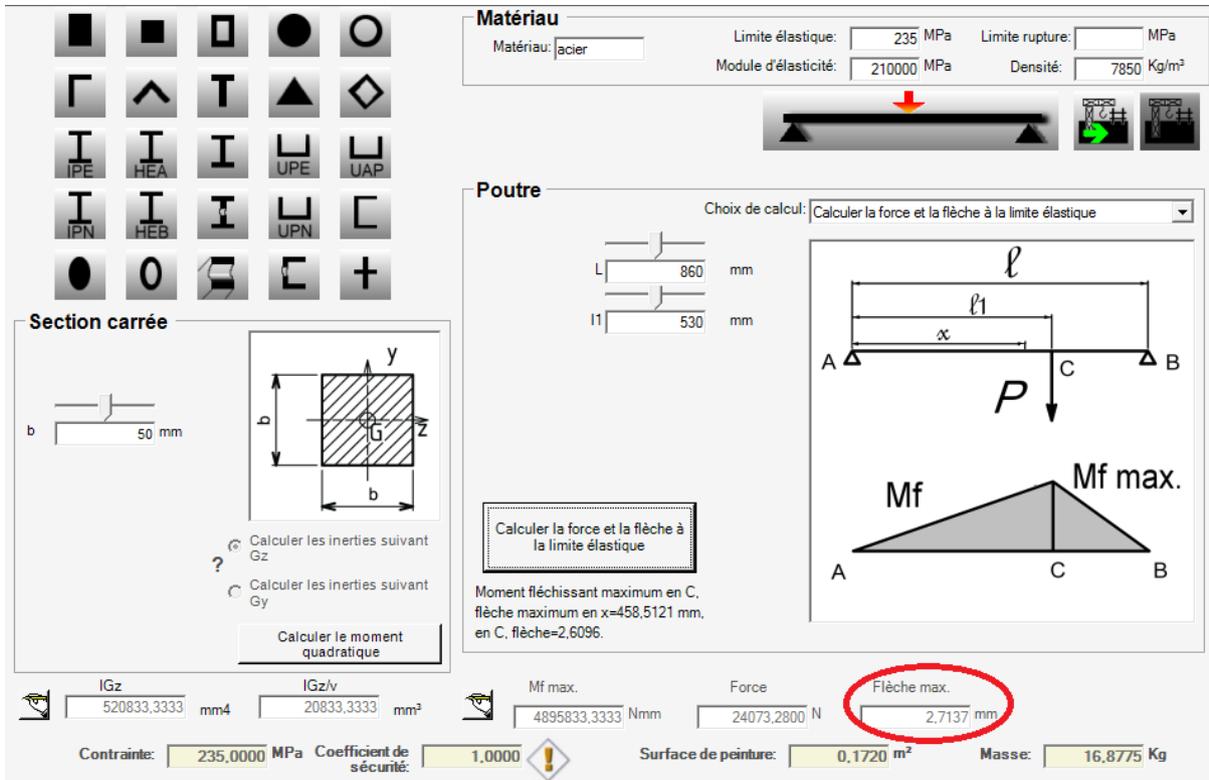
3.10 Déplacement de la foie 1 X= [mm]

4.0 Résultats détaillés

4.1 Paramètres requis		
4.2 Coordonnée X	488,48	[mm]
4.3 Tension de flexion	39,23	[MPa]
4.4 Déformation de la poutre	-0,51	[mm]
4.5 Déformation relative maximale	-0,059	[%]
4.6 Moment de flexion	817,21	[Nm]
4.7 Rotation	0,011	[°]



Donc la déformation de la poutre est de 0,50 mm pour voir si cette déformation est aussi tolérable ou non on va calculer la limite élastique ou la flèche max tolérable dans ce cas, à l'aide du logiciel INFLEX on a obtenu les résultats suivants :



Matériau
 Matériau: acier
 Limite élastique: 235 MPa
 Limite rupture: MPa
 Module d'élasticité: 210000 MPa
 Densité: 7850 Kg/m³

Poutre
 Choix de calcul: Calculer la force et la flèche à la limite élastique
 L: 860 mm
 I1: 530 mm

Section carrée
 b: 50 mm
 Calculer les inerties suivant Gz
 Calculer les inerties suivant Gy
 Calculer le moment quadratique

Calculer la force et la flèche à la limite élastique
 Moment fléchissant maximum en C, flèche maximum en x=458,5121 mm, en C, flèche=2,6096.

Résultats:
 Mf max.: 4895833,3333 Nmm
 Force: 24073,2800 N
 Flèche max.: 2,7137 mm
 Contrainte: 235,0000 MPa
 Coefficient de sécurité: 1,0000
 Surface de peinture: 0,1720 m²
 Masse: 16,8775 Kg

Donc la flèche max qu'il ne faut pas dépasser est de 2,7137 mm par contre la déformation de la poutre est de 0,50 alors les dimensions sont acceptables pour le deuxième point aussi. On comparant les flèches dans les 2 cas on remarque la flèche max sera dans le 2ème cas ou le point est situé à 530mm

2. Flambement de la poutre verticale

Voir l'annexe X

3. Dimensionnement du guidage linéaire

Voir annexe XI

4. Dimension des supports des vérins :

Voir annexe XII

II. Dimension de la vis à billes:

La vis à billes est un organe important pour la précision du déplacement du chariot. Le fournisseur de la société SOCAFIX présente une large gamme de vis à billes ainsi que leurs accessoires. Le bon choix de vis à billes dépendra la durée de vie de l'ensemble, la précision, le type de fixation, écrou préchargé ou pas, simple ou double, à bride ou cylindrique, vis roulée ou rectifiée. Chaque paramètre influencera les résultats et c'est pour cela que nous allons déterminer le type de la vis à billes convenable pour notre cas ainsi que son dimensionnement.

1. Le type de fixation :

Pour déterminer le dimensionnement on doit d'abord savoir qu'il est le type de fixation convenable pour notre vis à billes : A- supporté/supporté, B- fixé/supporté, C- fixé/fixé ou D- fixé/libre

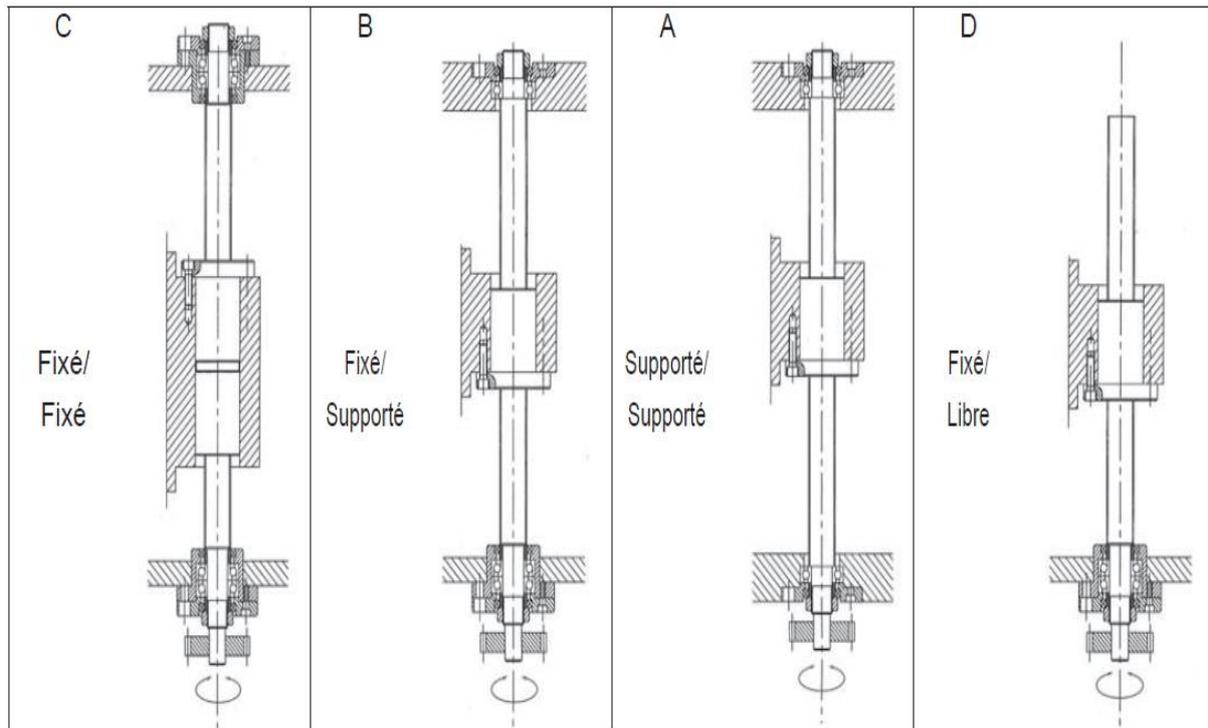


Figure 30. Types de fixation

Pour le savoir on peut utiliser la bague schématisé ci-dessous mais on doit connaitre la distance entre les supports qui est de 3 mètre dans notre cas, la charge axiale admissible $6963 \text{ N} = 710 \text{ KgF}$ et finalement le diamètre de la vis qu'on doit minimiser

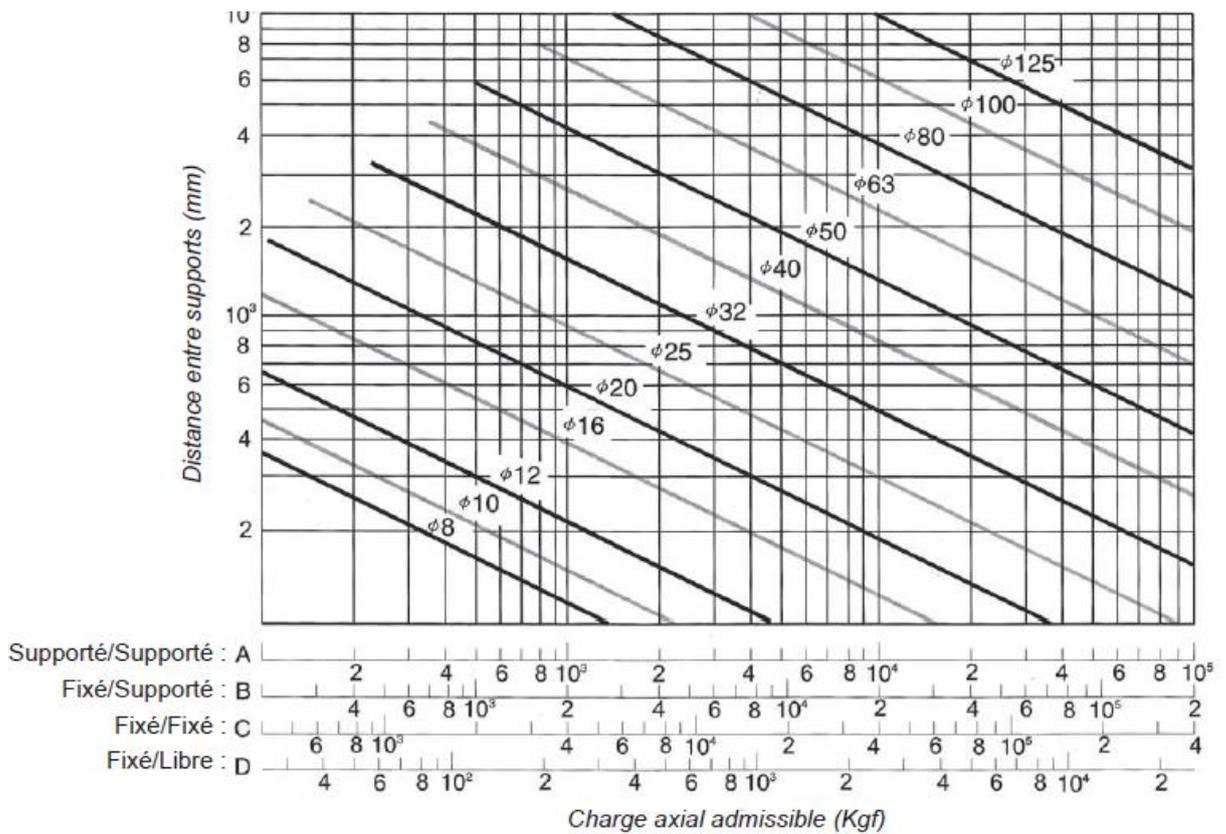


Figure 31. Diagramme du flambement de la vis

On faisant la projection de la distance entre support dans notre cas sur le plus petit diamètre rencontré qui est de 32 mm et par la suite sur le type de fixation on trouve que le type convenable pour notre cas c'est le fixé /fixé car pour le diamètre 32mm il admet une charge axiale de 1000 kgF c'est largement suffisant pour notre cas (charge admissible = 710 KgF).

2. Précharge :

Pour obtenir une bonne précision de positionnement il existe deux façons de procéder. La plus commune est de supprimer le jeu axial, le second est Précontraint par entretoise. Les deux façons sont réalisées grâce à la précharge.

Pour notre cas on va choisir la méthode de précharge par entretoise pour supprimer le jeu axial :

Une entretoise calibrée en fonction du type de précharge recherché est insérée entre deux écrous.

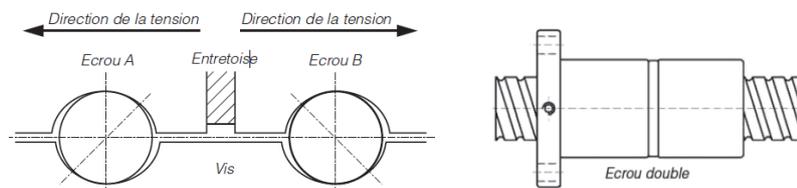


Figure 32. Ecrou double

3. Vitesse critique

Il est nécessaire de connaître la vitesse limite pour laquelle la vis à billes se positionne en résonance avec la fréquence naturelle de l'arbre fileté.

Le diagramme ci-dessous permet de déterminer, en fonction du type de montage de la vis, pour un diamètre et une distance entre supports donnés, la vitesse de rotation admissible.

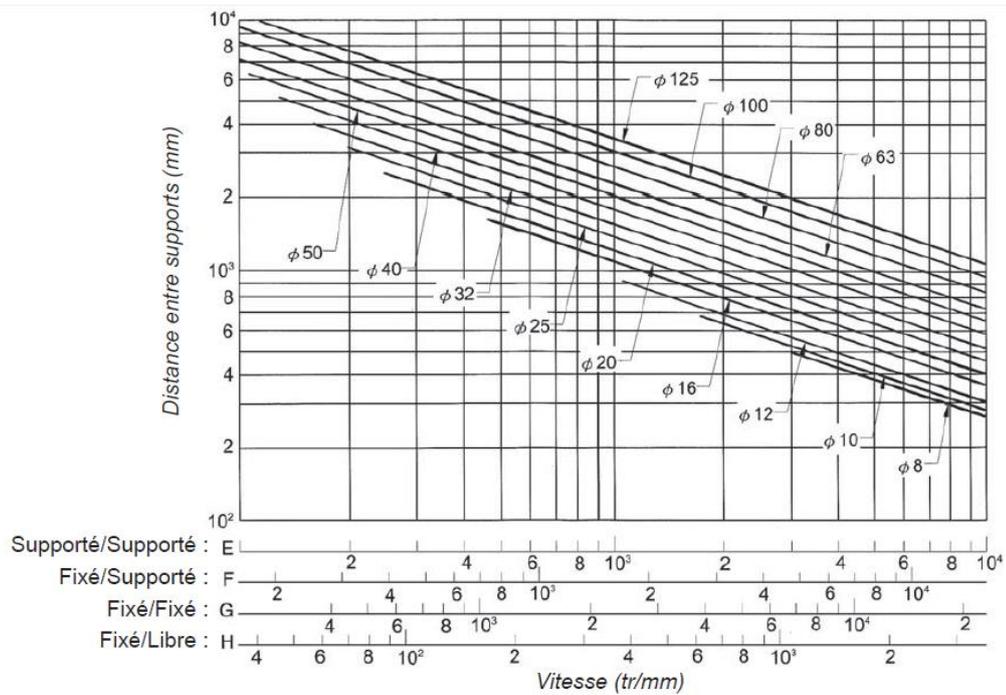


Figure 33. Diagramme de la vitesse critique

On trouve la vitesse de rotation admissible est $n = 600 \text{ tr/mm}$

4. Calcul de la vitesse critique n_k

Les vis à billes ne peuvent être utilisées autour de la vitesse critique. La vitesse critique dépend de la longueur, du diamètre de la vis, de l'écrou et du roulement. Un écrou avec jeu axial n'affecte pas la vitesse critique.

