

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR - ANNABA
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار – عنابة

Faculté : SCIENCES DE L'INGENIORAT
Département : GÉNIE MÉCANIQUE
Domaine : SCIENCES ET TECHNOLOGIE
Filière : GENIE MECANIQUE
Spécialité : CONSTRUCTION MECANIQUE

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème :

**Etude et perspective d'amélioration du système
d'amortissement de chocs "d'une cisaille**

Présenté par : *BAKLI Ilyas*

Encadrant : *CHELLIA Azzeddine*

Université UBMA

Jury de Soutenance :

| | | |
|-------------------|---------------------------|-----------|
| KALLOUCHE A/Kader | Univ-Badji Mokhtar Annaba | Président |
| CHELLIA Azzeddine | Univ-Badji Mokhtar Annaba | Encadrant |
| TOUATI Ramdane | Univ-Badji Mokhtar Annaba | Examineur |

Année Universitaire : 2020/2021

Remerciement

Nous remercions avant tout Dieu le tout puissant de nous avoir donné la foi, la volonté et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Premièrement et avant tout, nous adressons le grand remerciement à notre encadreur Mr : CHELLIA A pour ses conseils et ses directives.

Je tiens à remercier mes parents pour leur soutien permanent, constant et surtout sans aucune faille ; avec la patience et la confiance que vous avez toujours placée en moi, vous m'avez permis d'avancer en toute quiétude.

Mes remerciements vont également à tous mes Professeurs qui ont mis toutes leurs compétences à ma disposition, et tout le personnel technique et administratif de département de génie mécanique.

*Enfin je remercie tous ceux qui ont participés de près ou de loin,
à la réalisation de ce travail.*

Dédicace

Je dédie ce travail aux être les plus chers à moi dans ce monde :

Celle qui ne pense qu'à moi : ma très chère mère ;

Celui qui n'a cessé de m'aider avec son indéfectible soutien ;

Mon cher père ;

Mes frères

A toute ma grande famille

Tous mes amis

A toutes les personnes qui ont contribué de près ou

de Loïn à l'élaboration de ce travail.

Ilyas

Sommaire

| | |
|--|----|
| AVANT PROPOS | 4 |
| Présentation succincte de l'entreprise | 5 |
| Introduction..... | 5 |
| Présentation de l'entreprise..... | 5 |
| Situation est surface de complexe | 5 |
| Organigramme de l'entreprise: | 6 |
| Chapitre 1 | 6 |
| Généralités sur le découpage des tôles | 6 |
| Introduction..... | 6 |
| Procédés de découpage | 6 |
| Chapitre 2 | 12 |
| Etude descriptive sur la cisaille | 13 |
| I.2.1 Définition | 13 |
| I.2.2 Fonctionnement de la guillotine | 15 |
| I.2.2.a. Etapes de fonctionnement..... | 15 |
| I.2.3 Propriétés mécanique des tôles TN40[4] | 17 |
| Chapitre 3 | 18 |
| 3.1 Position du problème | 19 |
| 3.1 Nomenclature des organes..... | 20 |
| 3.2 Fonctionnement de la cisaille | 21 |
| 3.3 Etude technique du fonctionnement | 21 |
| 3.3.1 Volant d'Inertie | 21 |
| 3.3.2 Efforts mis en jeu au niveau du système de la cisaille : | 25 |
| 3.3.3 Etude cinématique : | 25 |
| Chapitre 4 | 30 |
| Détermination des contraintes | 31 |
| Remarque Importante : | 31 |
| Elément de chape | 32 |
| Section de travail :..... | 32 |
| 4.2 calcul de la contrainte pour les boulons | 37 |
| 4.3 Calcul de la contrainte pour les Tiges des vérins | 37 |
| 4.4 Axe support vérin..... | 37 |
| 4.5 Récapitulatif des résultats obtenus | 39 |
| 4.6 Taux de travail admissible pour les divers éléments..... | 41 |
| 4.6.1- Situation d'origine | 42 |
| 4.6.2- Situation courante | 43 |
| 4.7 <u>SOLUTION PROPOSÉE</u> | 50 |
| <u>CONCLUSION</u> | 53 |
| <u>BIBLIOGRAPHIE</u> | 54 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| <u>Figure 1 vue général du complexe El-Hadjar.</u> | 5 |
| <u>Figure 2 organigramme de l'AMM.</u> | 6 |
| <u>Figure 3 Découpage zonal des AMM.</u> | 5 |
| <u>Figure 4 Machine à électroérosion au fil.</u> | 6 |
| <u>Figure 5 Presse à billes.</u> | 7 |
| <u>Figure 6 Machine de découpe de tôles au plasma a l'oxycoupage type KF 2614.</u> | 9 |
| <u>Figure 7 Machine de découpe jet d'eau à commande numérique MECAJET II.</u> | 10 |
| <u>Figure 8 Equipement laser industriel 1000W Machine de découpe laser.</u> | 11 |
| <u>Figure 9 Cisaille guillotine pour toles TN40 (société SES)</u> | 11 |
| <u>Figure 10 Mécanisme de découpage des tôles.</u> | 12 |
| <u>Figure 11 Aspect de coupe.</u> | 12 |
| <u>Figure 12 Angle de tranchant de la lame.</u> | 13 |
| <u>Figure 13 Angle d'attaque de lame. [3]</u> | 13 |
| <u>Figure 14 Table de profilage.</u> | 14 |
| <u>Figure 15 1ère étape de fonctionnement .</u> | 14 |
| <u>Figure 16 Profilage de tôle.</u> | 14 |
| <u>Figure 17 Commande numérique.</u> | 15 |
| <u>Figure 18 Emplacement du moteur électrique.</u> | 15 |
| <u>Figure 19 Tôle TN40.</u> | 16 |
| <u>Figure 20 La cisaille et ses organes</u> | 18 |
| <u>Figure 21 Vérin d'amortissement.</u> | 22 |
| <u>Figure 22 Force d'inertie F0.</u> | 25 |
| <u>Figure 23 Représentation graphique (espace-vitesse-accélération).</u> | 27 |
| <u>Figure 24 Représentation de Fi, Fy et R.</u> | 28 |
| <u>Figure 25 Elément de chape.</u> | 31 |
| <u>Figure 26 Représentation l'ensemble chape.</u> | 32 |
| <u>Figure 27 Fig2-3 représentation les détails de la soudure.</u> | 32 |
| <u>Figure 28 Fig4 va nous permettre de déterminer le moment de flexion.</u> | 32 |
| <u>Figure 29 Représentation de la chape.</u> | 35 |
| <u>Figure 30 Axe support vérin.</u> | 37 |
| <u>Figure 31 l'effort tranchant T et du moment fléchissant M_f.</u> | 37 |
| <u>Figure 32 Axes effort vérin.</u> | 50 |
| <u>Figure 33 Tige de vérin.</u> | 50 |
| <u>Figure 34 Tige de vérin.</u> | 51 |
| <u>Figure 35 Elément de chape.</u> | 51 |

Liste des tableaux

| | |
|--|-----------|
| Tableau 1 Procédés utilisés pour chaque série..... | 11 |
| Tableau 2 Limite élastique TN40..... | 16 |
| Tableau 3 Caractéristiques du moteur..... | 20 |
| Tableau 4 Regroupant les moments d'inertie par élément..... | 34 |
| Tableau 5 Récapitulatif des résultats obtenus..... | 39 |

AVANT PROPOS

Les nouvelles conceptions des machines sont des moyens de production qui utilisent les forces de la nature pour le bien de la société, rendent plus facile le travail de l'homme et augmentent sa productivité. Le niveau de construction des machines et leur perfectionnement technique sont une caractéristique significative de l'essor industriel d'un pays.

La construction des éléments des machines est liée dans son évolution générale à celle des machines elles-mêmes et ne cesse de s'améliorer en fonction des impératifs toujours nouveaux imposés par les conditions de service et de fabrication.

L'étude développée dans ce mémoire est la contribution dans le but d'étudier un problème technique, affectant un équipement présentant des défaillances.

Cette étude est fortement liée :

- A la mécanique théorique qui intervient dans la détermination de la cinématique des pièces
- A la théorie de la résistance des matériaux qui permet de calculer la résistance, la rigidité et l'endurance des éléments de machines
- A la métallurgie physique qui fournit des renseignements susceptibles de guider le choix judicieux des matériaux.

Le problème que nous allons tenter de cerner à travers les points précités, se situe sur un équipement situé dans la ligne de fabrication de la TN40.

Ce mémoire est partagé en quatre chapitres :

Chapitre 1 : Etude bibliographique : Généralités sur le découpage.

Chapitre 2 : Etude descriptive sur la cisaille.

Chapitre 3 : Présentation de la cisaille et position du problème.

Chapitre 4 : Détermination des contraintes et solution proposée.

I. Présentation succincte de l'entreprise

Introduction

Dans cette partie nous allons présenter l'historique du complexe d'El-Hadjar (Sider) et en l'occurrence les AMM

Présentation de l'entreprise

Le complexe d'El-Hadjar représente un facteur économique pour le pays par la diversité de ses unités et ses installations de transformation du minerai de fer. L'entreprise nationale de sidérurgie a été créée en 1964 pour servir l'économie du pays et répondre aux besoins du marché en matière de produits métalliques. La sidérurgie reste la base du développement industriel d'un pays. Elle s'occupe de transformation de matière première et du passage de la fonte vers l'acier. Le complexe sidérurgique principal centre d'activités sidérurgiques en Algérie est responsable de l'ensemble des opérations nécessaires à l'exploitation des ateliers et des installations existantes qui le constituent ; Il s'agit de la production de la fonte et de l'acier sous forme de tôles et de pipes.

❖ Situation est surface de complexe

Le complexe sidérurgique est situé à 12km au sud de la ville d'Annaba et occupe une Surface superficielle de 800 ha, répartie comme suite : Surface couverte (atelier = 300 ha), Surface de stockage = 300 ha, Surface de service = 200 ha

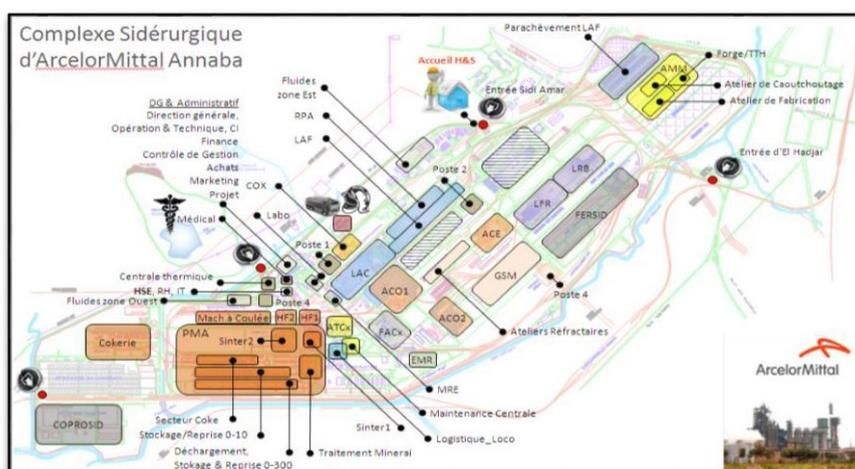


Figure.III.1 : Vue général du complexe El-Hadjar.

Dans le souci de répondre aux besoins accrus en pièce de rechange, l'entreprisenationale de sidérurgie s'est dotée en 1993 de nouvelles capacités de production, les ateliers maghrébins de mécanique (A.M.M) constituant une filiale de SIDER.

Les A.M.M ont pour vocation principal de répondre aux besoins de l'industrie sidérurgique et mécanique aussi bien en : pièces de rechanges consommables, ensembles mécaniques neufs, mais aussi rénovation et réparations.

Leurs capacités tant matérielles qu'humaines, les mettent en position de satisfaire les besoins aussi bien sur le marché local qu'à l'export, la pétrochimie, les industries de transformation et autres.

Les ateliers maghrébins de mécanique (A.M.M) sont situés dans l'enceinte du complexe sidérurgique IMITAL SIDER. Ils sont reliés au réseau routier, ferroviaire national et maghrébin ainsi qu'au port commercial d'ANNABA.

Leurs ateliers s'étalent sur un terrain d'une superficie de 36 hectares et se composent d'un ensemble d'ateliers et de bâtiments auxiliaires :

- Un atelier mécanique ou usinage de $16128m^2$
- Un atelier de forge de $5256 m^2$
- Un parc à fer central de $2160 m^2$
- Un atelier de caoutchoutage $3200 m^2$
- Des bâtiments auxiliaires (Bâtiment Administratif, Techno Commercial, etc....)

❖ **Organigramme de l'entreprise :**

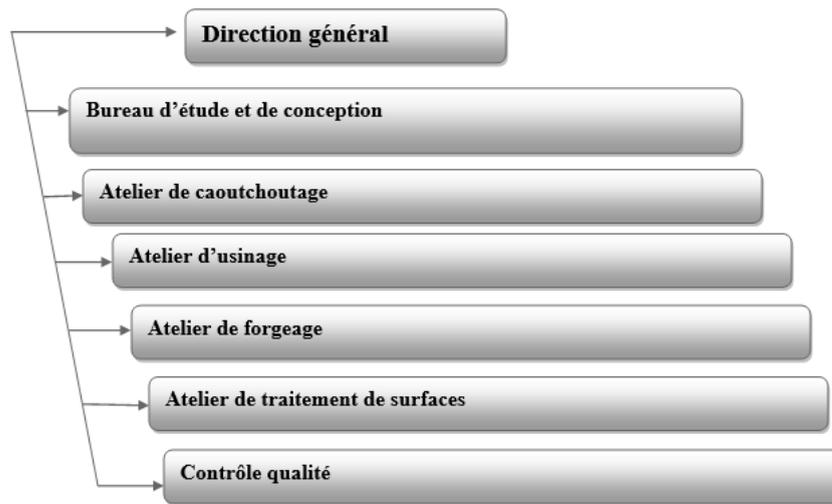


Figure.III.2 : Organigramme de l'AMM.