La vitesse maximum dans des conditions de travail ne devrait pas excéder

80% de la vitesse critique; Valeur $dm.n$: La valeur de rotation admissible est conditionnée par la valeur $dm.n$ qui exprime la vitesse périphérique.

$$n_k = k_d \frac{d_k}{l_k^2} 10^7 \quad ; \quad n_{kzul} = 0,8n_k$$

n_k : vitesse critique (min-1)

n_{kzul} : vitesse critique acceptable (min-1) d_k : Diamètre de la vis (mm)

k_d : Coefficient de montage

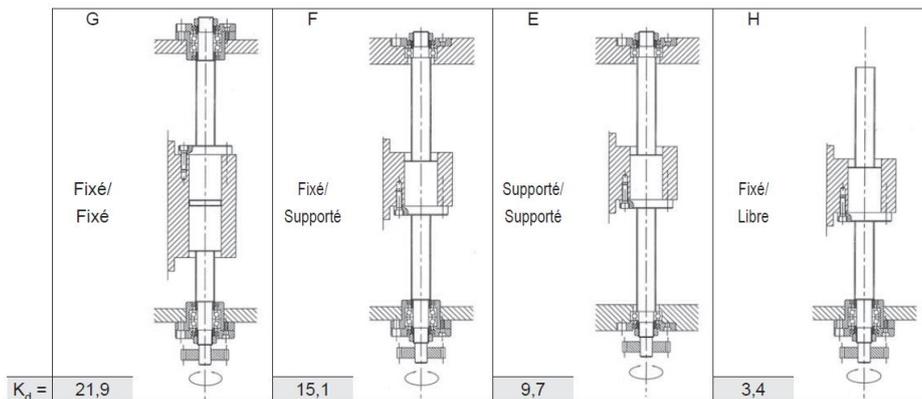
I_k : Longueur critique (mm)

dm : Diamètre au centre des billes (mm)

n : vitesse de rotation (mm)

Avec $K_d = 21,9$ dans notre type de fixation : Fixé/Fixé d'après le schéma ci-dessus

On a aussi $I_k = 3000$ mm et $d_k = 32$ mm donc $n_k = 344,88$ min⁻¹ et $n_{kzul} = 778,667$



5. Analyse des forces

La force nécessaire pour déplacer la masse suspendue est $F > fN$

N : est la force normale à la surface ou bien le poids de la barre mobile qui est égale à $700\text{kg} = 6963\text{N}$

f : le coefficient de frottement (entre le chariot et le bâti), $f = 0,2$

$$F > fN = 0,2 * 6963 = 1392,6\text{N}$$

On prend F est égale à 1400N

La figure ci-dessous représente le diagramme d'équilibre des forces sur une développée d'un tour de vis au niveau du cercle de diamètre moyen. La force F est la résultante du poids que l'on veut soulever. La force P est due au couple appliqué et elle agit dans des sens différents, selon que le déplacement axial de la vis est dans le sens opposé (montée) ou dans le même sens (descente) que la charge extérieure F. La normale N est la force de contact entre la vis et l'écrou. La force de frottement fN changera de sens suivant le sens de rotation de la vis

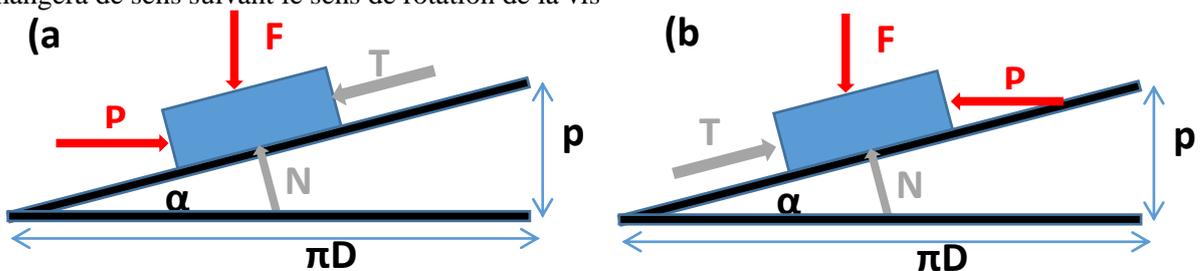


Figure 34. Diagramme d'équilibre des forces

(a) Le déplacement axial de la vis dans le sens opposé à la force axiale F (montée).

(b) Le déplacement axial de la vis dans le sens de la force axiale (descente).

P : Force nécessaire pour déplacer la charge

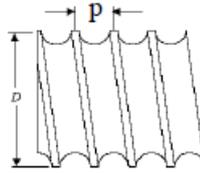
N : Réaction normale

F : Force à exercer (charge) 1400N

T : Force de frottement (entre le vis et l'écrou) $T=fN$ avec f est le coefficient de frottement est égale à 0,1 (acier trempé/acier trempé)

p : pas de la vis 10mm

D : diamètre de la visse sur flancs 32mm



L'équilibre des forces permet de calculer le couple nécessaire pour «la montée» ou «la descente» d'une charge donnée. P est la résultante des forces horizontales agissant au diamètre moyen

Donc d'après la loi de Newton

$$\sum F_x = P - T \cos \alpha - N \sin \alpha = 0$$

$$\sum F_y = -F + N \cos \alpha - T \sin \alpha = 0$$

Si on élimine N dans les équations précédentes on obtient :

$$P = F \frac{\sin \alpha + f \cos \alpha}{\cos \alpha - f \sin \alpha}$$

Si on utilise $\tan \alpha = \frac{p}{\pi D}$ dans l'équation

$$P = F \left(\frac{p + f\pi D}{\pi D - fp} \right) = 283N$$

P est donc la force qu'un moteur doit générer pour actionner la vis. Cette force agit à une distance (dm/2) du centre de la vis. Le couple nécessaire pour effectuer le déplacement est calculé par les équations suivantes :

$$C = P \frac{D}{2} = F \frac{D}{2} \left(\frac{p + f\pi D}{\pi D - fp} \right) = 4,52Nm$$

6. Rendement de la vis

Pour obtenir 100% de rendement, il faudrait avoir $f=0$ dans les équations (ii) on peut donc déduire que, dans ce cas, le couple minimum pour actionner la vis sera

$$C_0 = \frac{Fp}{2\pi} = 0,45Nm$$

Le rendement de la vis est le rapport entre ce couple minimum et le couple nécessaire pour actionner la vis

$$e = \frac{C_0}{C} = \frac{Fp}{2\pi C} = 0,099 = 9,9\%$$

7. Vis autobloquante

Le couple nécessaire pour actionner la vis dans le sens de la force axiale sert à vaincre les forces de frottement. Dans certains cas, lorsque le coefficient de frottement est suffisamment petit et que l'angle d'hélice est suffisamment grande, il peut arriver que la vis se déroule d'elle-même par l'action de la force axiale seulement.

Pour avoir une vis autobloquante, il faudra que $\pi f D \geq p$

$$\pi f D = 0,01 \geq p$$

8. Durée de vie

La durée de vie d'une vis à billes est donnée en nombre de tours, ou d'heures qu'elle effectue avant les premiers signes de fatigue (écaillage).

Le taux de charge dynamique de base Ca est à utiliser afin de déterminer une vis à billes pour 106 tours.

La relation entre taux de durée, taux de charge dynamique de base, charge axiale et nombre de tours s'exprime comme suit :

$$L = \left(\frac{C_a}{P f_w} \right)^3 10^6 \quad ; \quad L_t = \frac{L}{60 n} \quad ; \quad L_s = \frac{L P}{10^6}$$

L : Durée de vie en nombre de tours

Lt : Durée de vie en heures

Ls : Durée en distance (km)

Ca : Taux de charge dynamique de base

P : Charge axiale

n : vitesse de rotation (tr/min)

p : pas de la vis

Pas de vibration ni impact fw=1,2

fw coefficient de sécurité

Faible vibration ou impact fw=1,5

Fortes vibration ou impact fw=3

✓ La durée de vie en nombre de tours

On a la force axiale maximale pour déplacer la charge est égale à P= 283 N et fw = 1,2 et pour la charge dynamique Ca on la détermine à l'aide du tableau ci-dessous pour un diamètre de vis de 32mm et de billes de 6,350 mm la charge dynamique est égale à Ca=3340Kgf = 32732N (voir le tableau ci-dessous) donc la durée de vie en nombre de tours est L = 895394 10^6

✓ La durée de vie en heures

On a la vitesse de rotation n=480tr/min

n: vitesse de rotation en tr/min

V : vitesse d'avance en mm/min est égale à 4800mm/min

$$n = \frac{V}{p}$$

$$L_t = \frac{L}{60n} = 31090098 \text{ heures}$$

Donc la durée de vie en heures

La durée de vie en distance

On a $p = 10\text{mm}$ et $L = 895394 \cdot 10^6$ donc $L_s = 8953940 \text{ Km}$.

Finalement voilà le type de vis convenable

Type FDU

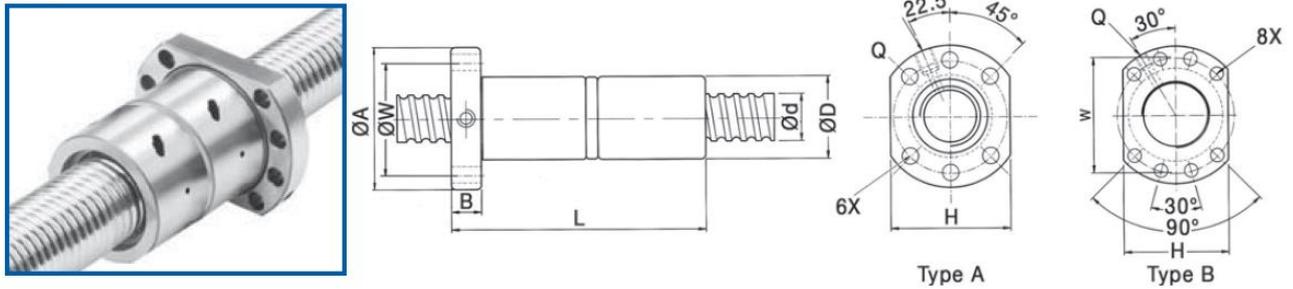


Figure 35. Vis à bille FDU

Référence Type	Dimensions - mm											Q Trou Lubrification Oil hole	Charge - Basic Load		Jeu Axial Axial play mm
	Ød	Pas Pitch	Type Type	Ø billes Ball	D g6	A	B	L	W	X	H		dyn. C	Stat. Co	
													Kgf	Kgf	
FDU1605-3C7	16	5	A	3,175	28	48	10	80	38	5,5	40	M6	765	1 240	0
FDU2005-4C7	20	5	A	3,175	36	58	12	92	47	6,6	44	M6	1 100	2 280	0
FDU2505-4C7	25	5	A	3,175	40	62	12	92	51	6,6	48	M6	1 250	3 070	0
FDU2510-4C7	25	10	A	4,762	40	62	12	153	51	6,6	48	M6	2 070	4 270	0
FDU3205-4C7	32	5	A	3,175	50	80	12	92	65	9	62	M6	1 400	4 080	0
FDU3210-4C7	32	10	A	6,350	50	80	16	160	65	9	62	M6	3 340	7 080	0
FDU4005-4C7	40	5	B	3,175	63	93	15	96	78	9	70	M8	1 575	5 290	0
FDU4010-4C7	40	10	B	6,350	96	93	18	162	78	9	70	M8	3 850	9 470	0
FDU5010-4C7	50	10	B	6,350	75	110	16	162	93	11	85	M8	4 390	12 400	0

Tableau 5. Dimensions de la vis à bille FDU

III. Dimensionnement des paliers

Le choix du bon support d'extrémité est important pour garantir des caractéristiques mécaniques des vis à billes, pour cela on a utilisé un support de type Fixé/Fixe qui nous donnera par la suite le choix du palier BK.

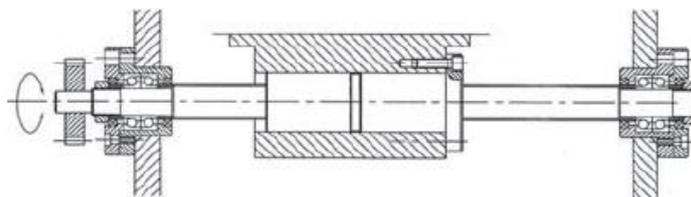


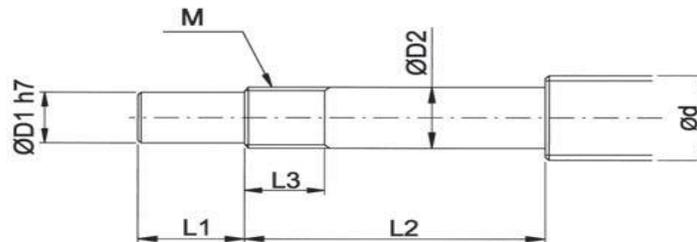
Figure 36. Support de la vis à bille

Le palier BK est équipé de roulements à billes de précision à contacts obliques, le palier est directement monté sur l'embout de la vis à billes et bloqué à l'aide d'un écrou de serrage, nous préconisons de faire cet assemblage en déposant du frein filet sur le filetage de la vis à billes.

Une fois cette opération finalisée, nous devons bloquer la vis qui est située sur l'écrou de précision.



Usinage vis à billes de diamètre d=32mm pour palier BK

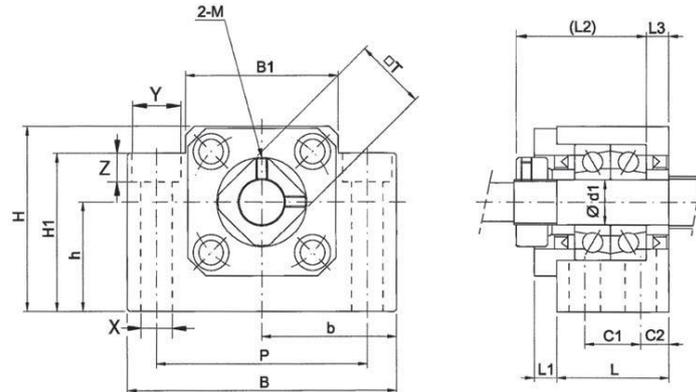


Type	Dimensions - mm						
	Vis à billes Ball screws Ød	ØD2 g6	ØD1	L2	L1	M	L3
BK10	12/14/15	10	8	36	15	M10x1	12
BK12	14/15/16	12	10	36	15	M12x1	12
BK15	18/20	15	12	40	20	M15x1	12
BK17	20/25	17	15	53	23	M17x1	17
BK20	25/28	20	17	53	25	M20x1	15
BK25	32/36	25	20	66	30	M25x1,5	20
BK30	36/40	30	25	73	38	M30x1,5	25
BK35	45	35	30	82	45	M35x1,5	26
BK40	50	40	35	94	50	M40x1,5	30

Tableau 6. Dimensions de l'usinage de la vis

Après le choix de diamètre d'épaulement de la vis à bille d=32mm, définissant les dimensions du palier BK, les dimensions de roulement à bille à contact oblique de diamètre intérieure D2=25mm qui support les charges axiaux et les dimensions de l'écrou de serrage M25*1,5.

✓ Dimensions du palier BK.

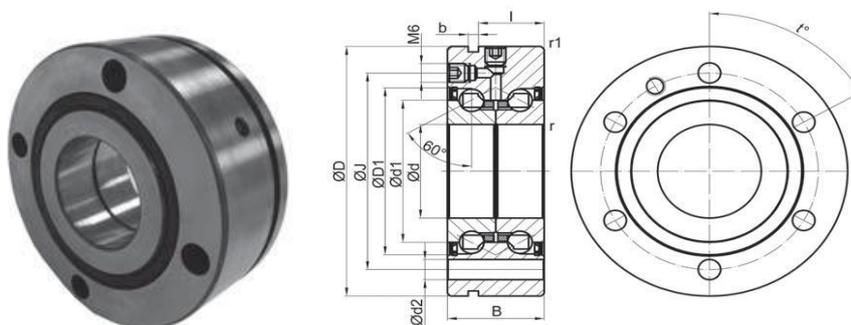


Référence Type	Dimensions - mm																			Roulement Bearing	Poids Weight
	Ød1	L	L1	L2	L3	C1	C2	B	H	b	h	B1	H1	T	P	M	X	Y	Z		g
BK10C7	10	25	5	29	5	13	6	60	39	30	22	34	32,5	16	46	3	6,6	10,8	5	7000A	400
BK12C7	12	25	5	29	5	13	6	60	43	30	25	35	32,5	19	46	4	6,6	10,8	1,5	7001A	450
BK15C7	15	27	6	32	6	15	6	70	48	35	28	40	38	22	54	4	6,6	11	6,5	7002A	600
BK17C7	17	35	9	44	7	19	8	86	64	43	39	50	55	24	68	4	9	14	8,5	7203A	1 300
BK20C7	20	35	8	43	8	19	8	88	60	44	34	52	50	30	70	4	9	14	8,5	7004A	1 300
BK25C7	25	42	12	54	9	22	10	106	80	53	48	64	70	35	85	5	11	17	11	7205A	2 400
BK30C7	30	45	14	61	9	23	11	128	89	64	51	76	78	40	102	6	14	20	13	7206A	3 400
BK35C7	35	50	14	67	12	26	12	140	96	70	52	88	79	50	114	8	14	20	13	7207B	4 400
BK40C7	40	61	18	76	15	33	14	160	110	80	60	100	90	50	130	8	18	26	17,5	7208B	6 800

Tableau 7. Dimensions du palier BK

On détermine par la suite les caractéristiques du roulement (les charges dynamique et statique désirable, le poids, ainsi que la vitesse maximale).

✓ Dimensions du roulement ZKLF

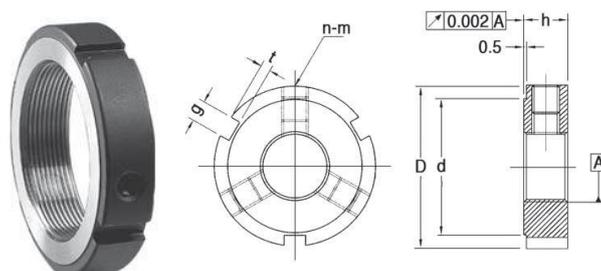


Le diamètre intérieure du roulement est le même que celui du palier d=25mm

Référence Type	Dimensions - mm												Charges - kN Basic load			Vitesse Maxi Maxi speed Tr/min	Poids Weight g
	d	D	B	b	d1	d2	D1	l	J	r1 Min.	r Min.	t	Ca	Coa	Cua		
	ZKLF 1255 2RS	12	55	25	3	25	6,8	33,5	17	42	0,6	0,3	120	17,0	24,7	0,91	3 800
ZKLF 1560 2RS	15	60	25	3	28	6,8	36	17	46	0,6	0,3	120	17,9	28	1,04	3 500	430
ZKLF 1762 2RS	17	62	25	3	30	6,8	38	17	48	0,6	0,3	120	19	31	1,15	3 300	450
ZKLF 2068 2RS	20	68	28	3	34,5	6,8	44	19	53	0,6	0,3	90	26	47	1,74	3 000	610
ZKLF 2575 2RS	25	75	28	3	40,5	6,8	49	19	58	0,6	0,3	90	28	55	2,04	2 600	720
ZKLF 3080 2RS	30	80	28	3	45,5	6,8	54	19	63	0,6	0,3	60	29	64	2,37	2 200	780
ZKLF 3590 2RS	35	90	34	3	52	8,8	63	25	75	0,6	0,3	90	41	89	3,30	2 000	1 130
ZKLF 40100 2RS	40	100	34	3	58	8,8	68	25	80	0,6	0,3	90	43	101	3,75	1 800	1 460
ZKLF 50115 2RS	50	115	34	3	72	8,8	82	25	94	0,6	0,3	60	47	126	4,65	1 500	1 860

Tableau 8. Dimensions du roulement

✓ Dimension de l'écrou de serrage M25*1,5



Référence Type	Dimensions - mm						
	D	h	g	t	d	n.m	Max n.m
SWT/RM10x0,75	20	8	3	2	13	2-M4	3,5
SWT/RM10x1	20	8	3	2	13	2-M4	3,5
SWT/RM12x1	22	8	3	2	16	2-M4	3,5
SWT/RM12x1,25	22	8	3	2	16	2-M4	3,5
SWT/RM15x1	26	8	3	2	21	2-M4	3,5
SWT/RM20x1,5	32	10	4	2	27	3-M5	4,5
SWT/RM22x1,5	35	10	4	2	30	3-M5	4,5
SWT/RM25x1,5	38	12	5	2	33	3-M6	8
SWT/RM30x1	45	12	5	2	40	3-M6	8
SWT/RM40x1,5	58	14	6	2,5	52	3-M6	8

Tableau 9. Dimensions de l'écrou de serrage

IV. Caractéristique du moteur

Données:

$m = 710 \text{ kg}$ et $P = 283 \text{ N}$

Diamètre de la vis à bille: 32mm

Pas de la vis à bille: 10mm (donc l'écrou monte de 10 mm pour chaque tour effectué par la vis à bille)

$$C(\text{le couple}) \times 2 = P \times D \rightarrow C = 283 \times 0.032 / 2 = 4,52 \text{ Nm}$$

Détermination de la puissance:

$$P = C \times \omega \text{ (vitesse angulaire)}$$

On sait qu'avec un pas de 10mm, en un tour, l'écrou aura monté de 10mm. On souhaite qu'il monte de 80 mm par seconde (choix de la vitesse). Donc cela nous donne 8tour/sec (vitesse de rotation)

$$\omega = \pi \times N / 30 \text{ (formule de la vitesse angulaire)}$$

$$N \text{ est en tr/min} \rightarrow 8 \text{ tr/s} = 480 \text{ tr/min}$$

$$\omega = \pi \times 480 / 30 = 50,24 \text{ rad/s}$$

$$P = 4,52 \times 50,24 = 227,48 \text{ W}$$

V. choix de la courroie

Les courroies crantées fonctionnent par engrenement, sans glissement, comme le ferait une chaîne mais avec plus de souplesse.

Contrairement aux autres courroies, elles supportent bien les basses vitesses et exigent une tension initiale plus faible.

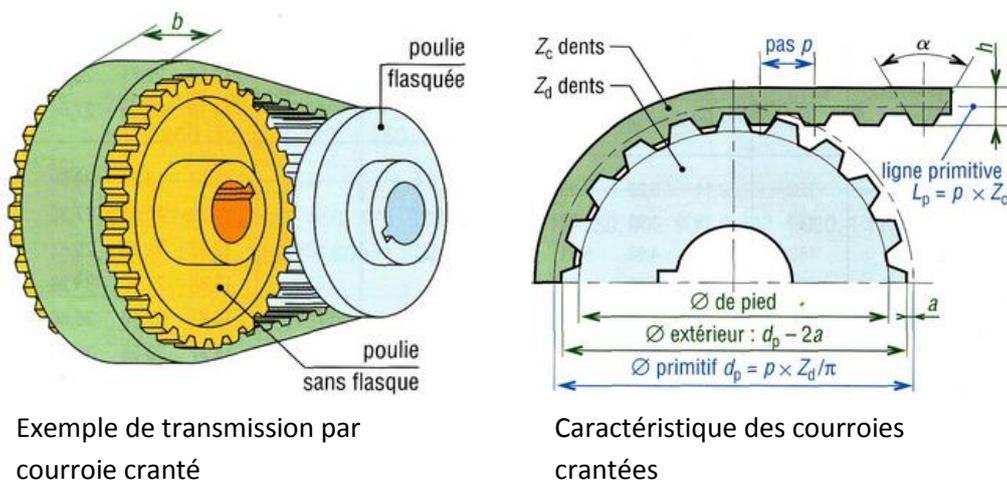


Figure 37. Courroie cranté

1. Calcul des courroies crantées

Il est analogue à celui des autres courroies.

Rapport de transmission

$$\frac{N_D}{N_d} = \frac{d_p}{D_p} = \frac{Z_d}{Z_D} = \frac{C_d}{C_D}$$

d_p : Diamètre primitif de la petite poulie 60mm D_p : Diamètre primitif de la grande poulie 101mm

Z_d : Nombre de dent de la petite poulie 15 dent Z_D : Nombre de dent de la grande poulie 25 dent

C_d : Couple de la petite poulie C_D : Couple de la grande poulie

N_d : Vitesse de la petite poulie N_D : Vitesse de la grande poulie 480 tr/min

Puissance de service : $P_s = P \cdot K_s$ (K_s par tableau ci-dessous)

On adopte un K_s de 1,4 pour l'installation.

K_s : coefficient correcteur lié aux conditions de service de la transmission

$P_s = 1,4 \cdot 228 = 319,2 \text{ w} = 0,32 \text{ kw}$

1. Valeur du coefficient de service K_s				
	service léger 0 à 6 h/jour	service normal 6 à 16 h/jour	service dur 16 à 24 h/jour	service très dur en continu
transmission uniforme sans à-coups	1,0	1,2	1,4	1,6
transmission avec légers à-coups et chocs modérés	1,1	1,3	1,5	1,8
transmission avec à-coups et chocs élevés *	1,2	1,4	1,7	2,1

* avec des inversions de sens, des démarrages fréquents sous forts couples

Tableau 10. Valeur de coefficient de service K_s

Détermination du type de la courroie par l'intermédiaire du graphe suivant (à partir de P_s et N_d la vitesse de la petite poulie qui est égale à 480 tr/min).

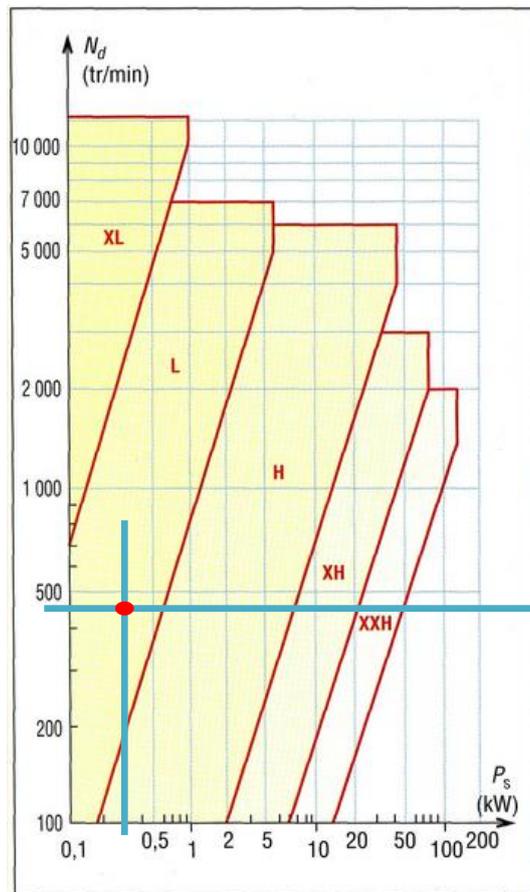


Figure 38. Puissance transmissible des courroies crantées

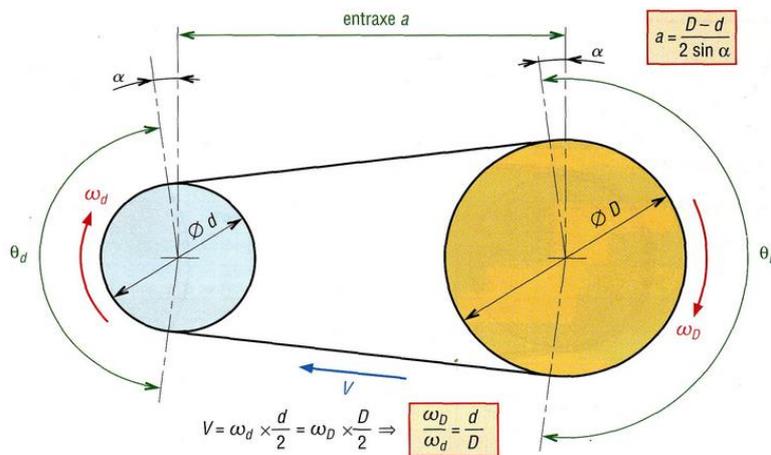
Intersection entre la puissance de service P_s et la vitesse de rotation nous donnent le choix de la courroie de type L.

2. Détermination du pas (p en mm)

Dimensions des principales courroies crantées (NF ISO 5294 et 5296)							
type	pas p		h mm	α deg.	largeur courroie mm	nombre de dents Z_c longueur primitive courroie $L_p = p \cdot Z_c$	2a mm
	mm	pouces (")					
XL (extra légère)	5,08	1/5 "	2,3	50	6,4 - 7,9 - 9,5	30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120, 125, 130	0,508
L (légère)	9,525	3/8 "	3,6	40	12,7 - 19,1 - 25,4	33, 40, 50, 56, 60, 64, 68, 72, 76, 80, 86, 92, 98, 104, 112, 120, 128, 136, 144, 160	0,762
H lourde	12,70	1/2 "	4,3	40	19,1 - 25,4 - 38,1 - 50,8 - 76,2	48, 54, 60, 66, 72, 78, 84, 90, 96, 102, 108, 114, 120, 126, 132, 140, 150, 160, 170, 180, 200, 220, 250, 280, 340	1,372
XH (extra lourde)	22,23	7/8 "	11,2	40	50,8 - 76,2 - 101,6	58, 64, 72, 80, 88, 96, 112, 128, 144, 160, 176, 200	2,794
XXH (extra extra renforcée)	31,75	1" 1/4	15,7	40	50,8 - 76,2 - 101,6 - 127	56, 64, 72, 80, 96, 112, 128, 144	3,048

Tableau 11. Dimensions des principales courroies crantées

Vitesse linéaire V de la courroie : $V = Nd.p.Zd/60$



La petite poulie est liée au moteur et la grande poulie est liée à la vis à bille d'une vitesse de 480 tr/min

$$\frac{N_D}{N_d} = \frac{d_p}{D_p} \quad N_d = \frac{N_D}{d_p} D_p = 808 \text{ tr/min}$$

On a

$$V = \frac{N_d p Z_d}{60} = \frac{480 * 9,525 \cdot 10^{-3} * 15}{60} = 1,93 \text{ m/s}$$

Remarque $\pi.d = p.Zd$ = circonférence primitive de la petite poulie

Puissance de base (Pb) de la courroie choisie par l'intermédiaire du graphe -- ; les Pb indiquées le sont pour une largeur de référence de 5 mm.