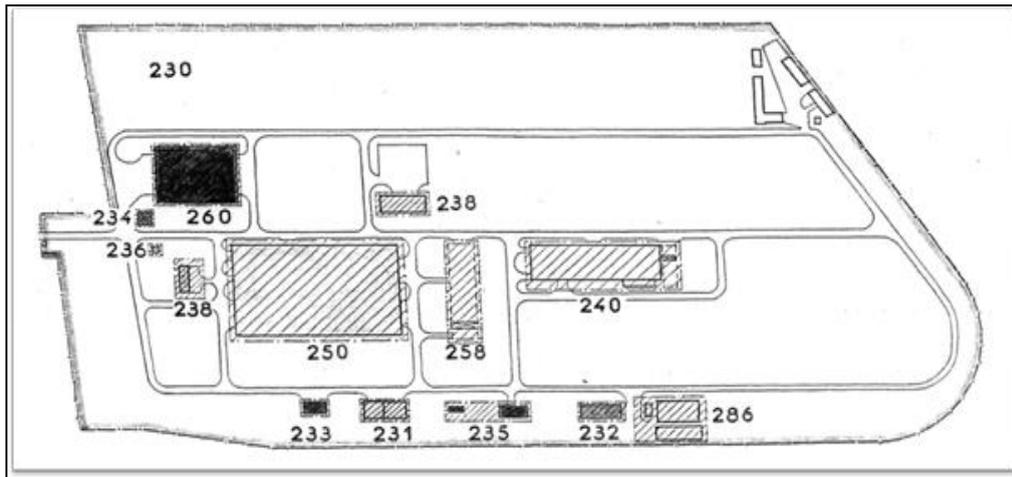


Figure.III.3 : Découpage zonal des AMM.

230 - AMM-service communs.

231- Sous-traitance de distribution électrique.

232 - Station des compresseurs

234 - Station de pompage du condensat.

233 - Chaufferie.

36 - Station de pompage des eaux usées.

238 - Services administratifs.

240 - AMM-Forage.

250 - AMM-Usinage.

258 - AMM- parc à fer central.

286 - Magasins centraux

260 - AMM-Caoutchoutage.

Chapitre I

Généralités sur le découpage des tôles

Généralités sur le découpage des tôles

Introduction

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.

I. 1. Procédés de découpage

Selon l'importance des séries de pièces à réaliser, plusieurs procédés peuvent être utilisés:

I. 1.a. Petites séries

- L'électroérosion au fil

Cette technique est utilisée en général pour réaliser les ajourages dans la bande au cours de la mise au point de l'outil de presse. Elle permet de se passer, à cette étape de développement de l'outil où seuls les postes de formage sont testés, de la réalisation des postes de découpage de la bande. C'est un procédé thermique.



Figure I.1. Machine à électroérosion au fil

I. 1.b. Moyennes et grandes séries

- **Le découpage à la presse**

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...). Ce procédé est également utilisé dans les secteurs de la quincaillerie (rondelles, mécanismes de portes et fenêtres...), de l'électroménager (tambours de machines à laver, capotages...), du bâtiment (caillebotis, pièces d'échafaudage...), des composants électriques et électroniques (boîtiers d'autoradios, connexions, supports de circuits imprimés...).

La plupart du temps, le découpage accompagne une opération de formage comme l'emboutissage ou le pliage. Dans certains cas, c'est la seule ou la principale opération réalisée (cas des rondelles ou des pièces plates de connectique)



Figure I.2. Presse à billes

I. 1.c. Petites et moyennes séries

L'oxycoupage, les **découpages plasma traditionnel ou à jet fin, laser ou au jet d'eau abrasif** sont des techniques dites « de tôlerie ». Elles sont utilisées pour débiter les tôles et, pour les trois dernières techniques, afin de réaliser des découpages de précision. L'oxycoupage, les découpages plasma et laser sont des **procédés thermiques**. Le découpage au jet d'eau abrasif est un **procédé abrasif**. [1]

❖ La découpe de métaux par plasma

Le découpage par plasma est une forme d'éclair domestiqué. Dans la nature, la gaine de l'éclair se déplace très rapidement sur une grande distance, cet arc électrique naturel ionise l'air qu'il traverse et libère jusqu'à 40 000 C et plus dans la gaine immédiate de l'éclair. Le principe de la découpe au plasma est semblable, où l'arc électrique géant de l'éclair se déplaçant sur de grandes distances, des kilomètres parfois, est cette fois fixe, de très petite taille (quelques millimètres) et ce sont les gaz qu'on y frotte qui se déplacent à une vitesse proche du son.

Apparenté au soudage TIG (un arc électrique jaillit entre une électrode réfractaire et la pièce) par l'aspect de la torche, le découpage plasma diffère par les mélanges gazeux utilisés. Le jet de plasma est généré par l'arc électrique qui s'établit entre une électrode intérieure à la torche de coupage et la pièce. Le mélange gazeux ionisé à la sortie de la tuyère forme le plasma. Le pouvoir calorifique du jet (température d'environ 18000 °C) provoque une fusion quasi instantanée du métal qui se propage dans toute l'épaisseur de la pièce.

Le découpage plasma est surtout utilisé par les entreprises du secteur de la métallerie selon la dénomination française, au Canada se sont les ateliers de charpente métallique et de métaux ouvrés. Il permet la découpe de tôles en métal sur des épaisseurs de 0 à 160 mm avec une précision de plus ou moins 0,2 mm.

Sur une machine de découpe plasma, la température extrêmement élevée fait fondre instantanément le métal tandis que le gaz sous pression chasse au fur et à mesure les gouttelettes de métal en fusion. L'usage de la torche de découpage au plasma doit se faire impérativement dans des locaux spécialement ventilés ou en plein air à cause du dégagement de gaz toxiques générés par les très hautes températures de travail. Certaines coupes au plasma comprennent un apport d'eau sous forme d'un jet calibré qui, jaillissant de la torche plasma, permet de refroidir le métal sitôt après sa découpe plasma, évitant également le dégagement de ces gaz toxiques.



Figure I.3. Machine de découpe de tôles au plasma à l'oxycoupage type KF 2614

❖ Découpage par jet d'eau

Le découpage par jet d'eau, ou plus exactement le fluide, peut contenir des additifs, notamment pour faciliter la coupe du matériau. La découpe au jet d'eau additionnée d'abrasif (type grenat), permet la découpe de métaux, pierres, marbres, verre dans des épaisseurs allant jusqu'à 600 millimètres.

On distingue deux techniques de découpage :

- La découpe à l'eau pure (tous les matériaux se coupant au cutter) ; buse de coupe de 0,08 mm à 0,30 mm (sertie d'un saphir industriel) ;
- La découpe à l'eau chargée d'abrasif (tout matériaux) ; l'eau passe par la buse, on y adjoint le sable, l'eau et le sable passent par le canon de focalisation qui assure une cylindricité du mélange ; buse de coupe de 0,20 mm à 0,40 mm (sertie d'un saphir ou d'un diamant industriel). Canon de focalisation de 0,50 mm à 1,2 mm.

Le diamètre du jet d'eau est généralement de l'ordre de 1 mm. Ce paramètre est une contrainte lors de la découpe de formes internes anguleuses qui présenteront un rayon d'environ 0,5 mm.

Les matériaux découpés sont souvent des plaques ou tôles. Celles-ci sont généralement posées sur un support composé de lames qui finissent par être découpées par le jet d'eau. Il est donc nécessaire de les remplacer régulièrement pour assurer un bon positionnement du matériau à découper.

Un seul matériau ne peut être découpé au jet d'eau : le verre trempé, qui casse dès les premiers millimètres de découpe à cause des trop fortes contraintes présentes dans le matériau.

L'eau sous très haute pression (jusqu'à 6150 bars) sort de la buse de découpe :

- ❖ À une vitesse de 900 m/s à 4135 bars (environ 3 fois la vitesse du son)
- ❖ À une vitesse de 1 200 m/s à 6150 bars (environ 4 fois la vitesse du son)

Les machines de dernières générations intègrent une tête montée sur deux axes et un algorithme permettant de compenser le seul point faible du jet d'eau : la dépouille. Cette technique est très bonne en ligne droite car elle permet d'obtenir une vitesse de coupe supérieure mais montre des points faibles lors des changements de direction : de forts ralentissements.



Figure I.4. Machine de découpe jet d'eau à commande numérique MECAJET II

❖ La découpe laser

La découpe laser est assurée par 2 machines avec des sources (1 laser fibré et 1 laser pulsé) lesquelles peuvent être découpé des tôles de 0.05 mm à 1.5 mm d'épaisseur. La surface de la table de travail est de 400 x 400 mm pour la première machine et de 260 x 970 mm pour la seconde.

La découpe laser permet de fabriquer des prototypes, des petites et moyennes séries sans investir des moyens importants dans la fabrication d'outils, les modifications sont réalisées très rapidement. La découpe laser permet également de réaliser des ressorts de formes très complexes.

La Manufacture dispose d'un stock de tôle de 0.1mm à 1.5 mm, en inox ressort 1.4310, acier à ressort trempé bleu 1.1248, acier à tremper 1.1231 ainsi que Cube2, laiton et bronze. D'autre matière comme le titane, l'aluminium, peuvent également être découpés et fournis sur demande.

[2]



Figure I.5. Equipement laser industriel 1000W Machine de découpe laser

| Types de série | Procédés de découpage |
|---------------------------|--|
| Petites séries | L'électroérosion au fil |
| Moyenne et grandes série | Découpage à la presse |
| Petites et moyennes série | Découpage plasma/Laser/Découpe par jet d'eau |

Tableau I.1 Procédés utilisés pour chaque série

Le problème que nous allons tenter de cerner à travers les points précités, se situe sur un équipement situé dans la ligne de fabrication de la TN40. C'est une **Cisaille pour tôles TN-40**.



Figure I.6. Cisaille guillotine pour tôles tn-40 (société SES)

Chapitre II

Etude descriptive sur la cisaille

II. 2. Etude descriptive sur la cisaille

II .2.1. Définition

La cisaille guillotine est la machine-outil privilégiée par les métiers de la métallerie, la chaudronnerie métallique pour la découpe de tôle de forte épaisseur sur de grandes dimensions.

II .2.2. a. But de la cisaille : c'est une opération manuelle ou mécanique qui consiste à séparer le métal par glissement à l'aide de 2 lames tranchantes.

II .2.3. b. Principe : 2 lames en acier dur avec des angles et un jeu bien défini, coulisent dans un même plan.

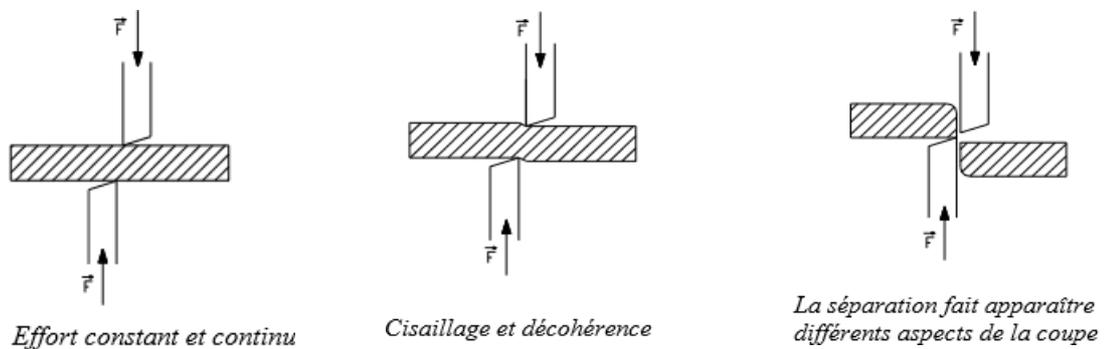


Figure I.7. Mécanisme de découpage des tôles

II. 2.3. c. Aspect d'une coupe

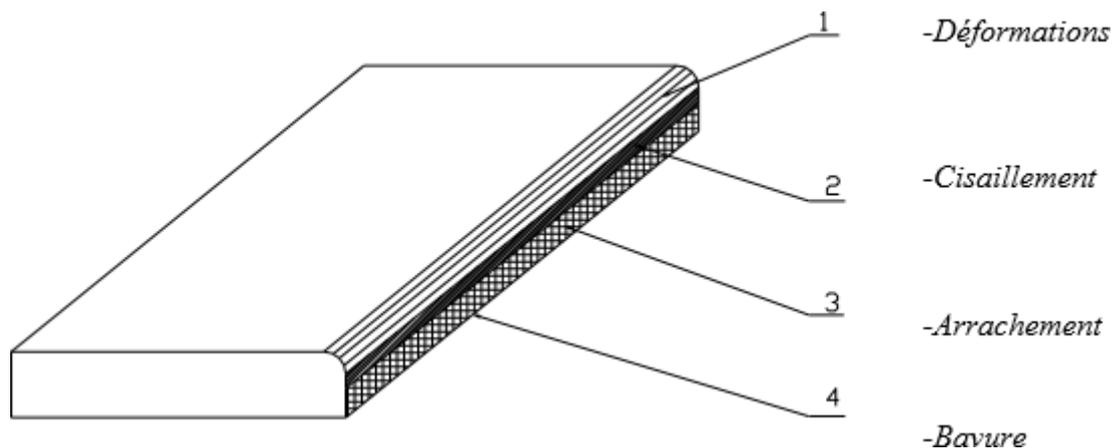


Figure I.8. Aspect de coupe

II. 2.3. d. Les lames : elles sont en acier dur au chrome de type (X 200 cr 13) elles ont des angles bien définis.

II. 2.3. e. Leurs angles

▪ **L'angle de tranchant**

Il varie entre 80° à 90° suivant les types de cisaille.

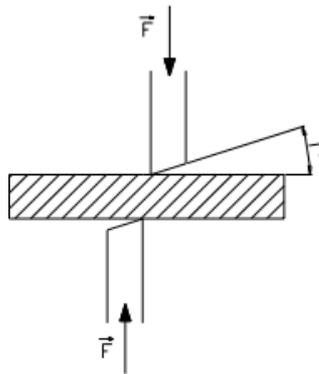


Figure I.9. Angle de tranchant de la lame

▪ **L'angle d'attaque**

Il varie de 3° à 20° suivant les cisailles de 3° à 6° pour les cisailles guillottes.

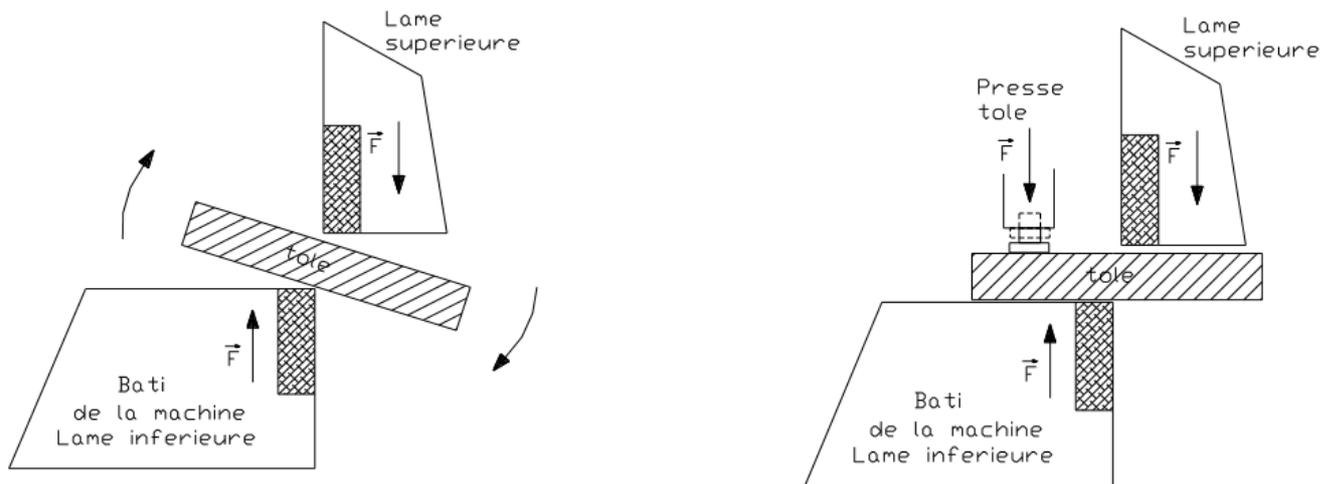


Figure I.10. Angle d'attaque de la lame [3]

II. 2. 2. Fonctionnement de la guillotine

Les tôles destinées au profilage sont enroulées sur une bobine qui est elle-même entraînée en rotation par un moteur.

Un capteur se trouve entre la bobine et la table de profilage dans le rôle est d'arrêter le moteur en cas d'épuisement de la bobine en tôle.

La découpe des tôles profilé se fait à l'aide d'une guillotine fonctionnant en monte et décente de la lame par un système hydraulique ; la longueur de coupe se fait par commande numérique à l'aide d'un moteur électrique.

II.2.2.a. Etapes de fonctionnement



Figure I.11. 1^{ère} étape de fonctionnement

1/moteur

2/porte bobine

3/capteur



Figure I.12. Table de profilage



Figure I.13. Profilage de tôle

- 1/ cisaille guillotine
- 2/ moteur électrique



Figure I.14. Emplacement du moteur électrique



Figure I.15. Commande numérique

II.2.3 Propriétés mécanique des tôles tn40 [4]

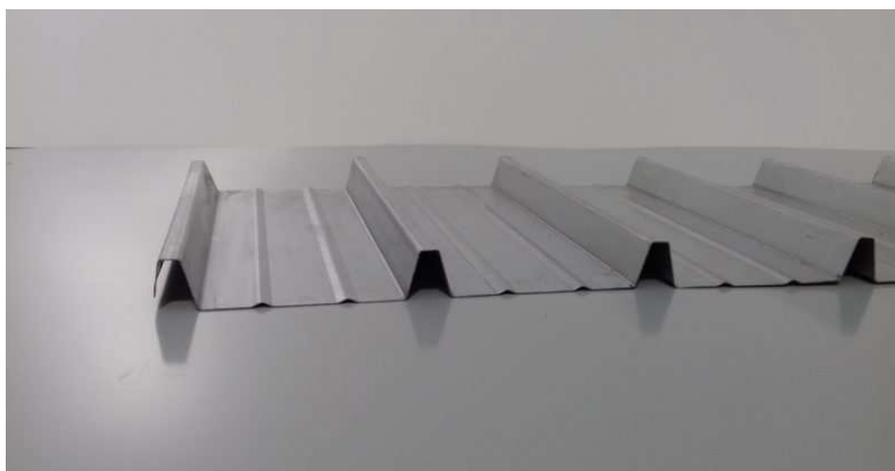


Figure .16. : Tôle tn40

Les tôles TN40 est un produit qui peut être utilisé dans des bâtiments à usage résidentiel, touristique, commercial ou industriel. Le profil TN40 est utilisé aussi bien pour la toiture que le bardage.

Définitions / normes

Identification de l'acier : Nuance S250, S280, S320

-acier galvanisé en continu Z275 NF P34310 et NF EN 10147

-acier galvanisé prélaqué en continu NF P34301

-caractéristique dimensionnelles NF P34401

-informations technique établies conformes à la norme NF P34-205 et ou DTU40-35

| Limite d'élasticité (') MPa | REVÊTUS | | | | | | |
|--------------------------------|--|--------------------|----------|-----------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|
| | Métalliques | Patinables | | Zinc (+Z) Zinc-Fer (+ZF) | Aluminium-Silicium (+AS) | Zinc-Aluminium (+ZA) | Aluminium-Zinc (+AZ) |
| | EN 10025-2 | EN 10025-5 | | EN 10326 | EN 10326 | EN 10326 | EN 10326 |
| 180 | | | HC180... | | | | |
| 185 | S185 | | | | | | |
| 200 | | | HC200... | | | | |
| 220 | | | HC220... | S220GD+Z S220GD+ZF | | S220GD+ZA | S220GD+AZ |
| 235 | S235JR S235J0 S235J2+N S235J2 | S235J0W S235J2W | | | | | |
| 250 | | | | S250GD+Z S250GD+ZF | S250GD+AS | S250GD+ZA | S250GD+AZ |
| 260 | | | HC260... | | | | |
| 275 | S275JR S275J0 S275J2+N S275J2 | | | | | | |
| 280 | | | | S280GD+Z S280GD+ZF | S280GD+AS | S280GD+ZA | S280GD+AZ |
| 320 | | | | S320GD+Z S320GD+ZF | S320GD+AS | S320GD+ZA | S320GD+AZ |

Tableau.I.2. Limite élastique de tôle tn40

Chapitre III

Présentation de la cisaille

&

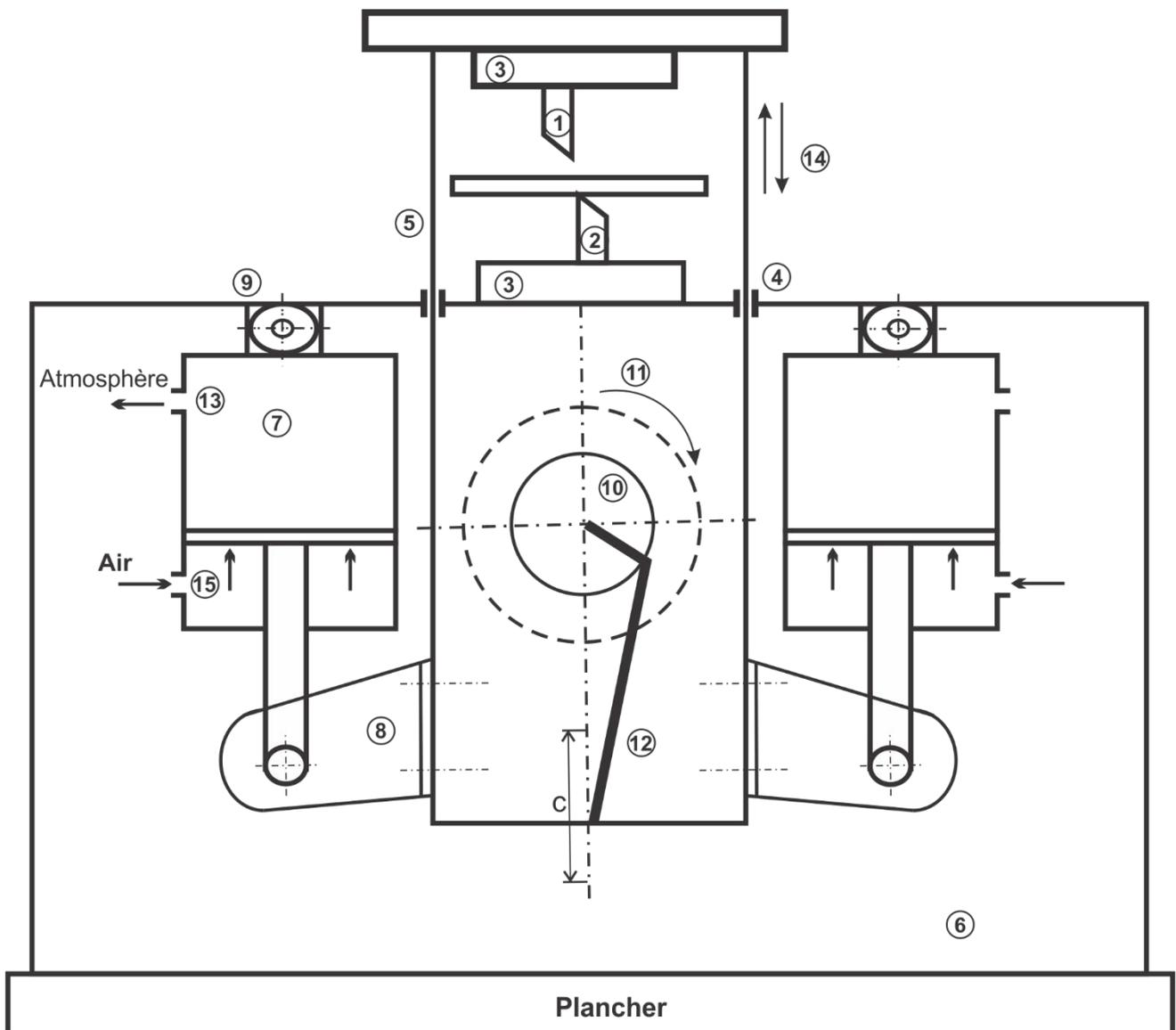
Position du problème

III. Position du problème :

Défaillances du système d'amortissement de chocs

1. Rupture des éléments des chapes inférieures
2. Cisaillement des boulons de fixation de la chape
3. Cassure de la soudure
4. Cisaillement de l'axe support vérin
5. Rupture de la tige de vérin

LA CISAILLE ET SES ORGANES



III. 1. NOMENCLATURE DES ORGANES

C : course de la lame supérieure.

- ① lame supérieure mobile.
- ② lame inférieure fixe.
- ③ Matrice porte cisaille
- ④ Guide montants (quatre)
- ⑤ Montant (quatre)
- ⑥ Bâti fixe ancré au sol
- ⑦ Vérins d'amortissement de chocs, simple effet (quatre)
- ⑧ Chapes inférieures des vérins
- ⑨ Chapes supérieures
- ⑩ Arbre excentrique
- ⑪ Volant d'inertie
- ⑫ Bielle
- ⑬ Orifice de mise à l'atmosphère
- ⑭ Les flèches indiquent le sens d'évolution du système
- ⑮ Entrée d'air de service (pression 3,5 bars)

La cisaille est sans aucun doute, l'organe le plus sensible de la ligne de fabrication de la tôle TN40.

Son système de fonctionnement est régi par deux mouvements bien distincts :

- L'un caractérisé par la translation horizontale en « aller-retour » de la matrice porte cisaille.
- L'autre, celui qui constitue l'objet de nos préoccupations, caractérisé par la translation verticale de la lame supérieure de la cisaille « **descente- coupe -montée** ».

Nous verrons que ce dernier mouvement s'accapare la majorité des temps d'arrêt impartis à la structure entretien.