Choix de la largeur de la courroie sachant que $P_b.K_b \geq P_s$

K_b coefficient correcteur fonction de la largeur des courroies (tableau ci-dessous)

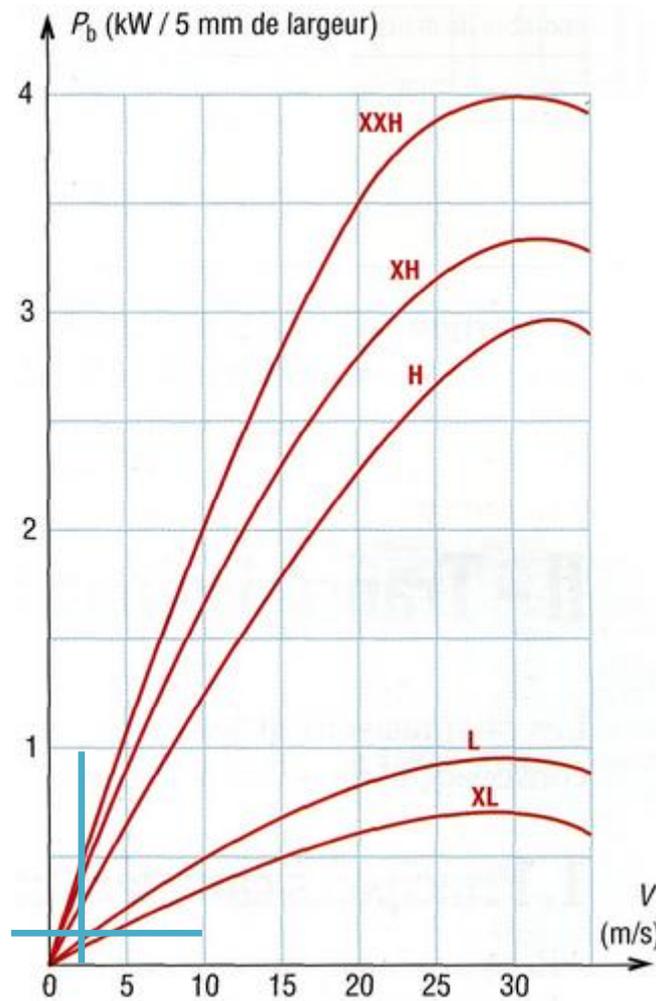


Figure 39. Diagramme de la largeur de la courroie

L'intersection entre la vitesse de la courroie et la courbe «L» donne une puissance de base de 0,2kw par 5mm de largeur

On Choisie la largeur de la courroie de type «L» sachant qu'on a $P_b \cdot K_b \geq P_s$

Coefficient correcteur K_b fonction de la largeur des courroies crantées											
K_b	0,84	1,10	1,45	2,20	3,6	5,1	7,9	10,9	17,1	24,2	31,2
b (mm)	6,4	7,9	9,5	12,7	19,1	25,4	38,1	50,8	76,2	101,6	127,0
type de courroie	XL	XL	XL	L	L et H	L et H	H	H, XH et XXH	H, XH et XXH	H, XH et XXH	XXH
Coefficient correcteur K_2											

K_b coefficient correcteur en fonction de la largeur des courroies (tableau ci-dessus)

On a la puissance de base est de 0,2kw/5mm c-à-dire 0,51kw/12,7mm

$$P_b K_b = 0,51 * 2,2 = 1,12 Kw > 0,32 Kw$$

Coefficient correcteur K_z					
nombre de dents en prise (Z_{pr})	6	5	4	3	2
K_z	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
$Z_{pr} = Z_d \cdot \left(0,5 - \frac{\rho(Z_D - Z_d)}{2\pi^2 a} \right)$ avec Z_D : nombre de dents grande roue Z_d : nombre de dents petite roue a : entraxe et ρ : pas					

Tableau 12. Coefficient correcteur K_z

Remarque : si l'on a moins de 6 dents en prise ($Z_{pr} < 6$) sur la petite poulie, il faut utiliser le coefficient correcteur supplémentaire K_z ($P_b K_b \cdot K_z \geq P_s$)

Le choix de l'entraxe dépendra de la position du moteur c'est pourquoi on laissera ca valeur vide jusqu'a que la société détermine le type et le dimensionnement du moteur.

VI. Dimensionnement du vérin de soudage pneumatique :

1. Dimensionner par rapport à la charge :

Pour déterminer la pression nécessaire pour garantir un effort permettant d'assurer l'opération de soudage. Nous allons imposer les dimensions du vérin.

La poussée statique, en fin de course est :

$$F = P \times S$$

Avec P : la pression en bar ;

S : la surface en mm*mm du piston dans le sens considéré.

La poussée dynamique est plus réduite quand on a l'existence de frottement.

On prend :

$$F = 0,9 \times P \times S$$

Pour éviter d'avoir l'encombrement, nous avons choisi un vérin dont le diamètre de piston est de l'ordre de 78mm :

Finalement : P=2,1 Bar

2. Choix de la course.

Celle-ci sera choisie en fonction de ce qui est nécessaire parmi les courses standard en prenant en compte la nécessité ou non d'utiliser l'amortissement en fin de la course.

3. Vérification de la tige :

Lorsque les vérins sont chargés fortement en fin de course ; tige de sortie, il est nécessaire pour les courses longues, de vérifier le flambage de cette tige, cela n'est indispensable qu'au-delà de la course standard pour chaque diamètre de vérin,

VII. Choix d'un distributeur pneumatique :

1. Choix de la fonction (nombre d'orifices) :

Ce choix dépend naturellement de l'actionneur à alimenter et pour un vérin à simple effet on choisit distributeur 3/2.

2. Choix de la position de repos :

Le comportement de l'actionneur alimenté lorsque l'énergie de commande est coupée impose l'état de repos du distributeur, donc la tige en état de repos est entrante par le bais du ressort.

3. Choix du pilotage (commande) :

Une commande a pour but de commuter les circuits internes des distributeurs provoquant le passage d'une position à une autre ; il existe plusieurs technologies de commande mais celle réservée à notre cas est la commande électrique.

4. Choix de la taille :

Ce choix dépend de la régularité des déplacements, la vitesse maximale et le remplissage du vérin. Généralement pour des cylindrée inférieures ou égale à 10 litres, des vitesses inférieure à 0,1 m/s et des taux de charge de 0,5 ou moins. Elle consiste à choisir un distributeur dont les orifices de raccordement sont égaux ou immédiatement inférieurs à ceux du vérin à alimenter.

5. Calcul du débit :

La course à parcourir est de l'ordre de 70mm

La connaissance de la vitesse du déplacement et la section du piston du vérin permettent de déterminer le débit nécessaire, ces trois grandeurs sont liées par l'équation suivante :

$$Q(l/min) = V \times S$$

On a : 0,1m/s

Tout calcul fait on trouve : $Q(l/min) = 9 l/min$

Pour réaliser cette condition l'utilisation d'un régulateur de débit s'avère nécessaire.

VIII. Choix du capteur de position et accessoires :

Le choix du capteur de position est le résultat d'un dialogue entre le concepteur de la partie opérative et l'automaticien. Les capteurs de proximité de Festo sont prévus et optimisés spécialement pour la détection sur les vérins Festo. Leur montage sur les actionneurs peut se faire directement ou à l'aide de kits de fixation.

Pour pouvoir fonctionner, le capteur de proximité a besoin d'un aimant permanent intégré au piston du vérin et adapté à l'ensemble du système. Tous les vérins proposés par Festo et portant l'indication « A » sont dotés de ce type d'aimant permanent. Le montage du capteur de proximité sur le vérin est mécanique. Il est ensuite ajusté, puis bloqué dans la position souhaitée. Dès que le piston du vérin revient à cette position, l'état du signal de commutation change.

IX. Schéma de puissance de la chaîne d'action pneumatique :

Le schéma de puissance représente les circuits des chaînes d'action et d'alimentation en énergie. Ce dernier est constitué d'une association d'élément permettant le conditionnement et la distribution de l'air de compression vers l'utilisation.

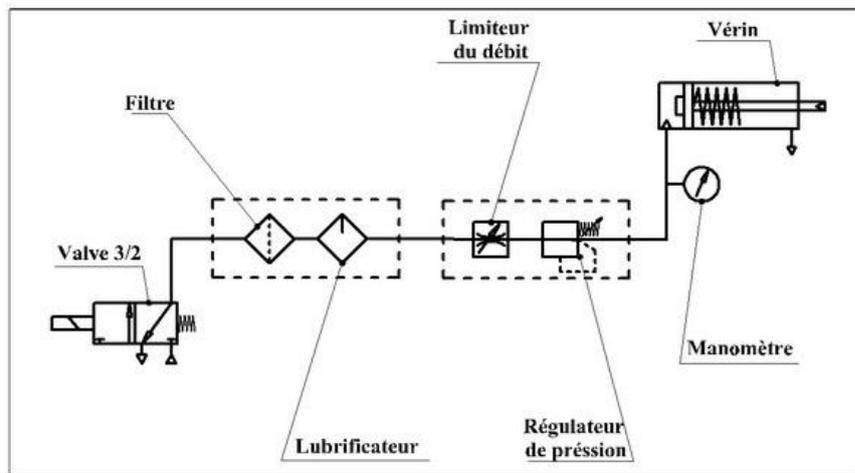


Figure 40. Schéma de puissance pneumatique

Repères	Type d'appareil	Fonction assurée
1	Raccord	Raccordement avec la source de pression
2	Électrovanne	Isolement
3	Filtre	Filtration des impuretés (eau, poussières)
4	Régulateur de pression	Maintien de la pression à une valeur réglée.
5	Manomètre	Indication de pression
6	Vérin (actionneur)	Soudage des pièces
7	lubrificateur	Lubrifié l'air comprimé
8	Régulateur de débit	Régler le débit nécessaire pour l'alimentation du vérin

Tableau 13. Appareils de la chaîne de conditionnement.

La disponibilité de l'air comprimé filtré (3) et régulé (4) pour les éléments d'action nécessite le raccordement à la source d'énergie (1), l'ouverture de la vanne d'isolement (2) et la commande de l'électrovanne.

Chapitre VI

Chapitre VI. Etude de la rentabilité de la machine

I. Etude technico-économique

1. Introduction

Afin d'évaluer l'applicabilité de notre machine et sa rentabilité on procède à une étude technico-économique qui nous permet de dégager les gains. On calcule donc le budget pour sa réalisation. Par la suite nous allons calculer le temps de retour de l'investissement.

2. Les dépenses actuelles

Le soudage actuel est fait par une pince de soudage par point donc les dépenses portent généralement sur les coûts de la main d'œuvres et d'indisponibilité ainsi que le cout des pinces de soudage.

3. Coût de la main d'œuvre :

Le temps de soudage de chaque pièce est de 4min, donc ils peuvent produire 120 pièces par jour

La cadence prévisionnelle journalière est de 400 pièces par jour, ce qui donne la nécessité de 4 opérateurs au total qui travaillent simultanément.

$$CM = 8 * 10DH/h = 80/jour$$

CM cout de la main d'œuvre

Les dépenses des mains d'œuvre = 112 000 DH/an

Le cout des pinces de soudage ainsi que leur coût de maintenance = 4*5000=20000DH

4. Les dépenses prévisionnelles

Après la réalisation de la machine, on aura besoin d'un seul opérateur pour remplir la fonction de chargement et déchargement des pièces.

Les dépenses des mains d'œuvre

$$CM=10DH/h \quad CM=28000 \text{ DH/an}$$

5. Le gain annuel

On vise dans ce projet à diminuer le nombre d'opératrice de 4/jour à 1/jour, c.-à-d. un gain de 3 opératrices, ce qui facilite encore la gestion personnelle de chaque opération du site.

$$CM=10DH/h \quad CM=84000 \text{ DH/an}$$

Le gain global prévisionnel à réaliser est : 84000 DH/an

6. L'investissement- durée d'amortissement

L'investissement englobe toutes les charges subites par l'entreprise pour la réalisation de la machine.

7. Le coût d'investissement

Les déferents tableaux ci-dessous résument les différentes charges.

Composants	Désignation	Quantité	Prix unitaire (DH)	Prix Total (DH)
Transformateur	-----	1	50 000	50 000
Tresse	-----	3	3 000	9 000
automate	PLC T-920	1	3 000	3 000
tuilons d'air comprimé (par mètre)	-----	13	2	26
vis à bille écrou	3210-4C7	1	2 000	2 000
palier libre	BK	2	170	340
Ecrou de serrage de la vis à bille	M25*1,5	2	15	30
courroie cranté	226094-62	1	100	100
poulie denté 15 dent	226017-62	2	120	240
poulie denté 25 dent	226025-62	1	130	130
moteur réducteur	-----	1	5 000	5 000
capteur infrarouge	MC005	20	300	6 000
			Prix Total	75 866

Tableau 14. Liste des composants standards

Composants	Désignation	Quantité	Prix unitaire (DH)
Module d'alimentation	6ES7 305-1BA80-0AA0	1	Les prix sont donnés par la société
Adaptateur de montage	6ES7 390-6BA00-0AA0	1	
SIMATIC CPU 317 T-2 DP	6ES7 317-6TJ10-0AB0	1	
Un module d'entrées TOR	6ES7 321-1BH02-0AA0	1	
Un module de sorties TOR	6AG1 322-1BH01-2AA0	1	
Connecteur frontal TOR	6ES7 921-3AG00-0AA0	2	
SIMODRIVE 611U		1	
Câble de couplage MPI-5m.	6ES7 902-3AB00-0AA0	1	
Pack S7-Technology V1.0	6ES7 864-1CC10-0YX0	1	
Profilé support de la S7 300	6ES7 390-1AJ30-0AA0	1	
Connexion Flexible	6ES7 922-3BF00-0AB0	2	
Armoire		1	
Pupitre de commande		1	
		Prix Total	31000 DH

Tableau 15. Liste des composants pour le sous-système de commande

Composants	Désignation	Quantité	Prix unitaire (DH)	Prix total (DH)
Vérins de transmissions simple effet	CI01 ISO6431	2	600	1 200
Vérins de fixation simple effet	RSC	8	150	1 200
Échappement rapide	SEU-1/8	1	2	2
Kit de fixation	SMBR-10-20	2	4	8
Raccord soudé	QS-G 1/8-6	1	2	2
Capteur de proximité	SME-8-K-24-S6	1	25	25
Distributeur	MHA1-M1H-3/20-0,6-PI	1	23	23
Embase de raccordement	MHA1-AS-3-M3-PI	1	12	12
Filtre	LF-M5-D-5M-Micro	1	20	20
Raccord pour filtre	CN-M5-PK-2	4	1	4
Lubrificateur	LOE-M5-D--Micro	1	20	20
Régulateur de pression		1	100	100
Régulateur de débit	VN-05-M-I3-PQ2-VQ2	1	18	18
Manomètre	PAGN-26-10-P10	1	8	8
			Prix Total	2 642

Tableau 16. Liste des composants pour le sous-système pneumatique du chariot

Composants	Quantité	Prix unitaire (DH)	Prix Total (DH)
Poutre 50/50/900	4	480	1 920
Poutre 50/50/400	5	250	1 250
Poutre carré creuse 50/50/540 épaisseur 2mm	2	100	200
Rails de glissière	1	1 400	1 400
Bâti	1	3 000	3 000
Barre de cuivre par mètre	6	1 300	7 800
Gabarret 1	2	700	1 400
Gabarret 2	2	550	1 100
		Prix Total	18 070

Tableau 17. Liste des composants fabriqués dans la société

Les charges	Prix (DH)
Les pièces mécaniques a fabriqué	18 070
Les pièces standards	75 836
La partie commande (d'après la société)	31 000
Les pièces pneumatiques	2 642
Prix Total	127 548

Tableau 18. Les charges subites par l'entreprise

Si on prend en considération l'installation et la mise en place de la machine.

Donc :

Le coût d'investissement $\approx 140\ 000$ DH

8. Le retour d'investissement

La durée d'amortissement ou le temps de retour de l'investissement est :

Durée d'amortissement = Investissement réel / Gain annuel.

Investissement réel = (Investissement de la machine – investissement des pinces de soudage)

Finalement la durée d'amortissement = 1,5 année

Conclusion générale

Notre projet de fin d'études consistait à élaborer les tâches du processus de fabrication du système d'accrochage de la roue de secours, et d'appliquer la méthode AMDEC processus pour identifier les différentes modes de défaillances prévues, ainsi que leurs gravités et leurs effets. Ensuite nous avons passé à l'identification des ressources nécessaires pour la fabrication de ce système. Cette analyse a identifié un besoin au niveau de l'assemblage de différentes pièces du système d'accrochage.