III.2 FONCTIONNEMENT DE LA CISAILLE :

A la mise en service de la ligne, un volant d'inertie se met à tourner. Il est entraîné par courroie par un moteur électrique.

Dès que le signal de coupe est automatiquement transmis, deux actions simultanées se produisent :

- L'une libérant le système de freinage de la masse mobile.
- L'autre accouplant le volant d'inertie à l'excentrique (par système d'embrayage pneumatique) qui sous l'action de la rotation fait subir à la masse un cycle complet :

« Descente —Coupe- Montée »

Afin de déterminer les causes du problème précédemment cité, il est indispensable de définir l'importance de chacun des organes de la cisaille volante.

III.3 Etude technique du fonctionnement :

III.3.1 Volant d'Inertie

Le volant d'inertie est une roue de masse importante que l'on fixe généralement sur l'arbre d'un moteur pour en régulariser la vitesse de rotation.

Dans notre cas, le volant d'inertie constitue l'élément essentiel de la cisaille, puisqu'il fournit un considérable au système lors du cycle « descente-coupe de la tôle-montée »

Caractéristiques :

| Moteur d'entraînement | volant d'inertie |
|-----------------------|------------------|
| | Masse :2390kg |
| N1= 970tr/min | N2=?&& |
| D1 =245mm | D2=1290mm |

- **Calcul de la vitesse de rotation du volant :**

$$N_2 \cdot D_2 = N_1 \cdot D_1 \Rightarrow N_2 = N_1 \cdot D_1 / D_2 = 170 \cdot 245 / 1290 = 184,22 \text{ tr/min}$$

- **Vitesse angulaire du volant :**

$$\omega_n = \frac{\pi N_2}{30} = \frac{\pi \cdot 184,22}{30} = 19,19 \text{ rd/s}$$

$$\omega_n = 19,19 \text{ rd/s}$$

- **Énergie cinétique du volant tournant seul**

Quand le volant est accouplé au système on aura :

Descente (1/2 tour)

a) **Travail de la masse mobile :**

$$\left. \begin{array}{l} \text{masse} \approx 800 \text{ kg} \\ \text{course} = e = 75 \text{ mm} \\ g = 9,81 \text{ m/s}^2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} W_m = m g e \\ W_m = 8000 \cdot 9,81 \cdot 75 \cdot 10^{-3} = 5886 \text{ J} \end{array}$$

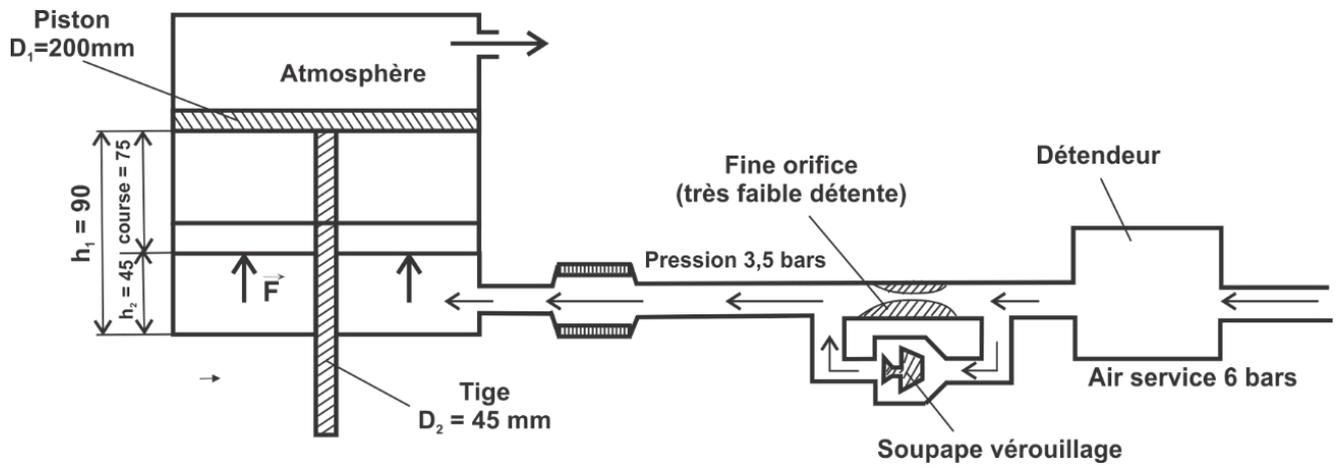
- **Section de travail du vérin :**

C'est la section du piston-section de la tige

$$S_w = \frac{\pi}{4} (D_1^2 + D_2^2)$$

$$S_w = \frac{\pi}{4} (200^2 - 45^2) = 29825,5 \text{ mm}^2$$

Vérin d'amortissement



Calcul des pressions :

En considérant la température constante, la loi des gaz parfait nous donne :

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

D'où nous tirons

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = P_1 \frac{V_1}{V_2} = P_1 \frac{S_w h_1}{S_w h_2} = P_1 \frac{h_1}{h_2}$$

$$P_1 = 3,5 \text{ bars} = 3,5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$P_2 = 3,5 \cdot 10^5 \cdot \frac{90}{15} = 21 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 6 P_1$$

Travail du vérin

$$W_v = \frac{(P_2 - P_1) \cdot (V_1 - V_2)}{2} + P_1 (V_1 - V_2)$$

$$2 W_v = (P_1 + P_2) S_w \cdot (h_1 - h_2)$$

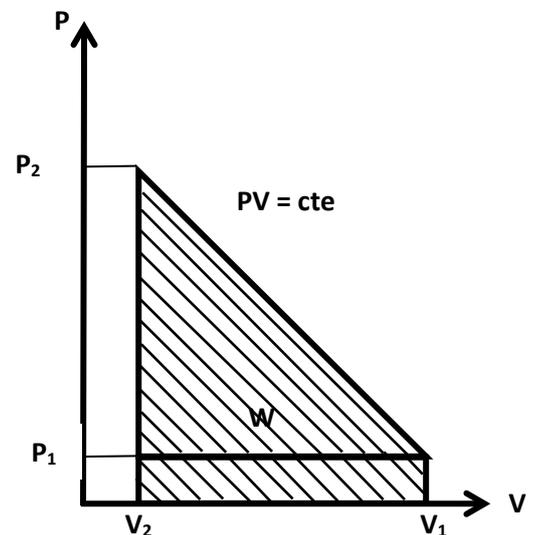
$$W_v = \frac{(P_2 + P_1) \cdot (h_1 - h_2)}{2} \cdot S_w$$

$$W_v = 29825 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \frac{(21 + 3,5) 10^5 (90 - 15) 10^{-3}}{2} = 2740,2 \text{ J}$$

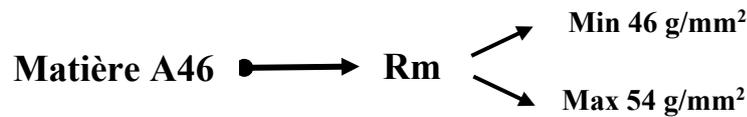
Travail des 4 vérins:

$$W_v = 2740,2 \cdot 4 = 10960,8 \text{ J}$$

c) Energie nécessaire à la coupe de la tôle:



Nous prendrons une tôle de 1mm d'épaisseur, 1000 mm de largeur (épaisseur utilisée couramment = 0,76 mm ; max . admis = 2 mm).



La résistance pratique au cisaillement admissible :

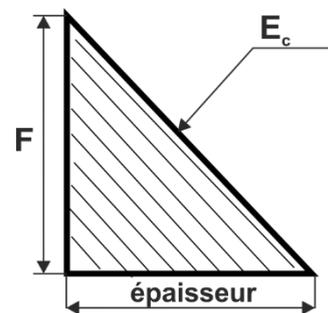
$$[\tau_c] = \frac{4}{5} R_m = \frac{4 \cdot 54}{5} = 43,2 \text{ kg/mm}^2$$

$$[\tau_c] = \frac{F}{S} \longrightarrow F = [\tau_c] \cdot S$$

$$F = 43,2 \cdot 1 \cdot 1000 = 43200 \text{ kgf}$$

$$1 \text{ kgf} = 9,81 \text{ N} \Rightarrow F = 43200 \cdot 9,81 = 42379 \text{ N}$$

$$E_{\text{coupe}} = \frac{F \cdot e}{2} = \frac{42379 \cdot 10^{-3}}{2} = 211,89 \text{ J}$$



Détermination de la nouvelle vitesse angulaire du volant : (ω_1)

Descente 1/2 tour :

$$E_c + W_m - W_{4v} + E_{\text{coupe}} = (J\omega_1^2)/2 = (mR_2^2 \cdot \omega_1^2)/2$$

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{2(E_c + W_m - W_{4v} + E_{\text{coupe}})}{mR_2^2}}$$

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{2(179704,8)}{269 \cdot 0,645^2}} = 19 \text{ rd/s}$$

La position Montée :

$$E_c - W_m + W_{4v} = \frac{J\omega_2^2}{2} = \frac{mR_2^2 \cdot \omega_2^2}{2}$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{2(E_c - W_m - W_{4v})}{mR_2^2}} = \sqrt{\frac{2(184588)}{2390 \cdot 0,645^2}} = 19,27 \text{ rd/s}$$

Remarque :

Nous remarquons que la vitesse angulaire du volant change en fonction de la charge.

$$\omega_1 = 19,29 \text{ rd/s}$$

$$\omega_2 = 19,27 \text{ rd/s}$$

$$\omega_n = 19 \text{ rd/s}$$

Elle ne s'écarte pourtant pas beaucoup de la vitesse angulaire nominale.

III.3.2 Efforts mis en jeu au niveau du système de la cisaille :

Le système de fonctionnement de la cisaille est basé sur un excentrique, assimilé dans notre cas à un système « bielle-manivelle » actionné par un volant d'inertie.

Système bielle-manivelle

On vient de dire ce qu'est une bielle et une manivelle.

L'association de ces deux organes constitue un système bielle-manivelle utilisé principalement pour la transformation du mouvement circulaire continu en mouvement rectiligne alternatif ou inversement.

III.3.3 Etude cinématique :

Courbe des espaces du pied de bielle : (Nous dirons plus loin, pourquoi le mouvement circulaire de la manivelle est toujours sensiblement uniforme et nous supposerons qu'il l'est exactement.) si on trace la courbe des espaces du mouvement de B en fonction du temps, on constate qu'elle est très voisine d'une sinusoïde qu'à cause de l'obliquité de la bielle. Elle en diffère donc d'autant moins qu'on est plus près des points morts et que le rapport l/r est grand. (La courbe, fig2, a été tracée par points à partir de 16 positions équidistantes du maneton.)

Courbe des vitesses : Elle diffère sensiblement d'une sinusoïde. La vitesse est maximale quand la bielle et la manivelle sont perpendiculaires (position M du maneton).

Le tracé est obtenu par dérivation graphique ou en portant des ordonnées proportionnelles à OH. (H est le point de rencontre de la direction de la bielle avec l'horizontale passant par O.) démontre en effet que

$$V = \omega \cdot OH, \quad \omega \text{ étant la vitesse angulaire de la manivelle.}$$

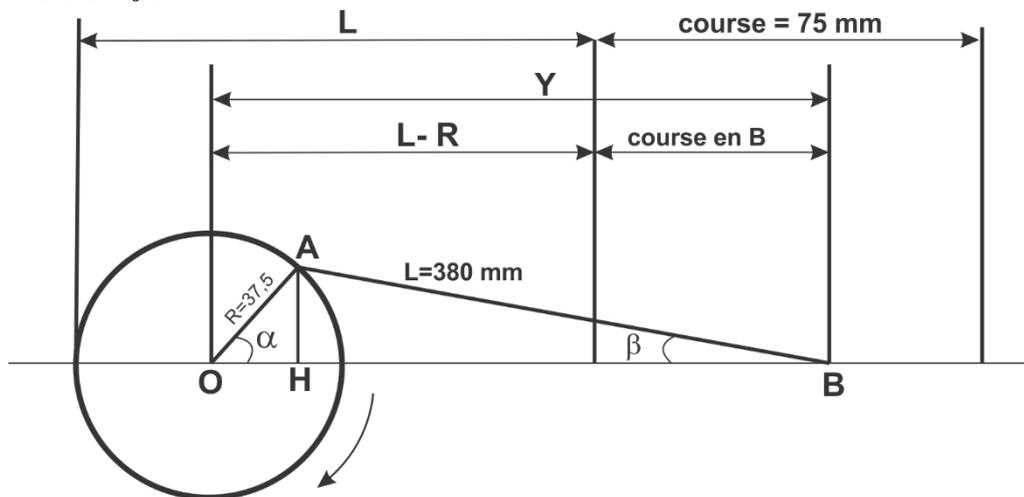
On peut aussi utiliser le calcul pour déterminer les valeurs de V.

Courbe des accélérations : Le tracé est obtenu par dérivation graphique de la courbe des vitesses. (Mémento de dessin industriel, tome 3).

On peut aussi utiliser le calcul pour déterminer les valeurs de γ (ce qui est utile, par exemple, pour avaler les forces d'inertie appliquées à un piston lié au point B).

Toutes les autres dispositions de système bielle-manivelle peuvent être étudiées dans les mêmes conditions, en particulier par procédé graphique (courbe des espaces, point par point ; vitesses et accélérations par dérivation graphique).

a) Force d'inertie F_0 :



Equation de l'espace :

$$Y = OH + HB = R \cos \alpha + L \cos \beta$$

$$AH = R \sin \alpha = L \sin \beta = \frac{R}{L} \sin \alpha$$

$$HB^2 = L^2 - AH^2 = L^2 - L^2 \sin^2 \beta$$

$$HB = \sqrt{L^2 - L^2 \sin^2 \beta} = L \sqrt{1 - \sin^2 \beta}$$

$$HB = L \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = L \cos \beta$$

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta}$$

$$\text{comme } \sin \beta = \frac{R}{L} \sin \alpha$$

$$\text{Nous aurons } \cos \beta = \sqrt{1 - \left(\frac{R}{L}\right)^2 \sin^2 \alpha}$$

$$Y = R \cos \alpha + L \sqrt{\left(L \frac{R^2}{L^2} \sin^2 \alpha\right)}$$

$\alpha = \omega t$ donc :

$$Y = R \cos \omega t + \sqrt{\left(L \frac{R^2}{L^2} \sin^2 \omega t\right)}$$

Equation de la vitesse :

$$V = \frac{dy}{dt}$$

Posons $R/L = \lambda$ et $u = L - \lambda^2 \sin^2 \omega t$

Nous aurons $V = (R \cos \omega t + L \cdot u^{1/2})$

$$V = R \omega \sin \omega t + 1/2 u' u^{-1/2}$$

$$U' = 2\omega \lambda^2 \sin \omega t \cos \omega t$$

$$V = -R\omega \sin \omega t + 1/2 L [-2\omega \lambda^2 \sin \omega t \cos \omega t \frac{1}{\sqrt{L - \lambda^2 - \sin^2 \omega t}}]$$

Pour $1 - \lambda^2 - \sin^2 \omega t = 1$ on aura

$$V = -R\omega \sin \omega t - 1\omega \lambda^2 \sin \omega t \cos \omega t$$

$$\sin \omega t \cos \omega t = 1/2 \sin^2 \omega t \quad \text{donc :}$$

$$V = -R\omega \sin \omega t - \frac{L\omega R^2}{2L^2} \sin^2 \omega t$$

$$V = -R\omega \left[\sin \omega t + \frac{R}{2L} \sin^2 \omega t \right]$$

Equation de l'accélération :

$$\gamma = \frac{dv}{dt}$$

$$\gamma = [\sin\omega t + \frac{R}{2L} \sin 2\omega t]'$$

$$\gamma = -R\omega[\omega \cos\omega t + \frac{2R}{2L} \omega \cos 2\omega t]$$

$$\gamma = -R\omega^2[\omega \cos\omega t + \frac{2R}{2L} \omega \cos 2\omega t]$$

Représentation graphique (espace-vitesse-accélération)

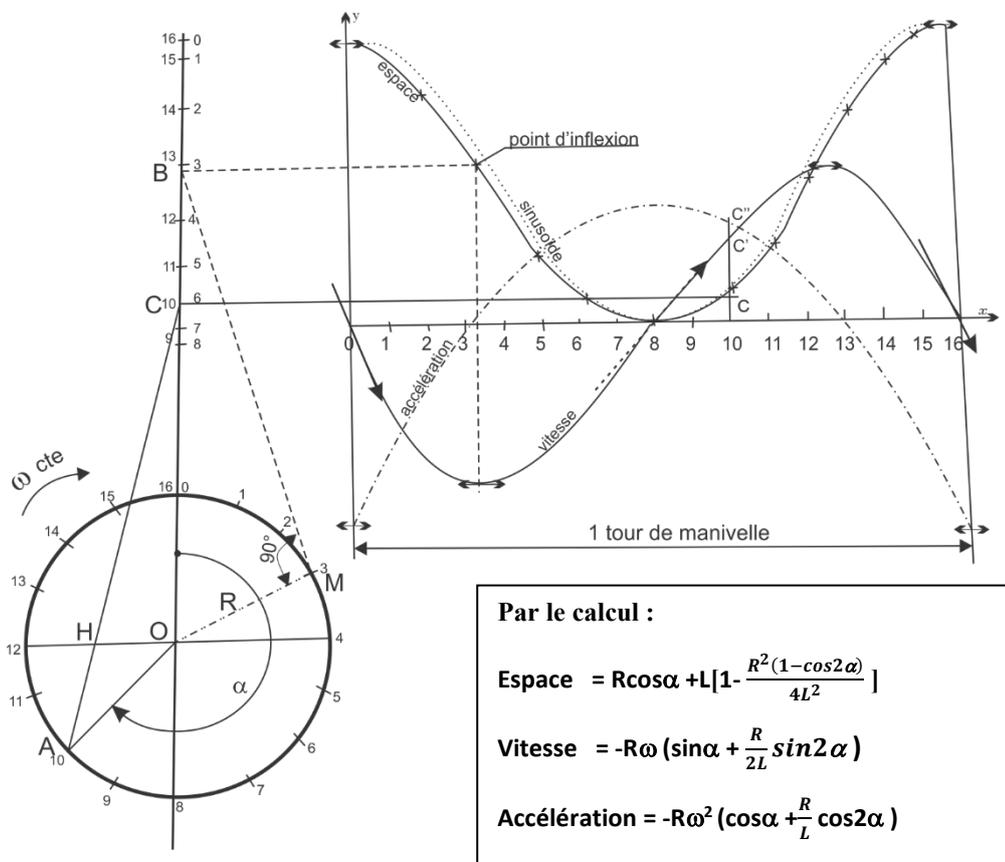


Fig.2.

Force d'inertie :

Fi = m γ

Déterminons l'accélération, au moment où l'arbre excentrique a fait 1/2 tour, c. a. d que la lame supérieure de la cisaille s'est déplacée de 75mm.

Donc pour α=π donc : γ = 13,5/s²

Fi = 8000 · 13,5 = 108000 N

1kgf = 9,81N

donc : Fi = 108000 N = 11009,17kgf

Force vérins :

$$P_2 = F_v / S_w \quad F_v'' = P_2 \cdot S_w$$

$$F_v = 21.105.29825,5 \cdot 10^{-6} = 62633,55 \text{ N}$$

$$F_i = 62633,55 / 9,81 = 6384,66 \text{ kgf}$$

Pour les quatre vérins :

$$F_{4v} = 6384,66 \cdot 4 = 25538,65 \text{ kgf}$$

Nous avons jusqu'ici déterminé deux forces (forces d'inertie et des quatre vérins) de sens contraires, leur somme algébrique nous donnera une force résultante qui aidera le volant d'inertie à monter la masse.

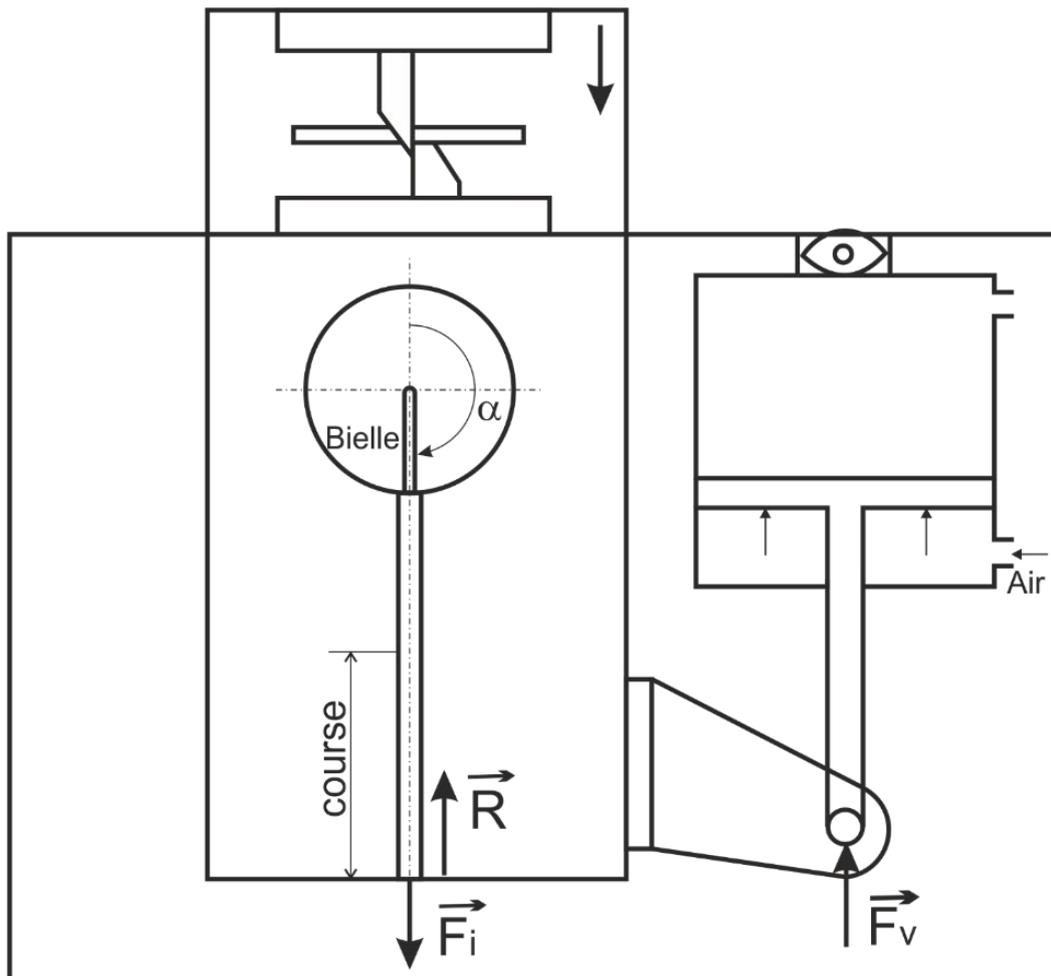
$$F_i = 6384,66 \text{ kgf} \quad F_{4v} = 25538,65 \text{ kgf}$$

$$R = F_i - F_{4v}$$

$$R = 6384,66 - 25538,65 = -14529,5 \text{ kgf} \quad (\frac{1}{2} \text{ tour})$$

Voir figure ci-après :

Représentation de Fi, Fv et R



Chapitre IV

Détermination des contraintes pour les éléments constituant le système d'amortissement de chocs de la cisaille

IV. Détermination des contraintes pour les éléments constituant le système d'amortissement de chocs de la cisaille

L'effort en ce qui concerne les vérins étant les plus défavorables, puisque $F_{4v} > F_i$ est à considérer pour le calcul des différents organes travaillant à l'amortissement à savoir :

- a) Ensemble Chape (oreilles).
- b) Soudure des éléments de la chape.
- c) Axe support vérin
- d) Tige de vérin.

Remarque Importante :

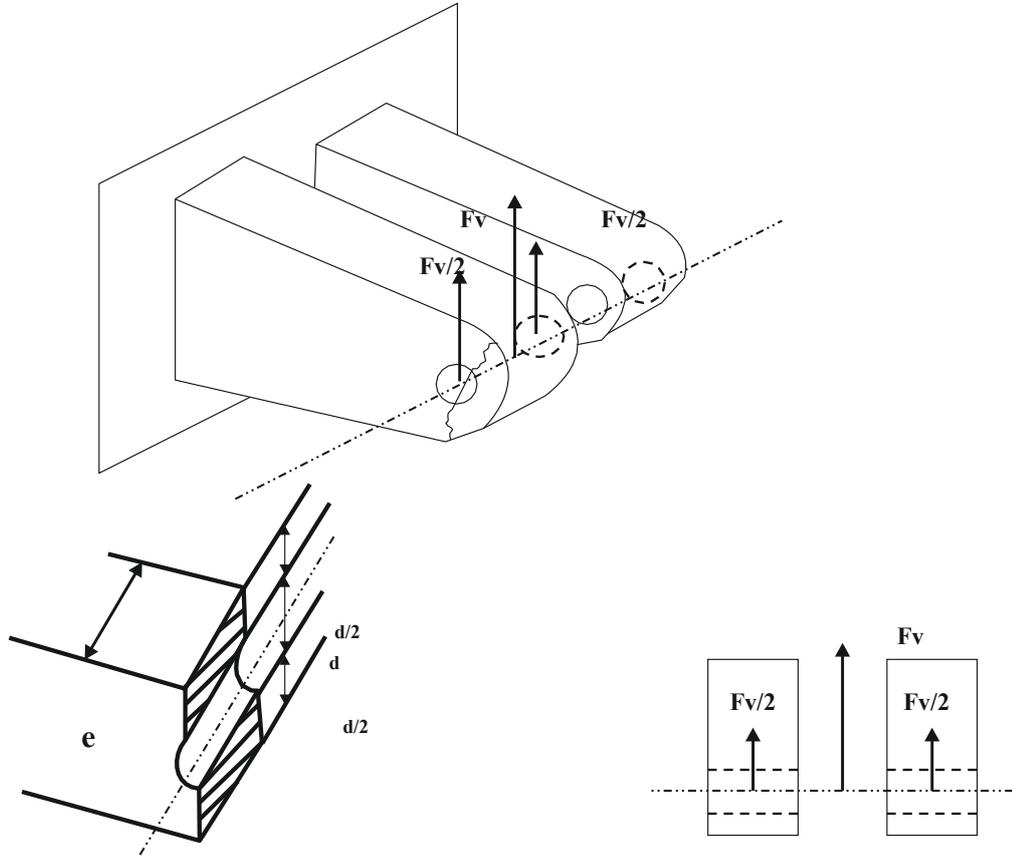
Plusieurs transformations, depuis que le problème existe, ont été entreprises sur le système d'amortissement de chocs :

- Remplacements des chapes d'origine par d'autres fabriquées localement
- Agrandissement des trous de fixation des chapes à l'origine filetés
- Soudure pour renforcer fixation.