Nous étions amenées alors à concevoir une machine de soudage automatique permettant d'assembler tous les composants du système. Nous avons donc, effectué un choix des concepts et technologies et nous avons donné les détails de la conception proprement dite et de dimensionnement des différents composants et sous-ensembles constituant notre machine.

Une recherche bibliographique approfondie et l'utilisation des logiciels de conception en 3D, nous ont permis d'aborder la conception et de réaliser tous les détails de calcul et des dessins des composants les plus importants de notre machine.

La dernière phase du projet a été consacrée pour faire un bilan général des frais et investissements nécessaires pour la réalisation de la machine, afin de dégager le budget pour sa réalisation. Par la suite nous avons calculé le temps de retour de l'investissement qui est d'une durée de 18 mois.

Cette machine de soudage automatique est un exemple d'ergonomie, tout a été pensé dans le sens du confort de l'opérateur, d'une grande facilité de mise en œuvre, et dans le but de satisfaire les besoins des clients en termes de cadence et de qualité de soudage.

Par ailleurs, ce projet était pour nous une occasion intéressante pour apprendre des méthodes puissantes de conception et maîtriser des outils Informatiques Performants. En particulier des logiciels de conception et de calcul RDM.

De plus, tout au long de ce stage nous avons développé un certain nombre de qualités personnelles tel que la rigueur, l'esprit d'équipe, l'autonomie de travail qui nous ont permis de bâtir des relations professionnelles solides au sein de notre milieu professionnel et acquérir un savoir-faire au niveau du développement personnel.

Bibliographie

Ouvrage :

Jean-Louis Fanchon, **Guide des sciences et technologies industrielles**

Jean-Paul BOURGEOIS **Gestion de projet,**

Marie-Christine CHARRIER **Réalisation de projets dans une société d'ingénierie.**

André Chevalier, **Guide de dessinateur industriel.**

HEARD K. BAUMEISTER, **Éléments de machines**

Cours :

Ahmed Aboutajeddine, **méthodologie d'innovation**, *chapitre 4 « l'analyse fonctionnelle »*

Abdelatif EL barkany, **Construction mécanique.**

Sites Internet :

www.SOCAFIX.com

<http://www.fli-industrie.fr/>

<http://mitcalc.com/>

<http://www.soudagecenter.com/>

<http://spiral.univ-lyon1.fr/17-SWF/>

ANNEXE

Annexe I. Cahier de charge

NOTA 1 : CONDITIONS GENERALES

- 1.1 PRODUIT CONFORME A LA NORME 00-10-415 --Q
- 1.2 SUBSTANCES A USAGE INTERDIT OU SOUMIS A RESTRICTIONS SUIVANT NORME 00-10-050 --H
- 1.3 CONFORME AU CAHIER DES CHARGES DU PRODUIT ETUDIE :
CDC +++-+-+++
- 1.4 INFORMATIONS A PORTER AU PLAN SUIVANT LA NORME 01-00-510 --E
- 1.5 EBAVURER SELON NORME NFE81-010 CLASSE C
- 1.6 AUCUN ANGLE VIF
- 1.7 TOLERANCES DE POSITION : GENERAL COORDONEES POINTS

33

NOTA 2 : MATIERE

- 2.1 VOIR NOTA 8
- 2.2 Rm DU FIL C9D EST ENTRE 540 - 750 N/mm²

NOTA 3 : TENUE A LA CORROSION

- 3.1 TENUE A LA CORROSION DES PARTIES METALLIQUES SUIVANT LE CAHIER DES CHARGES 47-01-000 --C
- 3.1.1 CODIFICATION FONCTIONNELLE :
As1/Pe0/NV/FO/GS/NT/LF
- 3.2 PROTECTION : PEINTURE EPOXY NOIRE RAL 9005
EPAISSEUR: SUPERIEUR A 70µ
APPLICATEUR : SOCAFIX
- 3.3 REVETEMENTS DES SURFACES METALLIQUES SUIVANT LA NORME 01-72-001 --D
- 3.4 L'ABSENCE DE LA PEINTURE EST AUTORISEE DANS LA ZONE DE BOUCLE
- 3.5 ACCEPTE L'APPARANCE DES POINTS D'OXYDATION ROUGE SUR LES ZONES DES SOUDURES ET ARETS DES DECOUPES
- 3.6 DOSSIER DE VALIDATION CORROSION A REALISER SUIVANT LA NORME 01 - 70 - 003 --A

27

NOTA 4 : MARQUAGE:

- 4.1 SUIVANT INSTRUCTION RPIFDCTEC20110001 RELATIVE AU MARQUAGE RENAULT/GM
- 4.2 REFERENCE PIECE RENAULT 10 CARACTERES
- 4.3 INDICE PIECE RENAULT 3 CARACTERES
- 4.4 LOGOTYPE TYPE 3 LONGUEUR 10 SUIVANT LA NORME 00-10-501 --D
- 4.5 LOGOTYPE GM SUIVANT NORME OPEL n°ON 1397
- 4.6 REFERENCE PIECE GM 8 CARACTERES
- 4.7 CODE ITG : 3 CARACTERES HORIZONTALS DANS UN LOSANGE HORIZONTAL
- 4.8 DATE DE FABRICATION SEMAINE/ANNEE

767

NOTA 5 : ABREVIATIONS

ITG: INTERVENTION TECHNIQUE GARANTIE

NOTA 6 : SOUDURE

- 6.1 LA SOUDURE DEVRA SATISFAIRE A UN ESSAI DESTRUCTIF PRESENTANT SOIT DES DEFORMATIONS IMPORTANTES DE LA PIECE OU UNE RUPTURE DE LA SOUDURE AVEC ARRACHEMENT DE MATIERE
- 6.2 LE BOURRELET DE SOUDURE DOIT ETRE REGULIER SANS PRESENCE D'AIGRETTES
- 6.3 SOUDURE SUIVANT NORME 01-50-905 --A. 01-50-911 --E. 01-50-912 --D
- 6.4 QUALITE DES SOUDURES ELECTRIQUES A L'ARC SUIVANT NORME 01-50-916 --A

11

NOTA 7 :

- 2 7.1 LE BERCEAU ROUE DE SECOURS DOIT RESISTER A UN EFFORT DE TRACTION F > 350 daN
- 3 7.2 LE BERCEAU ROUE DE SECOURS DOIT RESISTER A UN EFFORT A L'ARRACHEMENT TRANSVERSE F > 30 daN
VOIR PROCEDURE PE 31-08-030/---
- 7.3 LE BERCEAU DOIT POUVOIR TOURNER LIBREMENT SUR UN Ø12,5 +/-0,5 APRES PEINTURE
- 7.4 LE BERCEAU DOIT POUVOIR TOURNER LIBREMENT SOUS SON PROPRE POIDS APRES ESSAI CORROSION
- 7.5 TENUE AU COUPLE DE SERRAGE : 70 Nm MINI

NOTE 1 : GENERAL CONDITIONS

- 1.1 PRODUCT ACCORDING TO STANDARD 00-10-415 --Q
- 1.2 PROHIBITED AND RESTRICTED SUBSTANCES
LISTS ACCORDING TO STANDARD 00-10-050 --H RESERVE 1
- 1.3 ACCORDING TO THE TECHNICAL SPECIFICATION OF THE PRODUCT :
CDC +-+---+---
- 1.4 WRITTEN INFORMATIONS ON THE DRAWING
ACCORDING TO STANDARD 01-00-510 --E
- 1.5 DEFLASH ACCORDING TO STANDARD NFE81-010 SPECIFICATION C
- 1.6 NO SHARP ANGLE
- 1.7 POSITIONING TOLERANCES : POINTS GENERAL COORDINATES

NOTE 2 : MATERIAL

- 2.1 SEE NOTA 8
- 2.2 C9D WIRE Rm IS BETWEEN 540 - 750 N/mm²

NOTE 3 : RESISTANCE TO CORROSION

- 3.1 RESISTANCE TO CORROSION OF METAL PARTS
ACCORDING TO PRODUCT SPECIFICATION 47-01-000 --C
- 3.1.1 FUNCTIONAL CODIFICATION :
As1/Pe0/NV/F0/GS/NT/LF
- 3.2 PROTECTION : BLACK EPOXY PAINT RAL9005
THICKNESS: OVER 70µ
APPLICATOR : SOCAFIX
- 3.3 METALLIC SURFACE COATINGS ACCORDING TO
STANDARD 01-72-001 --D
- 3.4 LACK OF PAINT IS ACCEPTED IN THE AREA
OF BUCKLE
- 3.5 ACCEPTS THE OCCURENCE OF RED OXYDATION POINTS
ON WELDS AND STAMPED EDGES
- 3.6 COROSION VALIDATION FILE TO BE REALIZED
ACCORDING TO STANDARD 01 - 70 - 003 --A

NOTE 4 : MARKING :

- 4.1 ACCORDING TO INSTRUCTION RPIFDCTEC20110001 ABOUT MARKING RENAULT/GM
- 4.2 RENAULT PART NUMBER 10 CHARACTERS
- 4.3 RENAULT PART INDEX 3 CHARACTERS
- 4.4 LOGOTYPE TYPE 3 LENGTH 10 ACCORDING TO
STANDARD 00-10-501 --D
- 4.5 LOGOTYPE GM ACCORDING TO STANDARD OPEL n°ON 1397
- 4.6 GM PART NUMBER 8 CHARACTERS
- 4.7 ITG CODE : 3 HORIZONTALS CHARACTERS
IN A HORIZONTAL DIAMOND SHAPE 
- 4.8 MANUFACTURE DATE WEEK/YEAR

NOTE 5 : ABBREVIATIONS

ITG: GUARANTEED TECHNICAL INTERVENTION

NOTE 6 : WELDING

- 6.1 THE WELD WILL HAVE TO COMPLY WITH A DESTRUCTIVE TEST RESULTING EITHER
IN EXTENSIVE DEFORMATION OR WELD BREAK WITH MATERIAL TEAR
- 6.2 THE WELD BEAD HAS TO BE REGULAR WITHOUT ANY DEFECTS
- 6.3 WELDS ACCORDING TO STANDARD 01-50-905 --A, 01-50-911 --E, 01-50-912 --D
- 6.4 QUALITY OF THE ELECTRIC WELDS ACCORDING TO
STANDARD 01-50-912 --D

NOTE 7 :

- 7.1 THE SPARE WHEEL CRADLE MUST RESIST TO
A F> 350 dBn DRIVE TECH
- 7.2 THE SPARE WHEEL CRADLE MUST RESIST TO
A F> 30 dBn TRANSVERSE TEAR
SEE PROCEDURE EP 31-08-030/---
- 7.3 THE SPARE WHEEL CRADLE MUSTBE ABLE TO TURN FREELY ON
A Ø12,5 +/-0,5 AFTER PAINT
- 7.4 THE SPARE WHEEL CRADLE MUSTBE ABLE TO TURN ON ITS OWN WEIGHT AFTER
CORROSION TEST
- 7.5 HELD AT TIGHTENING TORQUE: 70 Nm MINI

Annexe II. AMDEC Processus de réception

Mode de défaillance	Effets potentiel	Gravité	Causes probables du défaut	Fréquence	Détection	Détection	G*F*D	Plan d'actions	Responsable	Gravité	Fréquence	Détection	G*F*D
Matière Non Conforme	Géométrie non conforme: variation de la géométrie des composants au moment de la transformation	8	Contrôle insuffisant à la réception	2	Gamme de contrôle réception	3	48	Présentation certificat matière avec les arrivages	Resp logistique	8	2	2	32
Dimensions matières premières non-conformes	Risque problème au pliage / cintrage Arrêt de la production	8		2	Gamme de contrôle réception	3	48	Évaluation fournisseurs (Choix des fournisseurs certifiés) Contrôle OK 1st part pour les sous-ensembles pliés, avec également micromètre digital.	Resp achats	8	2	2	32
Poids est non conforme par rapport au BL	Arrêt de la production Risque retard livraison	8	Quantité réceptionnée non conforme	2	Gamme de contrôle réception	3	48	Contrôle / Vérification systématique du poids	Resp Magasin	8	2	2	32

Annexe III. AMDEC Processus de stockage

Fonction/ Sous-ensemble	Mode de défaillance	Effets potentiel	Gravité	Causes probables du défaut	Fréquence	Détection	Détection	G*F*D	Plan d'actions	Responsable	Gravité	Fréquence	Détection	G*F*D
Stockage M.P	FIFO non respecté	Risque d'oxydation du fil et tôle	7	Formation insuffisante des employés concernés (Caristes, régleurs CN)	3	Vérification hebdomadaire du respect du FIFO. LOG.DE-06	1	21	Formation et habilitation des employés concernés	Resp RH	7	2	1	14
	Rupture du stock	Arrêt de production Risque retard livraison	8	Différence entre stock physique et stock système informatique	1	Fiche de suivi du Stock Matière Première LOG.DE-04	1	8	Inventaire tournants	Resp Magasin	8	1	1	8

Annexe IV. AMDEC Soudure électrique

Fonction/ Sous-ensemble	Mode de défaillance	Effets potentiel	Gravité	Causes probables du défaut	Fréquence	Détection	Détection	G*F*D	Plan d'actions	Responsable	Gravité	Fréquence	Détection	G*F*D
Soudure électrique	Géométrie NC	Pièces non montables dans l'outil de la soudure au moment d'assemblage	8	Manque butés ou mauvais positionnement des drageoirs de guidage	2	Validation pièce jaune au démarrage d'équipe par le contrôleur qualité	2	32	Vérification fréquentielle de système de guidage et de serrage.	Operateur du poste.	8	2	1	16
	Composant non soudé (oubli de point de soudure)	Perte de fonctionnalité du berceau	9	Paramètres NC électrode détaché	3	Validation pièce jaune au démarrage d'équipe par le contrôleur qualité	3	81	- Intégration le contrôle visuel à 100% dans la gamme de contrôle - Affichage et intégration du contrôle des paramètres de soudure dans la gamme de contrôle maintenance. - intégration contrôle de présence de toutes les électrodes dans GM.	Resp maintenance.	9	3	2	54
	Soudure collée ou soudure N.C	Perte de fonctionnalité du berceau	8	Etat des électrodes	3	Gamme de maintenance	3	72	Affichage et intégration du contrôle d'état des électrodes dans la gamme de maintenance	Resp maintenance.	8	3	2	48

Soudure électrique	Soudure collée ou soudure N.C	Perte de fonctionnalité du berceau	8	Paramètres de soudure non adéquats	2	Gamme de maintenance	5	80	Affichage et intégration du contrôle d'état des paramètres de soudure validés au démarrage projet par la macrographie dans la gamme de maintenance + test du macgraphie 1 fois/6 mois	Resp maintenance.	8	2	3	48
			8	Mauvais réglage de la pression	3		5	120	Affichage et intégration du contrôle de la pression dans la gamme de maintenance		8	3	3	72
			8	Fuite de courant / présence masse	2	Gamme de maintenance	5	80	Affichage et intégration de contrôle de la masse dans la check-list démarrage équipe + essai destructif / Heure dans les premiers 6 mois et début et fin d'équipe après 6 mois + installation d'un Thor (Poka Yoke) pour contrôle de fuite de courant	Resp maintenance.	8	2	2	32
	Aspect: pas bavures et écrasement.	Risques blessure lors des manipulations chez le client.	9	Mauvaise états des électrodes ou paramètres de soudure NC	4	Validation pièce jaune au démarrage d'équipe par le contrôleur qualité: voir gamme de contrôle	4	144	Intégrer le contrôle de l'état des électrodes et les paramètres de la soudure dans la gamme de contrôle maintenance .	Resp maintenance.	9	4	2	72