Toutes ces opérations sont effectuées en guise de dépannage et n'ont reposé sur aucune étude au préalable.

Pour cela, et comme il nous est difficile de décrire convenablement la situation actuelle, (absence de documents) nous avons jugé préférable de considérer la situation à l'origine.

Elément de chape



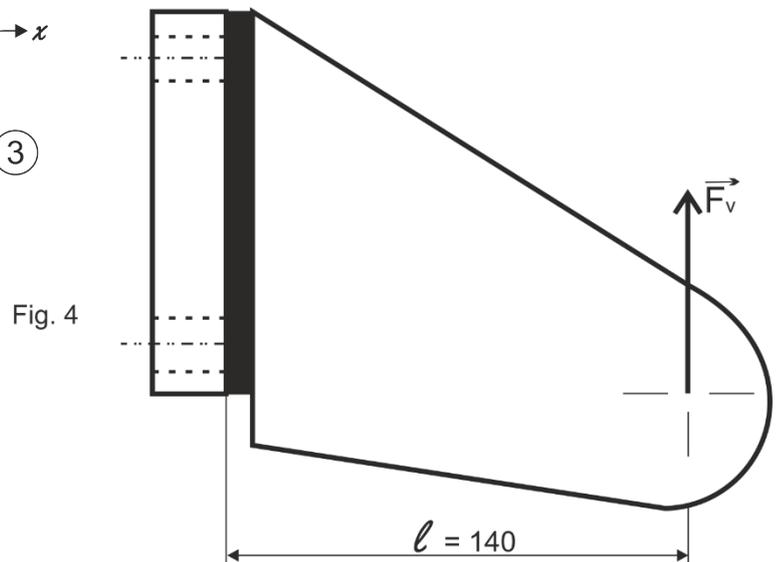
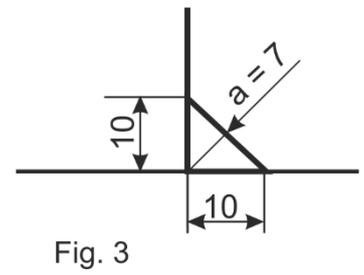
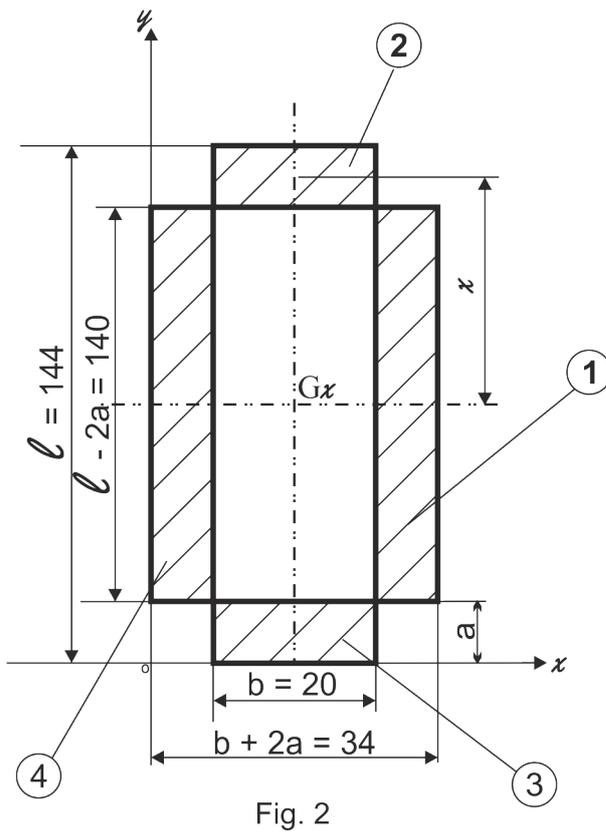
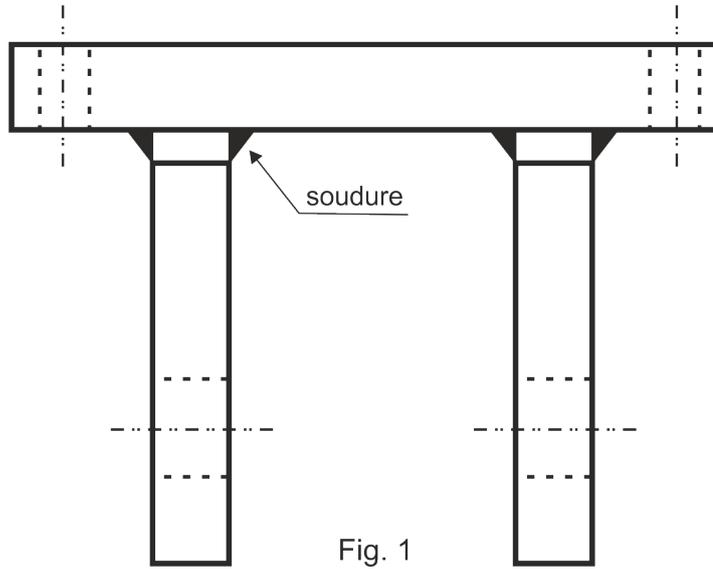
Section de travail :

$$S_T = 2.r.e - d.e$$

$$S_T = (2.40.20) - (24.20) = 1120 \text{ mm}^2$$

$$\tau_c = F_v / (2. S_T) = 6381 / (2.1120) = 2,85 \text{ kgf/mm}^2$$

Fixation des oreilles sur la base de la chape
- Soudure -



- La fig.1 représente l'ensemble chape.
- Les fig.2-3 représentent les détails de la soudure.
- La fig.4 va nous permettre de déterminer le moment de flexion.

La soudure travaille à la flexion et au cisaillement :

Calcul du cordon de soudure :

Choix type de soudure : (soudure d'angle concave)

Observation : meilleur flux de forces, très utilisé en construction de machines pour des charges dynamique importantes.

Ouvrages privés **C.M.66** :

Soudure d'angle :

Notations : **a** : épaisseur utile, distance minimale de la racine à la surface du cordon (ou à la corde en cas de cordon bombé)

α : coefficient de réduction, fonction de l'épaisseur « a » en mm du cordon, qui prend les valeurs:

$$\alpha = 1 \quad \text{pour} \quad a \leq 4 \text{ mm}$$

$$\alpha = 0,8 (1+1/a) \quad \text{pour} \quad a > 4 \text{ mm}$$

Dans notre cas : $a = 7 \text{ mm} \rightarrow \alpha = 0,914$

-1 -Flexion : (fig.4)

$$M_f = F_v L \quad (\text{Moment de flexion})$$

La contrainte à la flexion :

$$\sigma_f = M_f / w \quad (w : \text{module de résistance})$$

$$M_f = 6384,66.140 = 893852,4 \text{ kgf.mm}$$

$$W = I_{xx} / (1/2) \quad (I_{xx} \text{ moment d'inertie de l'ensemble})$$

$$I_{xx} = I_G + S_x^2 \quad ; \quad I_G = bh^3/12$$

- Centre de gravité : $G_x = E_{sy}/ES = 72 \text{ mm}$

Dressons un tableau regroupant les moments d'inertie par élément :

Nota : les quatre carrés en moins sur la fig 2, désignent que le cordon de soudure n'est pas uniforme en début et en fin de soudure.

| éléments | S (mm ²) | Y (mm) | S _y (mm ³) | S _{x2} (mm ⁴) | I _G (mm ⁴) |
|----------|----------------------|--------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1+4 | 1633,5 | 72 | 119772 | 0 | 2563166,6 |
| 2 | 128 | 140,5 | 17984 | 600608 | 571,6 |
| 3 | 128 | 3,5 | 448 | 600608 | 751,6 |
| Σ | 1919,5 | | 138204 | 1201216 | 2564310 |

$$S_{14} = 2(L-2a) \alpha . a$$

$$S_{23} = 2 . a . b . \alpha$$

$$Y_{14} = L/2$$

$$Y_2 = L - (a/2)$$

$$Y_3 = L - (L-(a/2))$$

Flexion :

$$I_{xx} = I_G + Sx^2 \quad (\text{moment d'inertie de l'ensemble})$$

$$I_{xx} = 3765526 \text{ mm}^4$$

$$\text{Module résistance} \quad W = I_{xx} / (1/2) \quad W = 52299 \text{ mm}^3$$

Contrainte à la flexion :

$$\sigma_f = M_f / w \quad (w : \text{module de résistance})$$

$$\sigma_f = 893852,4 / 52299 = 17,09 \text{ kgf/mm}^2$$

Contrainte réelle au niveau d'un cordon de soudure :

$$\sigma_f = 17,09 / 2 = 8,54 \text{ kgf/mm}^2 \quad \sigma_f = 81,77 \text{ N/mm}^2$$

Contrainte au cisaillement :

$$\tau_c = F_v / 2\Sigma S$$

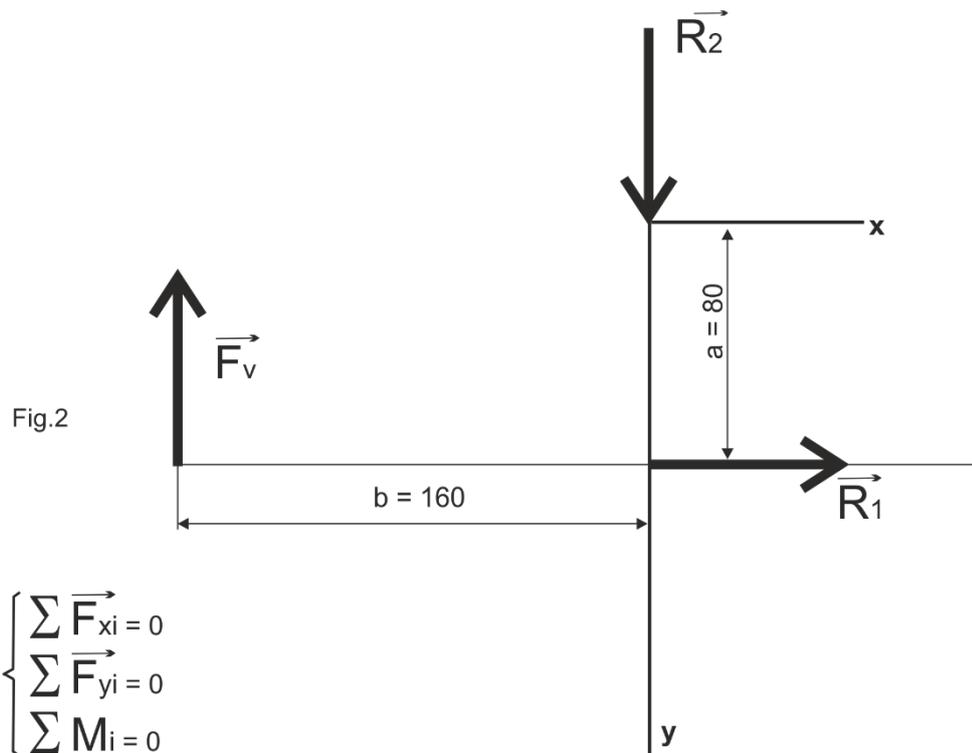
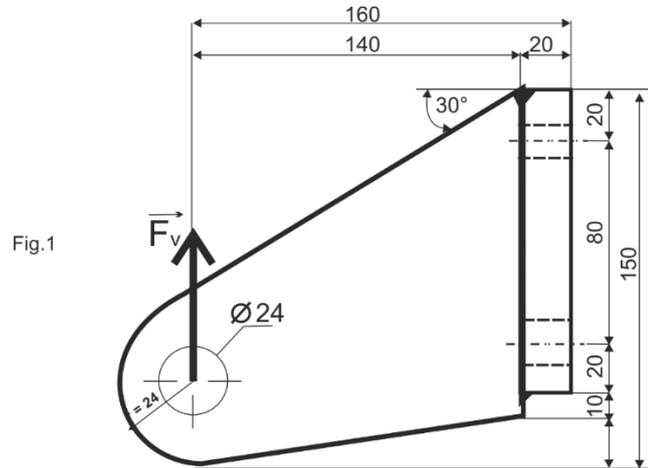
$$\tau_c = 6384,66 / 2 \cdot 1919,5 = 1,66 \text{ kgf/mm}^2$$

Contrainte équivalente :

$$\sigma_{\text{éq}} = \sigma_f / 2 + \sqrt{(\sigma_f^2 / 4) + \tau_c^2}$$

$$\sigma_{\text{éq}} = 8,54 / 2 + \sqrt{(8,54^2 / 4) + 1,66^2} = 8,85 \text{ kgf/mm}^2$$

Représentation de la chape :



4.2 calcul de la contrainte pour les boulons :

La Chape est fixée par quatre boulons M14.

Les quatre boulons travaillent au cisaillement, deux d'entre eux seulement travaillent à la traction.

a-effort de traction :

Caractéristiques boulon:(M14)

Diamètre nominal : $d = 14 \text{ mm}$

Le tableau filetage à pas gros (voir annexe)

$$S = \pi d_i^2 / 4 = 3,14 \cdot 11,55^2 / 4 = 104,72 \text{ mm}^2$$

D'après la figure-2-representation de la chape, les forces appliquent sur la chape :

$$\Sigma F_y = F_v - R_2 = 0 \quad \Rightarrow \quad F_v = R_2 = 6384,66 \text{ kgf}$$

$$\Sigma M/O = F_v \cdot b = R_1 \cdot a \quad \Rightarrow \quad R_1 = F_v \cdot b / a$$

$$R_1 = 6384,66 \cdot 160 / 80 = 12769,32 \text{ kgf}$$

Contrainte à la traction pour un boulon :

$$\sigma_t = R_1 / 2S$$

$$\sigma_t = 12769,32 / 2 \cdot 104,72 = 60,96 \text{ kgf/mm}^2$$

Contrainte au cisaillement pour un boulon :

$$T = R_2 / 4$$

$$\tau_c = T / S = R_2 / 4S$$

$$\tau_c = 6384,66 / 4 \cdot 104,72 = 15,24 \text{ Kgf/mm}^2$$

4.3 Calcul de la contrainte pour les Tiges des vérins :

La tige travaille à la traction et se rompt en fin de la partie filetée.

$$\left. \begin{array}{l} D_{\text{int}} = 39,5 \text{ mm} \\ D_{\text{ext}} = 45 \text{ mm} \end{array} \right\} S_i = \pi d_i^2 / 4$$

$$S_i = 1224,8 \text{ mm}^2$$

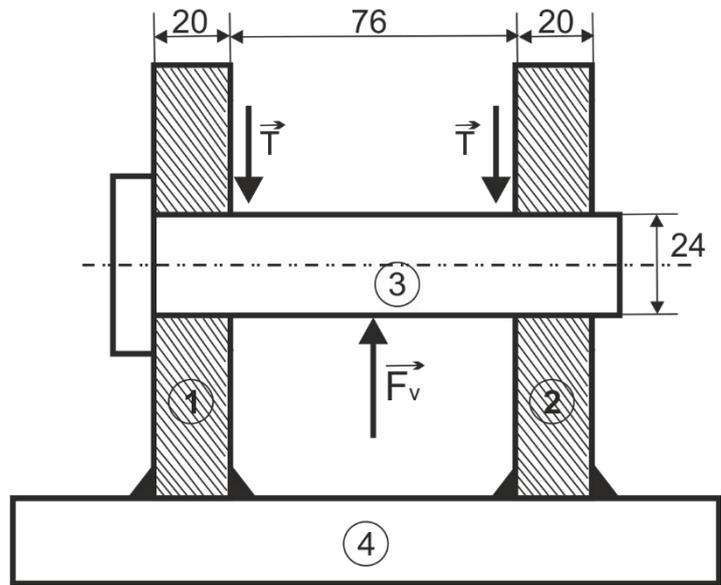
La contrainte à la traction :

$$\sigma_t = F_v / S$$

$$\sigma_t = 6384,66 / 1224,2 = 5,21 \text{ Kgf/mm}^2$$

4.4 Axe support vérin :

- ① & ② Oreilles chape
- ③ Axe support vérin
- ④ Base chape



Calcul de l'effort tranchant T et du moment fléchissant Mr

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma M_f = 0$$

Charge unitaire q :

$$q = F_v / L = 6384,66 / 76 = 84 \text{ kgf/mm}$$

Réaction RA, RB

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow R_A + R_B - qL = 0$$

$$\Sigma M/A = 0 \Rightarrow R_B \cdot L - qL \cdot L/2 = 0$$

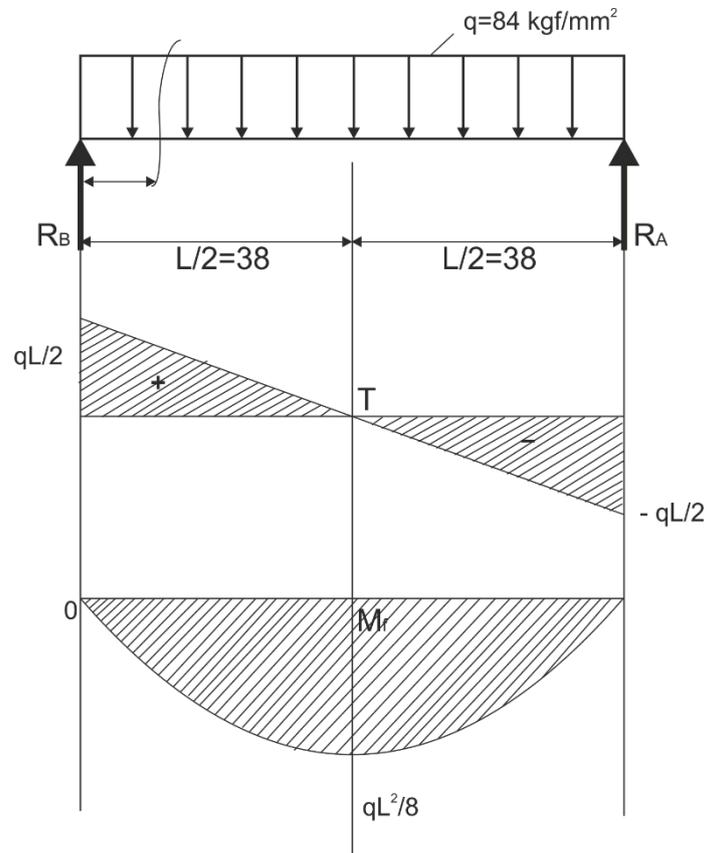
$$R_B = qL/2 ; R_A = qL/2$$

$$R_A = R_B = 3190,5 \text{ kgf}$$

$$E m/A = 0 \Rightarrow R_B \cdot L - qL \cdot L/2 = 0$$

$$R_B = qL/2 ; R_A = qL/2$$

$$R_A = R_B = 3190,5 \text{ kgf}$$



Effort tranchant T

$$T = (qL/2) - qx \Rightarrow \begin{cases} \text{Pour } x = 0 & \Rightarrow T = qL/2 = 3190,5 \text{ kgf} \\ \text{Pour } x = L/2 & \Rightarrow T = 0 \\ \text{Pour } x = L & \Rightarrow T = qL/2 = 3190,5 \text{ kgf} \end{cases}$$

Moment fléchissant M_f

$$M_{f/A} = M(R_A) + M(qx)$$

$$M_{f/A} = R_B \cdot x - qx \cdot x/2 = R_B \cdot x - qx^2/2$$

$$\text{Pour } x = 0 \Rightarrow M_f = 0$$

$$\text{Pour } x = L/2 \Rightarrow M_f = qL^2/8 = 84 \cdot 76^2/8 = 60648 \text{ kgf.mm}$$

$$\text{Pour } x = L \Rightarrow M_f = 0$$

Contrainte au cisaillement :

$$T_c = R_B/S = R_A/S = R_A \cdot 4/\pi D^2$$

$$\tau = 3190,5 \cdot 4/3,14 \cdot 24^2 = 7,056 \text{ kgf/mm}^2$$

Contrainte normal à la flexion :

$$\sigma_f = M_f/W \quad \text{où} \quad W = L/(D/2) = (\pi D^2/64)/(D/2) = \pi D^2/32$$

$$\sigma_f = M_f \cdot 32/\pi D^2 = 32 \cdot 60648/3,14 \cdot 24^3 = 44,70 \text{ kgf/mm}^2$$

Contrainte équivalente :

$$\sigma_{eq} = \sigma_f/2 + \sqrt{\sigma_f^2/4 + \tau^2}$$

$$\sigma_{eq} = 44,7/2 + \sqrt{(44,7^2/4) + 7,056^2} = 45,78 \text{ kg/mm}^2$$

4.5 Récapitulatif des résultats obtenus :

Mais ajustés suivant la norme : NF-E03-014

Traction : $1,25 \sigma_t \leq [\sigma_c]$

Cisaillement : $1,54 \tau \leq [\sigma_c]$

Contraintes (kgf/mm²)

| éléments | Traction | Flexion | Cisaillement | Principale |
|----------|------------------|---------|--------------------|------------|
| Chapes | / | / | $2,85.1,54=4,4$ | / |
| Soudure | / | 8,54 | $1,66.1,54=2,55$ | 8,85 |
| Boulons | $61.1,25=76,25$ | / | $15,24.1,54=23,46$ | / |
| Axe | / | 44,70 | $7,056.1,54=10,09$ | 47,2 |
| Tige | $5,21.1,25=6,51$ | / | / | / |

Nuances et caractéristiques mécaniques du matériau constituant chacun des éléments précédemment cités.

Nous allons considérer deux situations :

- Une d'origine (constructeur)
- Une autre, que nous appellerons courante

Situation d'origine

1- **Chappe et soudure** : (épaisseur=e=20mm)

pour $e \leq 30$

Matière E24-2

Limite élastique = $Re = 24 \text{ kgf/mm}^2$

Résistance à la rupture $Rm = 36 - 44 \text{ Kgf mm}^2$

2- **Boulons de fixation** (d=14mm)

pour $d < 16 \text{ mm}$

Matière : BS 970 EN8 (British-steel)

correspondance AFNOR XC48

$Re = 56 \text{ kgf/mm}^2$

$Rm = 80 - 95 \text{ kgf/mm}^2$ (trempe-revenu)

3- **Axe vérin** (d= 24mm)

La matière est identique à celle des boulons (XC48)

pour $16 < d < 40 \text{ mm}$

$Re = 47 \text{ kgf/mm}^2$

$Rm = 72 - 87 \text{ kgf/mm}^2$

4- Tige de vérin : (d=45mm)

La matière est identique à celle des boulons (XC48)

pour $40 < d < 100\text{mm}$

$R_e=42 \text{ kgf/mm}^2$

$R=67- 82 \text{ kgf/mm}^2$

SITUATION COURANTE :**1- Chapes et soudure :**

Matière identique à celle d'origine. (E24)

2- Boulons de fixation :

Matière : qualité 5-6 couramment utilisée au niveau de l'entreprise correspondant aux caractéristiques ci-après :

$R_e=30 \text{ kgf/mm}^2$

$R_m=50 \text{ — } 70 \text{ kgf/mm}^2$

3- Axe vérin (d=24mm)

Matière : A50

pour $d \leq 530$

$R_e=30 \text{ kgf/mm}^2$

$R_m=50 \text{ — } 60 \text{ kgf/mm}^2$

4- Tige vérin : (d=45mm)

Matière : identique à celle de l'axe (A50)

pour $30 < d \leq 100 \text{ mm}$

$R_e= 28 \text{ kgf/mm}^2$

$R_m= 50 \text{ — } 60 \text{ kgf/mm}^2$

4.6 Taux de travail admissible pour les divers éléments

Nous prendrons un coefficient de sécurité $K=2$

- **Contrainte au cisaillement**

$$[\tau_c] = (R_e/K) \cdot 0,5$$

$$[\tau_c] = (R_e/K) \cdot 0,8 \quad \text{pour la soudure } (v_1 v_2) = 0,8 \cdot 1 = 0,8 = v$$

- **Contrainte à la flexion**

$$[\sigma_f] = R_m/K$$

- **Contrainte équivalente**

$$[\sigma_{eq}] = \sigma_f/2 + \sqrt{(\sigma_f^2/4) + \tau_c^2}$$

- **Contrainte à la traction :**

$$[\sigma_t] = R_m/K \cdot 0,85$$

4.6.1- **SITUATION D'ORIGINE :**

a) **Chape :**

$$[\tau_c]' = (24/2) \cdot 0,5 = 6 \text{ kgf/mm}^2$$

b) **Soudure:**

$$[\tau_f]' = 36/2 = 18 \text{ kgf/mm}^2$$

$$[\tau_c]' = (24/2) \cdot 0,8 = 9,6 \text{ kgf/mm}^2$$

$$[\sigma_{eq}]' = 18/2 + \sqrt{(18^2/4) + 9,6^2} = 22,15 \text{ kgf/mm}^2$$

c) **Boulons de fixation :**

$$[\tau_c]' = (56/2) \cdot 0,5 = 14 \text{ kgf/mm}^2$$

$$[\sigma_t]' = (80/2) \cdot 0,8 = 34 \text{ kgf/mm}^2$$

d)- **Axe de vérin :**

$$[\sigma_f]' = 72/2 = 36 \text{ kgf/mm}^2$$

$$[\tau_c]' = (47/2) \cdot 0,5 = 11,75 \text{ kgf/mm}^2$$

$$[\sigma_{eq}]' = 36/2 + \sqrt{(36^2/4) + 11,75^2} = 39,5 \text{ kgf/mm}^2$$

e) - **Tige de vérin** :

$$[\sigma_t]' = (67/2) \cdot 0,85 = 28,5 \text{ kgf/mm}^2$$

4.6.2- **SITUATION COURANTE** :

Les mêmes résultats pour la chape et la soudure sont à conservés, puisque la matière d'origine est reprise (E24).

1. **Chape** :

$$[\tau_c]'' = 6 \text{ kgf/mm}^2$$

2. **Soudure** :

$$[\tau_f]'' = 9,6 \text{ kgf/mm}^2$$

$$[\sigma_f]'' = 18 \text{ kgf/mm}^2$$

$$[\sigma_{eq}]'' = 22,15 \text{ kgf/mm}^2$$

3. **Boulons de fixation** :

$$[\sigma_t]'' = (50/2) \cdot 0,85 = 21,25 \text{ kgf/mm}^2$$

$$[\tau_c]'' = (30/2) \cdot 0,5 = 7,5 \text{ kgf/mm}^2$$

A la comparaison des deux situations (origine et courante) par le biais des contraintes réelles on aura :

Chape : $[\tau_c]' \geq \tau_c$

$$6 \geq 4,4$$

La matière utilisée répond bien aux efforts.