Annexe V. AMDEC Montage de l'ensemble

Fonction/ Sous-ensemble	Mode de défaillance	Effets potentiel	Gravité	Causes probables du défaut	Fréquence	Détection	Détection	G*F*D	Plan d'actions	Responsable	Gravité	Fréquence	Détection	G*F*D
Montage de l'ensemble (Pliage boucle).	Géométrie non conforme	Perturbation au moment de montage.	7	Pression de vérin plieuse insuffisante.	3	Gamme de contrôle	3	63	Intégration de contrôle de la pression dans la gamme de maintenance	Resp maintenance.	7	3	2	42
	2 boucles pas suffisamment fermées	Perturbation au moment de montage.	8	Pression de vérin plieuse insuffisante.	2	Gamme de contrôle	3	48	Intégration de contrôle de la pression dans la gamme de maintenance	Resp maintenance.	8	2	2	32
	2 boucles trop fermées donc pas de rotation du berceau par rapport à la partie fixe.	Perturbation au moment de montage.	8	Pression de vérin plieuse trop élevée.	3	Gamme de contrôle	3	72	Intégration de contrôle de la pression dans la gamme de maintenance	Resp maintenance.	8	3	2	48
	1 boucle sur 2 mauvaises.	Perturbation au moment de montage.	8	Pression de vérin plieuse insuffisante.	3	Gamme de contrôle	3	72	Intégration de contrôle de la pression dans la gamme de maintenance	Resp maintenance.	8	3	2	48

Annexe VI. AMDEC Peinture époxy

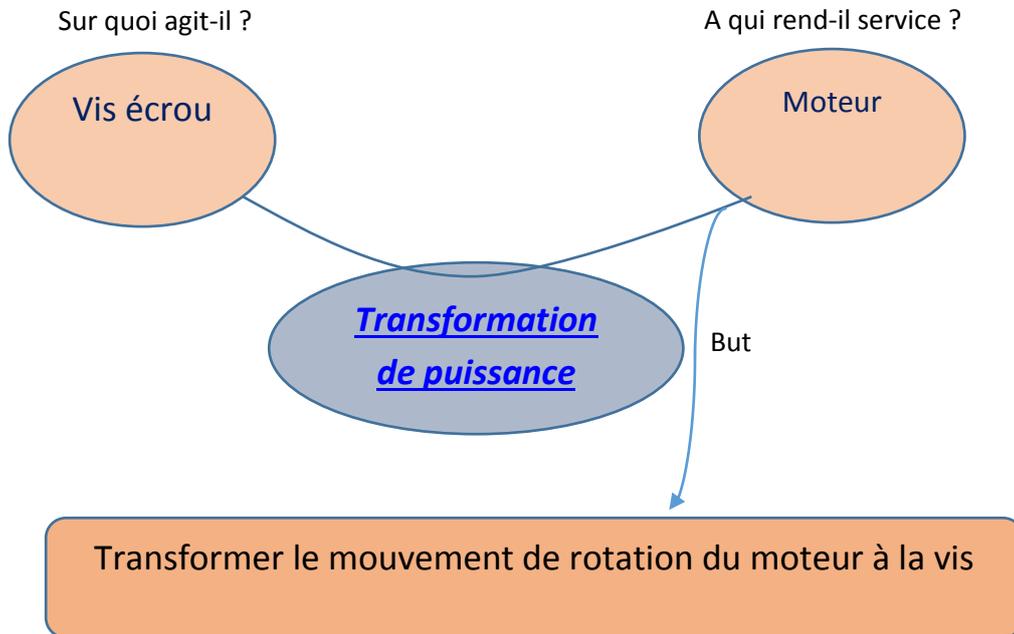
Fonction/ Sous-ensemble	Mode de défaillance	Effets potentiel	Gravité	Causes probables du défaut	Fréquence	Détection	Détection	G*F*D	Plan d'actions	Responsable	Gravité	Fréquence	Détection	G*F*D
Peinture époxy	Mauvaise adhérence de peinture	Mauvaise apparence	7	Traitement non-conforme	5	Gamme de contrôle peinture QUA.GC-03	2	70	- Contrôle des paramètres de traitement - Contrôle d'aspect visuel à 100%	Operateur du poste	7	5	2	70
	Épaisseur peinture non-conforme		8	Erreur humain,	4		5	160	- Contrôle d'épaisseur de peinture au début et fin d'équipe - Formation et habilitation de l'opérateur	Chef d'équipe	8	3	3	72
	Manque peinture	Mauvaise apparence	8		6		2	96	Contrôle d'aspect de peinture à 100%	Operateur du poste	8	6	2	96

Annexe VII.AMDEC Stockage de pièces finales

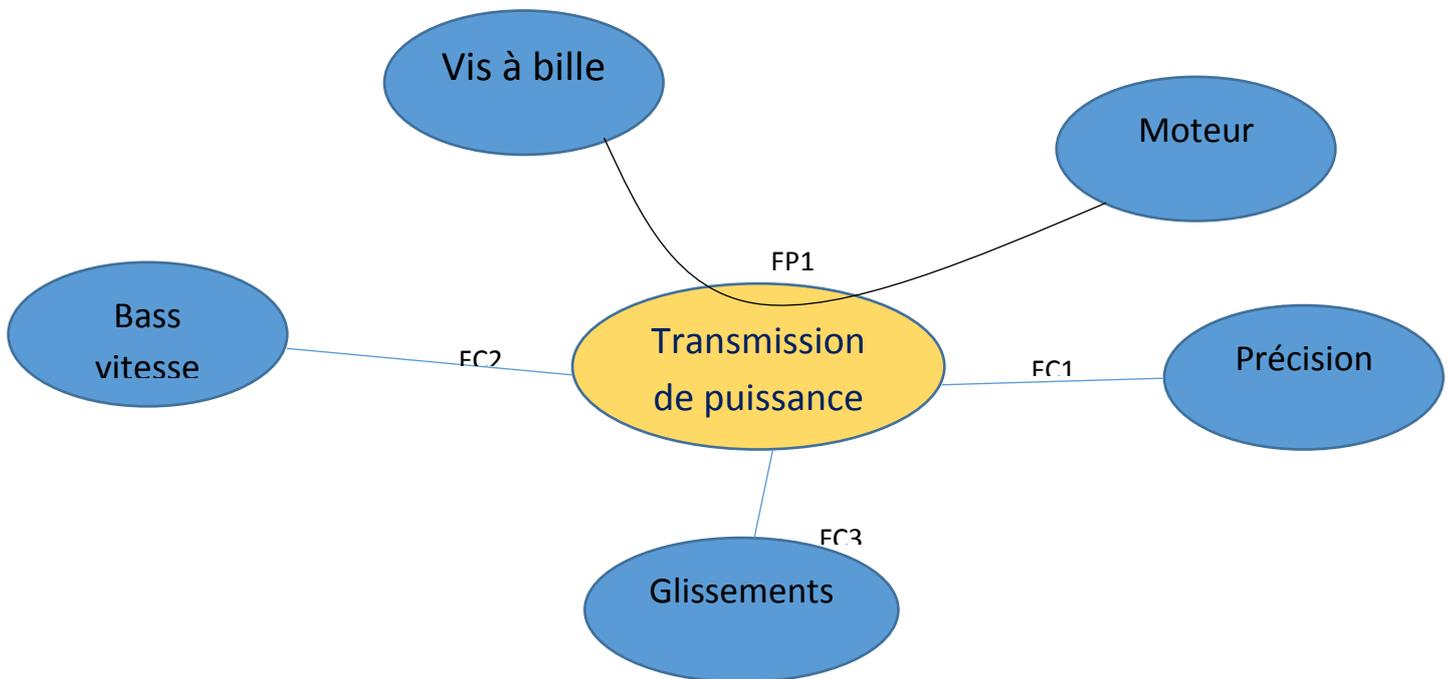
Fonction/ Sous-ensemble	Mode de défaillance	Effets potentiel	Gravité	Causes probables du défaut	Fréquence	Détection	Détection	G*F*D	Plan d'actions	Responsable	Gravité	Fréquence	Détection	G*F*D
Mise en stock des PF	Mauvais état des emballages.	Réclamation client	7	- Mauvaise manutention	2	Fiche instruction de d'emballage des pièces	2	28	Contrôle d'état des emballages avant chaque stockage	Resp Magasin	7	2	1	14

Annexe VIII. Analyse de la fonction de transformation de puissance

✓ Béta corne



✓ Pieuvre



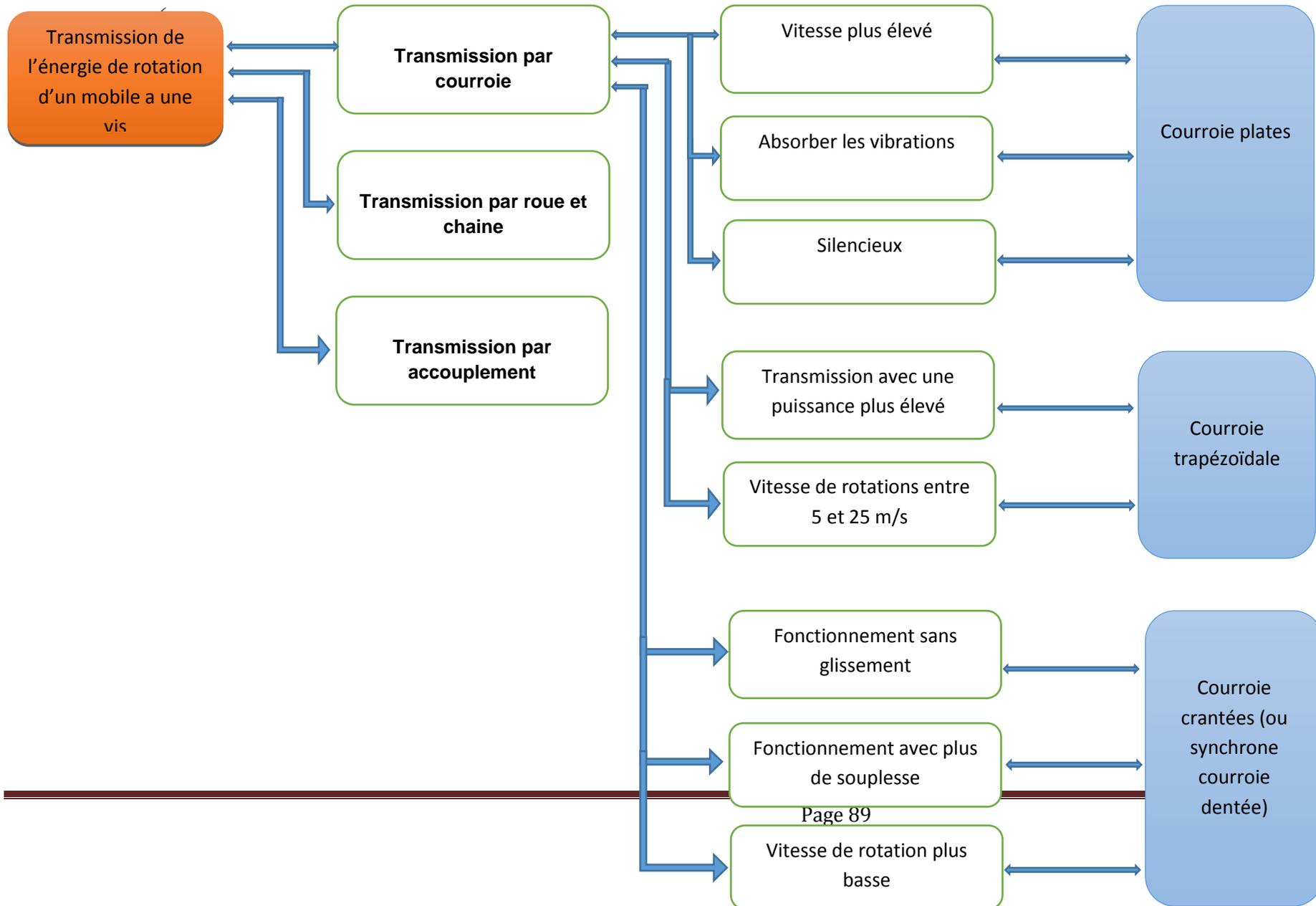
FP1 : Transmettre la puissance du moteur à la vis à bille

FC1 : La nécessité de la précision au point d'arrêt

FC3 : Transmettre les basses vitesses

FC4 : Résister aux glissements

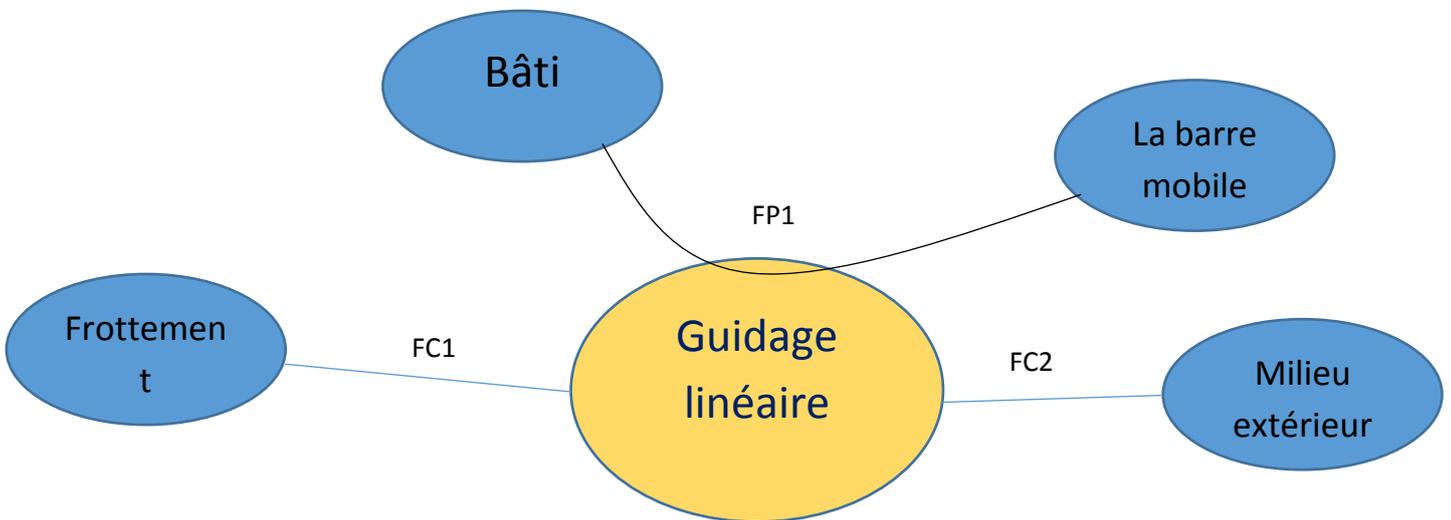
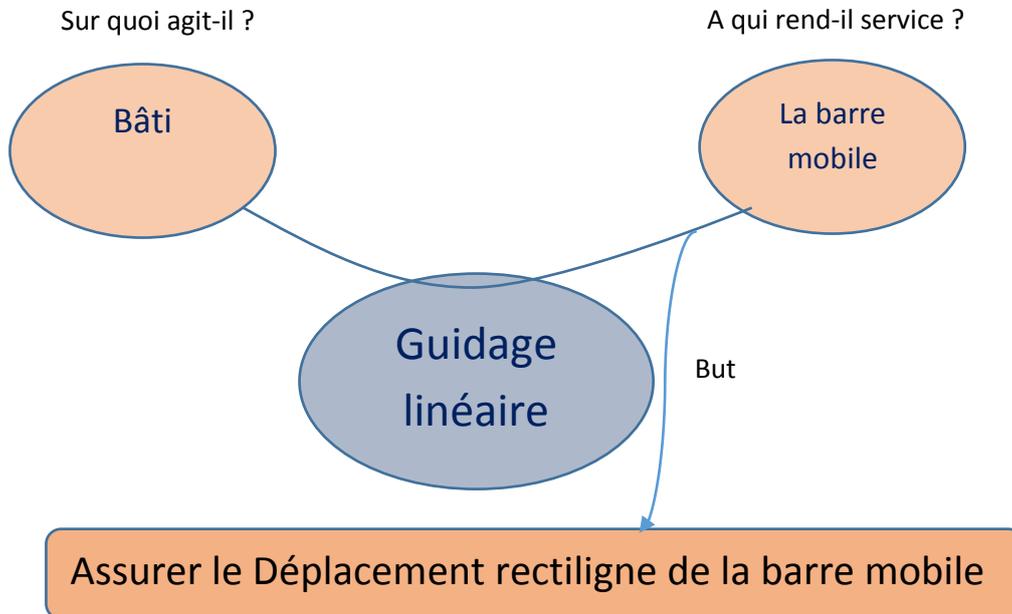
✓ Emergence des concepts :



Annexe IX. Analyse de la liaison glissière (guidage linéaire) :

L'analyse fonctionnelle d'un guidage en translation peut se représenter par un diagramme pieuvre

✓ Béta corne

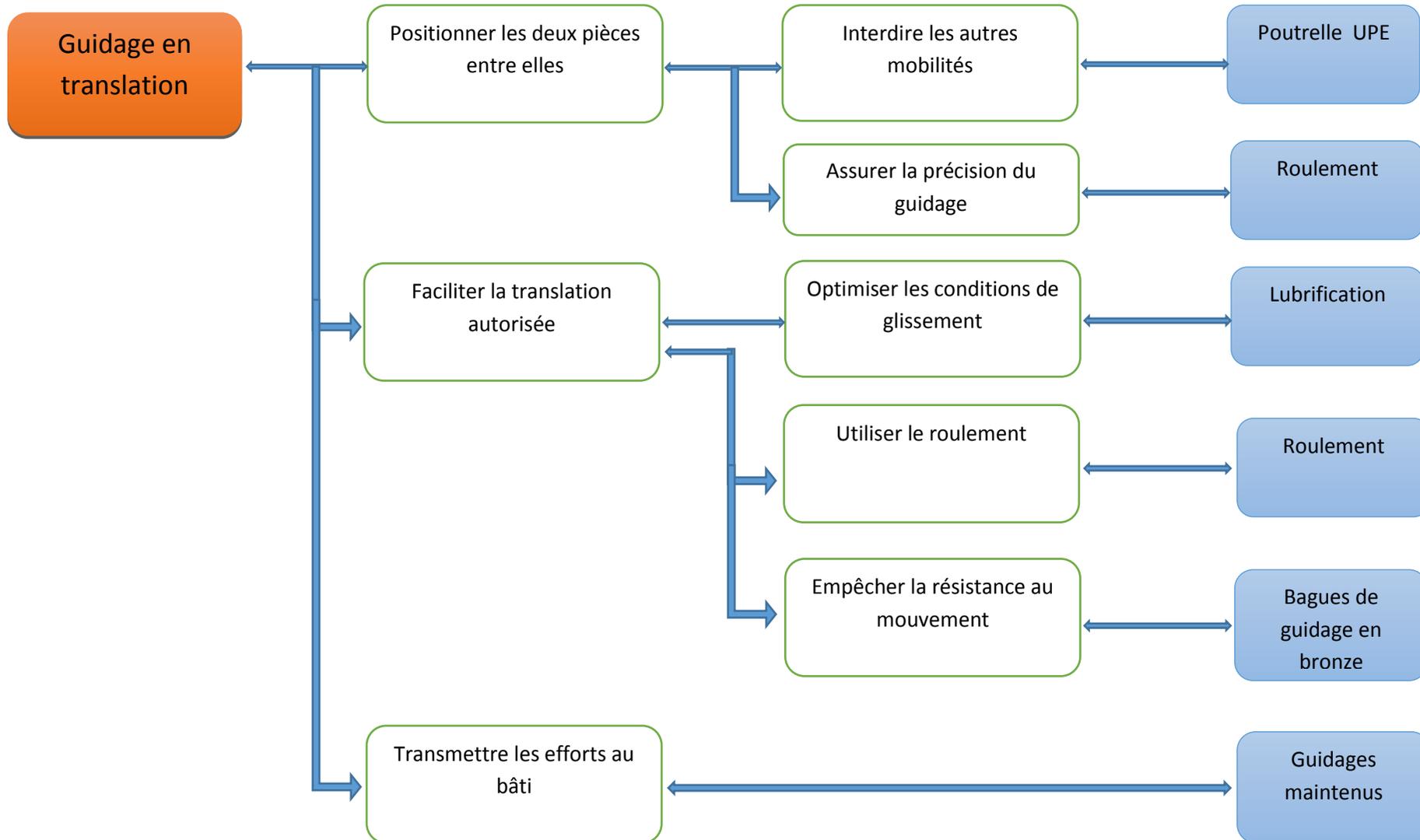


FP1 : guider en translation l'ensemble mobile par rapport au bâti

FC2 : être adapté au milieu extérieur

FC3 : facilité de déplacement

✓ Emergence des concepts :



Annexe X. Flambement de la poutre verticale

1.0 **Montage de la barre**

1.1 Unités de calcul
SI Units (N, mm, kW...)

1.2 Type de montage de la barre
E. Fixe - Extrémité libre

1.3 Coefficient de la longueur effective

1.4 Valeur théorique: 2,00

1.5 Valeur technologique: 2,10

1.6 Valeur utilisée pour le calcul: 2,10

2.0 **Valeurs statiques du profil et valeurs matérielles**

2.1 Profil de la barre: 04...Rectangle B (Calculé)

2.2 Type de profil: Tableau vide

2.3 Dimensions du profil: Non

2.4 Les paramètres d'utilisateur du profil: Non

A	1,4835E+02	[mm ²]
I _x	1,4425E+04	[mm ⁴]
y	12,822	[mm]
r	9,861	[mm]

2.5 Valeurs statiques du profil

2.6 Moment d'inertie quadratique

2.7 Distance maximale de la fibre

2.8 Rayon de giration

A	25,64	[mm]
a	22,57	[mm]
B	25,64	[mm]
b	22,57	[mm]

2.9 Matériel de la barre: Acier de construction EC 3, EN 10025 ;Fe 360 / Sy=235 MPa

E	210000	[MPa]
σ _y	235	[MPa]
SRc (λ _c)	133	
SRcs (λ _{cs})	21	

Valeurs recommandées: 133, 21

3.0 **Calcul et contrôle du bouclage**

3.1 Longueur réelle de la barre: L = 540,00 [mm]

3.2 Force axiale: F = 4540,00 [N]

3.3 Longueur réduite (effective): L_{eff} = 1134,00 [mm]

3.4 Rapport d'amincissement: SR(λ) = 115,00

3.5 Conception des dimensions du profil

3.6 Coefficient de sûreté: SF = 5,00

3.7 Rapport d'excentricité: μ = 0,01

3.8 Euler (bouclage élastique)

3.9 Effort critique: σ_c = 156,72 [MPa]

3.10 Force critique: F_{cr} = 23249 [N]

3.11 Coefficient de sûreté: SF = 5,12

3.12 Formule linéaire, Tetmajer

3.13 Effort critique: σ_c = 133,27 [MPa]

3.14 Force critique: F_{cr} = 19771 [N]

3.15 Coefficient de sûreté: SF = 4,35

3.16 Formule parabolique, Johnson

3.17 Effort critique: σ_c = 146,90 [MPa]

3.18 Force critique: F_{cr} = 21793 [N]

3.19 Coefficient de sûreté: SF = 4,80

3.20 Formule sécante

3.21 Excentricité: e = 0,08 [mm]

3.22 Distance maximale de la fibre: y = 12,82173141 [mm]

3.23 Rapport d'excentricité: μ = 0,01, 0,05

3.24 Effort dans la barre: σ = 31,00111954 [MPa]

3.25 Effort critique: σ_c = 153,0147936 [MPa]

3.26 Force critique: F_{cr} = 22700 [N]

3.27 Coefficient de sûreté: SF = 5,00

3.28 Compression simple

3.29 Effort de compression: σ = 30,60 [MPa]

3.30 Force critique: F_{cr} = 34863 [N]

3.31 Coefficient de sûreté: SF = 7,68

3.32 Calcul de la force maximale

3.33 Coefficient de sûreté	SF	5,00	<input checked="" type="checkbox"/>
3.34 F Max. (Euler)	F _{max}	4650	[N]
3.35 F Max. (Parabolique)	F _{max}	4359	[N]
3.36 F Max. (Sécant)	F _{max}	4540	[N]

Page 92

Annexe XI. Dimensionnement du guidage linéaire

Tant qu'on a une charge de 177,5kg (le poids de la barre mobile divisée en quatre appuie), choisissant une poutre carrée de longueur 3 mètres divisé en trois parties.

On étudie la déformation d'une partie de la poutre de longueur 1m.

Section d'entrée

Forme, dimensions et chargement de la poutre

Unités de calcul
SI Units (N, mm, kW...)

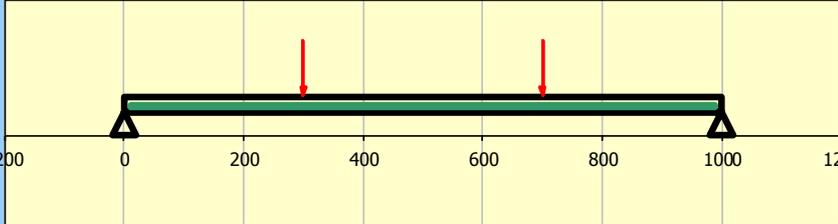
Extrémité gauche de la poutre
A...Extrémité libre

Nombre d'appuis intermédiaires
2

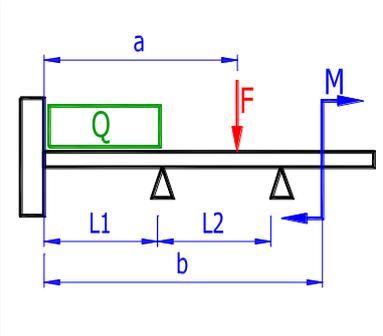
Extrémité droite de la poutre
A...Extrémité libre

Numéro du champ de la poutre

	L1	L2	L3
Longueur de l'élément L	0,0	1000,000	0,0
Charge continue Q	0,000	0,000	0,000
Coordonnées d'origine de l'élément		0,0	1000,0



Chargement de la poutre	a [mm]	F [N]	b [mm]	M [Nm]
Force F1 / Moment M1	300,0	1740,8	0,0	0,0
Force F2 / Moment M2	700,0	1740,8	0,0	0,0
Force F3 / Moment M3	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F4 / Moment M4	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F5 / Moment M5	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F6 / Moment M6	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F7 / Moment M7	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F8 / Moment M8	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F9 / Moment M9	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F10 / Moment M10	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F11 / Moment M11	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F12 / Moment M12	0,0	0,0	0,0	0,0



1,10 Charge du poids de la poutre Oui

1,11 Autre champ d'entrée des charges

Caractéristiques statiques du profil et du matériel de la poutre

Profil de la poutre

Type de profil: 01...Carré A (Calculé)

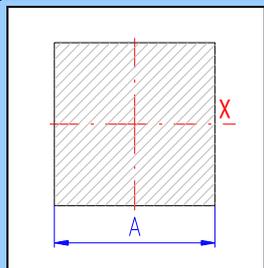
Dimensions du profil: Tableau vide

Paramètres d'utilisateur du profil: Non

Nombre de profils en série: 1

Caractéristiques statiques du profil	Valeur	Unité
A	2500	[mm ²]
Ix	520833,3333	[mm ⁴]
Sx	20833,33333	[mm ³]

A: 50,00 [mm]



Matériel de la poutre

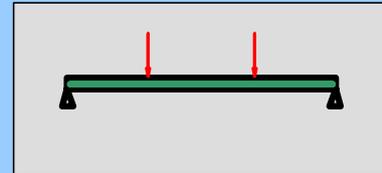
Liste de matériaux: Acier de construction EC 3, EN 10025;Fe 360 (210000)

Propriété	Valeur	Unité
Densité γ	7850,0	[kg/m ³]
Module d'élasticité sous tension E	210000	[MPa]
Tension de flexion permise σ _b	141	[MPa]

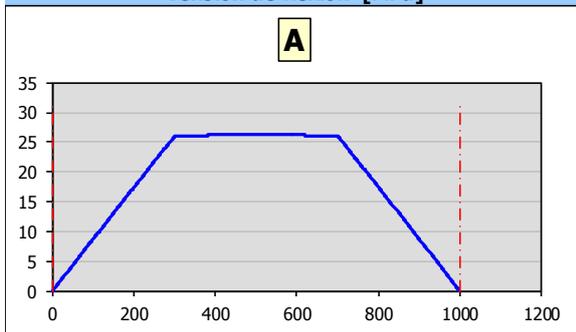
Section de résultats

3.0 Résultats du calcul

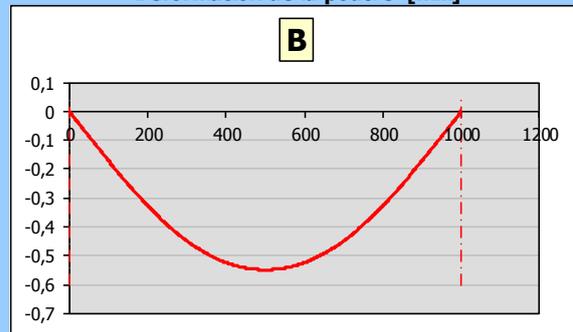
3.1	Nombre de supports de la ga	R1	R2			
3.2	Réaction dans les appuis	1838,89	1838,91			[N]
3.3	Moment de flexion Min./Max.	Mo	0,00	546,76		[Nm]
3.4	Déformation Min. / Max. de la poutre	y	-0,549	0,000		[mm]
3.5	Tension de flexion Min./Max.	σ_b	0	26,2		[MPa]
3.6	Poids de la poutre	m	19,6			[kg]
3.7	Longueur maximale de l'extrémité libre (bo	Lmax	0,0			[mm]
3.8	Déformation relative maximale Max.	y'	0,055			[%]



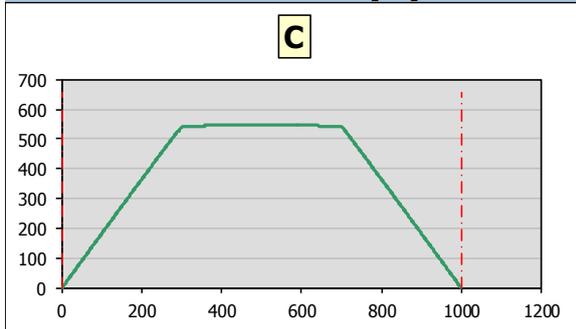
Tension de flexion [MPa]



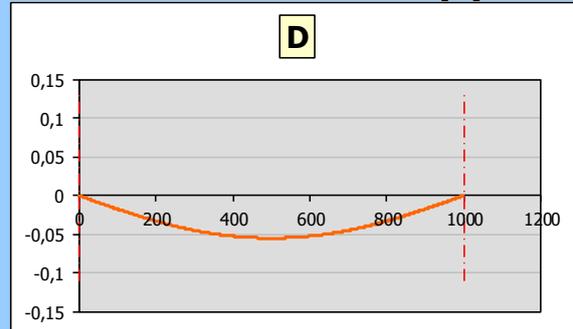
Déformation de la poutre [mm]



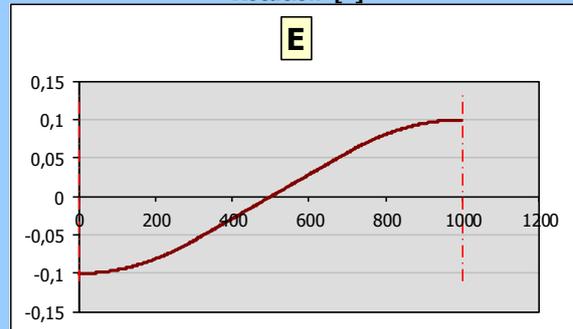
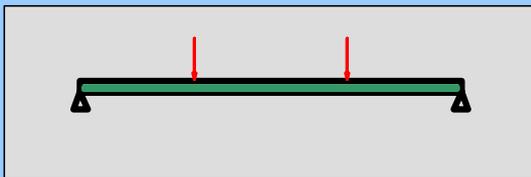
Moment de flexion [Nm]



Déformation relative maximale [%]



Rotation [°]

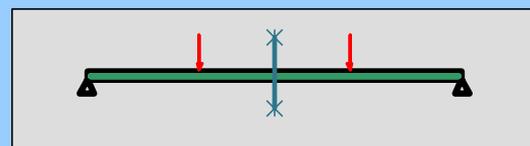


3.9 [mm]
 3.10 Déplacement de la fo 1 X= 300 [mm]

4.0 Résultats détaillés

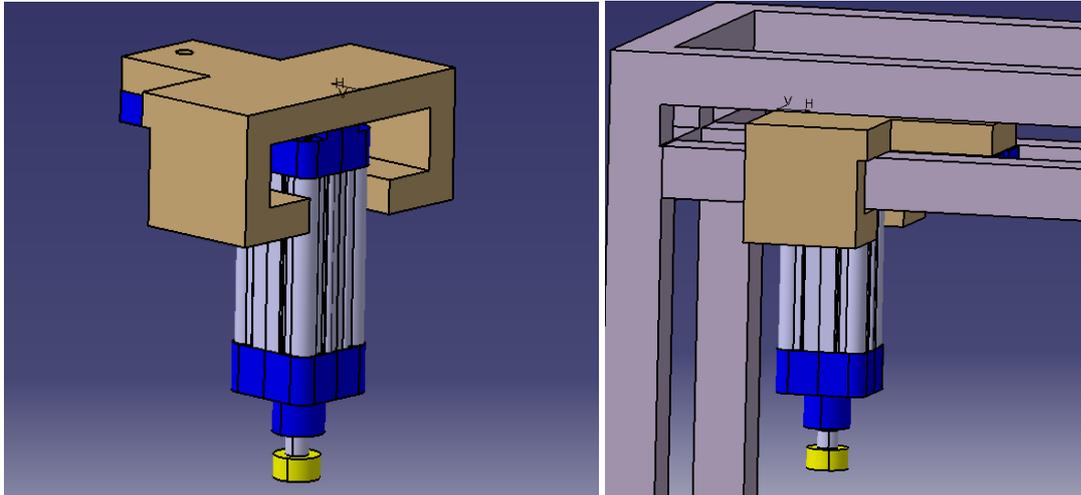
4.1 Paramètres réquis

4.2	Coordonnée X	500	[mm]
4.3	Tension de flexion	26,24	[MPa]
4.4	Déformation de la poutre	-0,55	[mm]
4.5	Déformation relative maxima	-0,055	[%]
4.6	Moment de flexion	546,76	[Nm]
4.7	Rotation	0,000	[°]



Annexe XII. Dimension des supports des vérins :

On a 2 supports glissières qui retiens les vérins et qui leur permettent en même temps de se déplacer horizontalement



Chaque support est de section 80*30 mm (dimension du vérin) et de longueur 200 mm voir figure, vérifiant si ces dimensions sont valables ou non. On utilisant MITCALC

Section d'entrée

1.0 **Forme, dimensions et chargement de la poutre**

1.1 Unités de calcul
SI Units (N, mm, kW...)

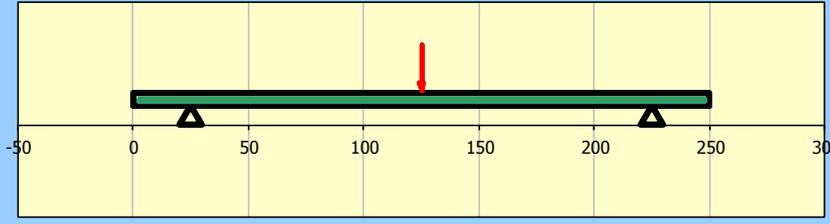
1.2 Extrémité gauche de la poutre
A...Extrémité libre

1.3 Nombre d'appuis intermédiaires
2

1.4 Extrémité droite de la poutre
A...Extrémité libre

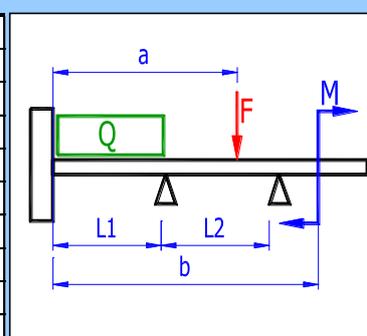
1.5 Numéro du champ de la poutre

	L1	L2	L3	
1.6 Longueur de l'élément L	25,0	200,000	25,0	[mm]
1.7 Charge continue Q	0,000	0,000	0,000	[N/mm]
1.8 Coordonnées d'origine de l'él		25,0	225,0	[mm]



1.9 **Chargement de la poutre**

	a [mm]	F [N]	b [mm]	M [Nm]
Force F1 / Moment M1	125,0	9080,0	0,0	0,0
Force F2 / Moment M2	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F3 / Moment M3	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F4 / Moment M4	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F5 / Moment M5	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F6 / Moment M6	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F7 / Moment M7	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F8 / Moment M8	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F9 / Moment M9	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F10 / Moment M10	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F11 / Moment M11	0,0	0,0	0,0	0,0
Force F12 / Moment M12	0,0	0,0	0,0	0,0



1,10 Charge du poids de la poutre Oui

1,11 Autre champ d'entrée des

2.0 **Caractéristiques statiques du profil et du matériel de la poutre**

2.1 **Profil de la poutre**

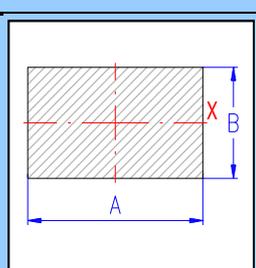
2.2 Type de profil
03...Rectangle A (Calculé)

2.3 Dimensions du profil
Tableau vide

2.4 Paramètres d'utilisateur du profil
Non

2.5 Nombre de profils en série
1

	A	
2.6 Caractéristiques statiques du	2400	[mm ²]
2.7 Moment quadratique à l'axe c	180000	[mm ⁴]
2.8 Module de flexion de la section	12000	[mm ³]



2.9 **Matériel de la poutre**

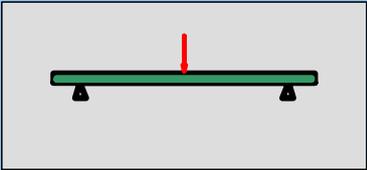
2.10 Liste de matériaux
Acier de construction EC 3, EN 10025;Fe 360 (210000)

2.11 Densité	γ	7850,0	<input checked="" type="checkbox"/>	[kg/m ³]
2.12 Module d'élasticité sous tension	E	210000	<input checked="" type="checkbox"/>	[MPa]
2.13 Tension de flexion permise	σ_b	141	<input checked="" type="checkbox"/>	[MPa]

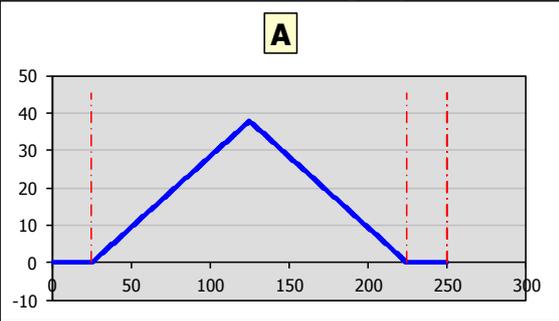
Section de résultats

3.0 Résultats du calcul

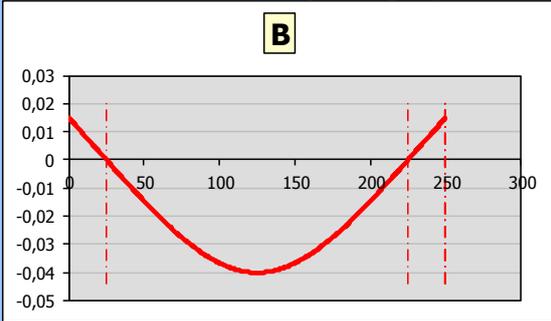
3.1	Nombre de supports de la ga	R1	R2			
3.2	Réaction dans les appuis	4563,55	4563,55			[N]
3.3	Moment de flexion Min./Max.	Mo	-0,06	454,88		[Nm]
3.4	Déformation Min. / Max. de la poutre	y	-0,040	0,015		[mm]
3.5	Tension de flexion Min./Max.	σ_b	0	37,9		[MPa]
3.6	Poids de la poutre	m	4,7			[kg]
3.7	Longueur maximale de l'extrémité libre (bo	Lmax	0,0			[mm]
3.8	Déformation relative maximale Max.	y'	0,060			[%]



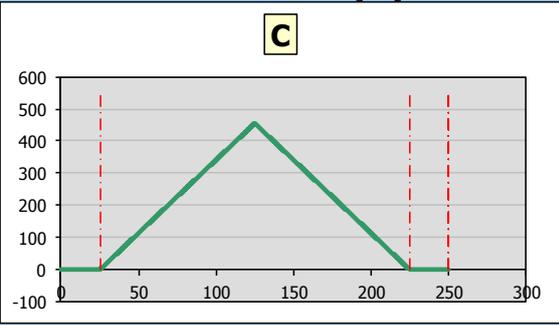
Tension de flexion [MPa]



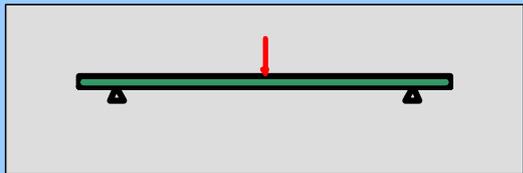
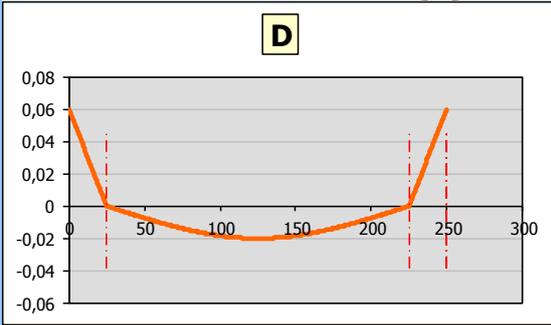
Déformation de la poutre [mm]



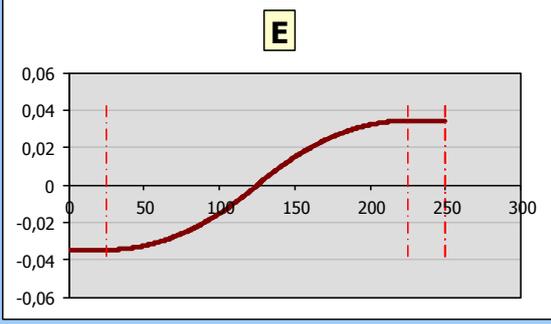
Moment de flexion [Nm]



Déformation relative maximale [%]



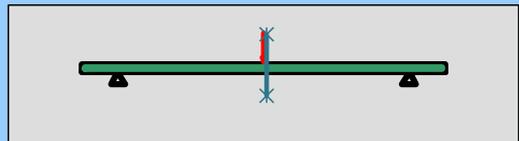
Rotation [°]



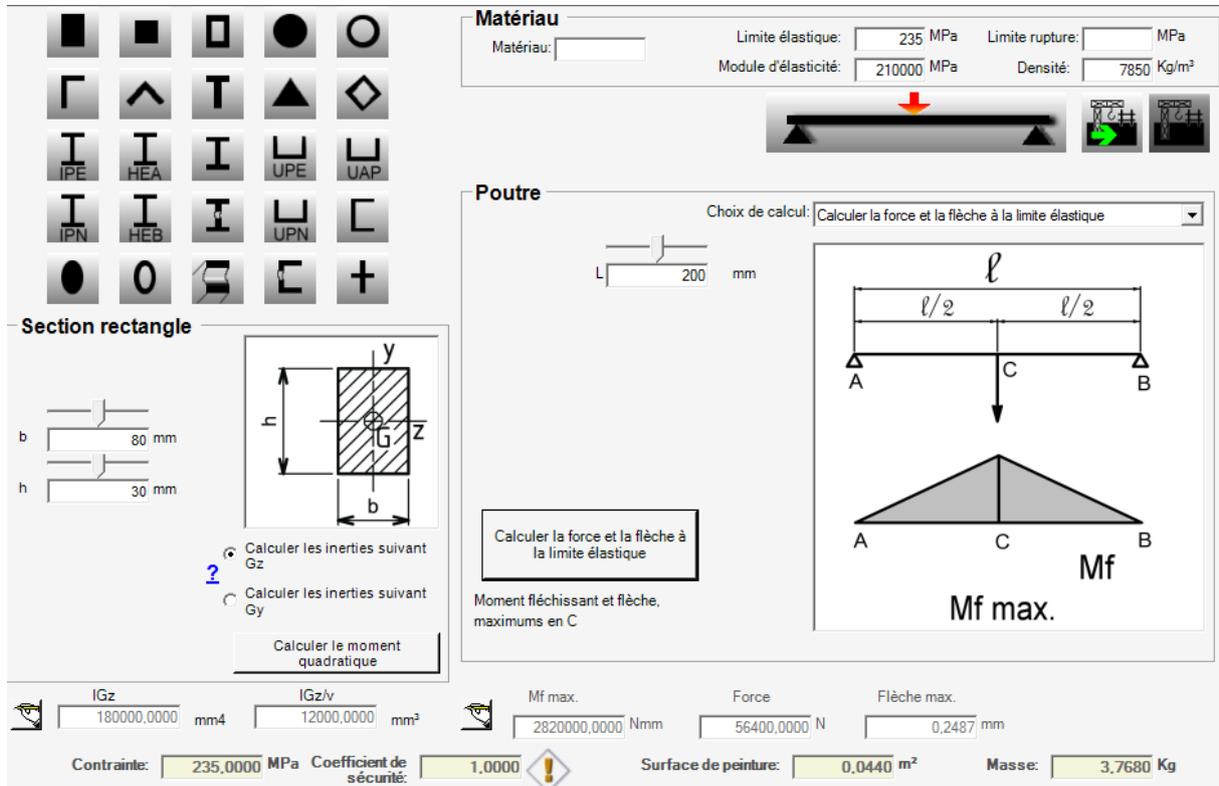
3.9 [mm]

4.0 Résultats détaillés

4.1	Paramètres requis		
4.2	Coordonnée X	127	[mm]
4.3	Tension de flexion	37,15	[MPa]
4.4	Déformation de la poutre	-0,04	[mm]
4.5	Déformation relative maxima	-0,020	[%]
4.6	Moment de flexion	445,80	[Nm]
4.7	Rotation	0,001	[°]



Donc la déformation support est de 0,04 mm pour voir si cette déformation est aussi tolérable ou non on va calculer la limite élastique ou la flèche max tolérable dans ce cas, à l'aide du logiciel INFLEX on a obtenu les résultats suivants :



Matériau

Matériau:

Limite élastique: MPa Limite rupture: MPa

Module d'élasticité: MPa Densité: Kg/m³

Poutre

Choix de calcul:

L: mm

Diagramme de la poutre: A — l/2 — C — l/2 — B. Force appliquée en C. Diagramme des moments: Mf max. en C.

Section rectangulaire

b: mm

h: mm

Calculer les inerties suivant Gz

Calculer les inerties suivant Gy

Calculer le moment quadratique

Résultats:

IGz: mm⁴ IGz/v: mm³

Mf max.: Nmm Force: N Flèche max.: mm

Contrainte: MPa Coefficient de sécurité: 

Surface de peinture: m² Masse: Kg

Donc les dimensions du support sont aussi valables