Soudure : $\sigma_{eq} \leq [\sigma_{eq}]'$ et $\sigma_{eq} \leq [\sigma_{eq}]''$

$$9,26 < 22,15 \quad \text{et} \quad 9,26 \leq 22,15$$

Idem que pour la chape.

Tige : la matière utilisée pour la réalisation de tige, répond bien à l'effort auquel elle est soumise.

$$\sigma_t \leq [\sigma_t]' \quad \text{et} \quad \sigma_t \leq [\sigma_t]''$$

$$6,5 < 21,25 \quad \text{et} \quad 6,5 < 21,25$$

Nous remarquons que le problème se situe au niveau des boulons de fixation de la chape et de l'axe support vérin.

Boulons :

| | | |
|---------------------------------------|--|--|
| a. $\tau_c \leq [\tau_c]'$ | 3- $\tau_c \leq [\tau_c]''$ | (Cisaillement) 1#2 } il y a problème 3#4 } |
| b. $23,5 > 14$ | 4- $23,5 > 7,5$ | |
| 5- $\sigma_t \leq [\sigma_t]'$ | 7- $\sigma_t \leq [\sigma_t]''$ | (Traction) 5#6 } il y a problème 7#8 } |
| 6- $76,25 > 34$ | 8- $76,25 > 21,25$ | |

Axe :

| | | |
|---------------------------------------|--|-----------------------|
| a. $\sigma_f \leq [\sigma_f]'$ | c- $\sigma_f \leq [\sigma_f]''$ | (Flexion) |
| b. $44,7 > 36$ | d- $44,7 > 25$ | a#b et c#d |
| e- $\tau_c \leq [\tau_c]'$ | g- $\tau_c \leq [\tau_c]''$ | (Cisaillement) g#h |
| f- $10,9 > 11,75$ | h- $10,9 > 7,5$ | |

Le problème connu et cerné, la question est de savoir comment le résoudre ?

Reprenons les résultats précédemment calculés concernant :

-force d'inertie $F_i = 11009,17 \text{ kgf}$

-force d'amortissement $F_{4v} = 25538,65 \text{ kgf}$

-résultat $R = 14529,5 \text{ kgf}$

Nous remarquons que $F_{4v} = 2,32 F_i$, alors qu'il suffirait que F_{4v} soit légèrement supérieure à F_i , pour que l'amortissement soit réalisé.

Nous proposons alors un ordre de grandeur $F_{4v} = 1,5 F_i$; ce dernier devra satisfaire certaines conditions essentielles à savoir :

- Maintenir constante la vitesse angulaire du volant d'inertie, (par la diminution du travail résistant des vérins) lors de son accouplement avec le système et par la même éviter les irrégularités de fonctionnement du moteur d'entraînement.
- Minimiser l'effort au niveau des éléments du système d'amortissement.

Nous aurons donc :

$$F_{4v} = 1,5 F_i \quad \text{pour} \quad F_v = F_{4v} / 4 \quad \text{donc} \quad F_v = 1,5 F_i / 4$$

$$F_v = 1,5 \cdot 11009,17 / 4 = 4128,43 \text{ kgf}$$

F_v étant le nouvel effort à considérer pour le calcul des boulons et axes

A quelle pression d'air de service (p_1) correspondra cet effort ?

$$1 \text{ kgf} = 9,81 \text{ N} \quad \text{donc} \quad F_v = 4128,43 \cdot 9,81 = 40500 \text{ N}$$

Section du piston du vérin : $S_w = 29825,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

$$\text{Course } 75 \text{ mm} \quad \left\{ \begin{array}{l} h_1 = 90 \text{ mm} \\ h_2 = 15 \text{ mm} \end{array} \right.$$

Pression en fin de course P_2 :

$$P_2 = F_v / S_w$$

$$P_2 = 40500 / 29810 \cdot 10^{-6} = 13,57 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 13,57 \text{ bars}$$

Pression de service P_1 :

$$\left. \begin{array}{l} P_1 V_1 = P_2 V_2 \\ P_1 h_1 S_w = P_2 h_2 S_w \end{array} \right\} P_1 = P_2 h_2 / h_1$$

$$P_1 = 13,57 \cdot 15 / 90 = 2,26 \text{ bars.}$$

Contraintes des boulons et axes, soumis au nouvel effort :**Boulons :**

M14 (d= 14mm ; d_i =11,55 mm)

$$S_i = 104,72 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_t = (F_v/S) \cdot 1,25 \Rightarrow \sigma_t = (4128,44/104,72) \cdot 1,25 = 49,27 \text{ kgf/mm}^2$$

$$\tau_c = (F_v/4 S_i) \cdot 1,54 \Rightarrow \tau_c = (4 \cdot 4128,44/4 \cdot 104,72) \cdot 1,54 = 15,17 \text{ kgf/mm}^2$$

Axe:

Diamètre = 24 mm

$$S = 452,16 \text{ mm}^2$$

$$\tau_c = F_v/2S \cdot 1,54 \Rightarrow \tau_c = [(4128,44)/(2 \cdot 452,16)] \cdot 1,54 = 7,03 \text{ kgf/mm}^2$$

Moment fléchissant :

$$\text{Charge unitaire } q = F_v/L = 4128,44/76 = 54,32 \text{ kgf/mm}^2$$

$$M_f = qL^2/8 = 54,32 \cdot 76^2/8 = 39220,18 \text{ kgf.mm}$$

Contrainte à la flexion :

$$\sigma_f = M_f/W = M_f/(\pi D^3/32) = M_f \cdot 32/\pi D^3$$

$$\sigma_f = (39220,18 \cdot 32)/(\pi \cdot 24^3) = 28,9 \text{ kgf/mm}^2$$

Contrainte principale (équivalente)

$$\sigma_{eq} = 36,06 \text{ kgf/mm}^2$$

Nous remarquons, qu'il ne suffit pas de diminuer l'effort de travail pour régler complètement le problème.

Boulons :

$$\sigma_t \leq \sigma_t'$$

?

$$49,27 > 21,25$$

$$\tau \leq R'_{pg}$$

?

$$15,17 > 7,5$$

Axe :

| | | |
|----------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| $\tau \leq [\tau_c]$ | $\sigma_f \leq [\sigma_f]'$ | $\sigma_{eq} \leq [\sigma_{eq}]'$ |
| (Bon) | ? | ? |
| 7,03 < 7,5 | 28,9 > 25 | 36,06 > 27,07 |

Etablissons un ordre de grandeur :

Boulons :

$$\frac{\sigma_t}{[\sigma_i]} = \frac{49,27}{21,25} = 2,3$$

$$\frac{\tau_c}{[\tau_c]'} = \frac{15,17}{7,5} = 2,02$$

$$\sigma_t = 2,3 \cdot [\sigma_i]$$

Déterminons le diamètre du boulon :

$$S' = 2,3 S \Rightarrow d' = \sqrt{2,3 d}$$

$$d' = 2,3 \cdot 14 = 32,2 \text{ mm} \text{ soit } 22 \text{ mm}$$

Au vue de la disposition du système, nous ne pouvons envisager l'emplacement de boulons M22 en remplacement de ceux M14.

Nous allons donc nous limiter à considérer des boulons M16 et nous orienter à la qualité de la matière qui convient.

Boulons :

M16 (d=16 mm ; d_i=13,54)

$$\sigma_t = \frac{4128,44}{2,144} \cdot 1,25 = 17,9 \text{ kgf / mm}^2$$

$$\tau_c = \frac{3731}{4,144} \cdot 1,54 = 1,02 \text{ kgf / mm}^2$$

} Taux de travail réel

Si on prend des boulons de qualité 8-8 (conforme à ISO R898/let 2 DIN 267/3 et 4 NF E27-005-avril 1974)

$$R_m = 80-100 \text{ kgf/mm}^2$$

$$R_e = 64 \text{ kgf/mm}^2$$

On aura: (k=2)

$$[\sigma_t] = \frac{R_m}{k} \cdot 0,85 = \frac{80}{2} \cdot 0,85 = 34 \text{ kgf/mm}^2$$

$$[\tau_c] = \frac{R_e}{k} \cdot 0,5 = \frac{64}{2} \cdot 0,5 = 16 \text{ kgf/mm}^2$$

Axe vérin :

$$\frac{\sigma_{eq}}{[\sigma_{eq}]''} = \frac{36,06}{27,05} = 1,33$$

$$\frac{\sigma_f}{[\sigma_f]''} = \frac{28,9}{25} = 1,15$$

On prend la valeur min entre $[\sigma_f]'$ & $[\sigma_f]''$ et entre σ_f' & σ_f'' ;

$$1,33 \sigma_f' = \sigma_f \rightarrow 1,33 \cdot M_f \cdot 32 / \pi d'^3 = M_f \cdot 32 / \pi d^3$$

$$d' = \sqrt[3]{1,33 \cdot d^3} = \sqrt[3]{1,33 \cdot 24^3} = 26,4 \text{ mm}$$

$$d' = 27 \text{ mm} ; s = 572,55 \text{ mm}^3$$

Avec la même matière A50

Le taux de travail réel :

$$R_e = 30 \text{ kgf/mm}^2$$

$$R_m = (50-60) \text{ kgf/mm}^2$$

$$\sigma_f = 39220,18 / (3,14 \cdot 25^2) = 20,3 \text{ kgf/mm}^2$$

Les contraintes admissibles sont :

$$[\sigma_f]' = R_m / K = 50/2 = 25 \text{ kgf/mm}^2$$

$$[\tau_c]' = (R_e/K) \cdot 0,5 = (30/2) \cdot 0,5 = 7,5 \text{ kgf/mm}^2$$

$$[\sigma_{eq}]' = ([\sigma_f]'/2) + \sqrt{([\sigma_f]')^2/4 + [\tau_c]'^2}$$

$$[\sigma_{eq}]' = 27,07 \text{ kgf/mm}^2$$

- Comment se comporte la vitesse angulaire ?:

Le volant d'inertie tournant seul :

$$\omega_n = 19,19 \text{ rd/s} \quad E_c = 184991,5 \text{ j}$$

Accouplé au système (1/2 tours — descente masse pour coupe)

- Travail masse mobile : $W_c = 5886 \text{ j}$
- Travail pour coupe de la tôle $E_{\text{coupe}} = 211,89 \text{ j}$
- Travail vérins d'amortissement :

$$W_v = (p_2 + p_1) \cdot (h_1 - h_2) \cdot (S_w / 2)$$

$$W_v = 10^5 (13,57 + 2,26) \cdot (90 - 15) \cdot 10^{-3} \cdot (29825,5 \cdot 10^{-6} / 2) = 1770,5 \text{ j}$$

$$W_{4v} = W_v \cdot 4 = 1770,5 \cdot 4 = 7082 \text{ j}$$

Descente :

$$E_c + W_m - W_{4v} - E_{\text{coupe}} = (J\omega_1^2) / 2 = (mR_2^2 \cdot \omega_1^2) / 2$$

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{2(184991,5 + 5886 - 211,89 - 7082)}{2390 \cdot 0,645^2}} = 18,21 \text{ rd/s}$$

Montée:

$$E_c + W_m - W_{4v} = (mR_2^2 \cdot \omega_2^2) / 2$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{2(184991,5 - 5886 + 7082)}{2390 \cdot 0,645^2}} = 19,35 \text{ rd/s}$$

SOLUTION PROPOSÉE:

| | Contraintes admissibles (matériaux) | | | | Contraintes réelles (effort $F_v=4128,44$ kgf) | | | |
|-------------------------------|--|-------------|---------------|------------------|---|------------|--------------|-----------------|
| | $[\sigma_t]'$ | $[\tau_c]'$ | $[\sigma_f]'$ | $[\sigma_{eq}]'$ | $[\sigma_t]$ | $[\tau_c]$ | $[\sigma_f]$ | $[\sigma_{eq}]$ |
| Boulons M16 qualité 8.8 | 34 | 16 | | | 17,9 | 11,02 | | |
| Axe d=25 A50 | | 7,5 | 25 | 27,07 | | 5,55 | 20,3 | 21,71 |

$$\begin{array}{cccc}
 [\sigma_t] \leq [\sigma_t]' & [\tau_c] \leq [\tau_c]' & \sigma_f \leq [\sigma_f]' & \sigma_{eq} \leq [\sigma_{eq}]' \\
 17,9 < 34 & 11,02 < 16 & 20,3 < 25 & 21,71 < 27,07 \\
 & 5,55 < 7,5 & &
 \end{array}$$

- ❖ Fixer la pression d'air de service (alimentation des vérins d'amortissement) à 2,26 bar au lieu de 3,5 bars.
- ❖ Remplacer les boulons de fixation de la chape (M 14 de qualité 5.6) par des boulons
- ❖ M16 de qualité 8.8 ou autre, de caractéristiques mécaniques identiques.
- ❖ Veiller scrupuleusement, à n'utiliser que la qualité ci-dessus citée, lors d'un éventuel remplacement des boulons.
- ❖ Remplacer, en conservant la même matière A50, les axes de diamètre 24mm par des axes de diamètre 27mm.

Pour le reste des éléments (chapes, soudure, tige de vérin), le problème ne se posera pas : puisqu'au départ déjà, c a d avec $F_v=6384,66$ kgf, leur taux de travail respectif était suffisant.

AXES EFFORT VÉRIN

Débit $\varnothing 60 - 160$

Matière A50

Nbre 4

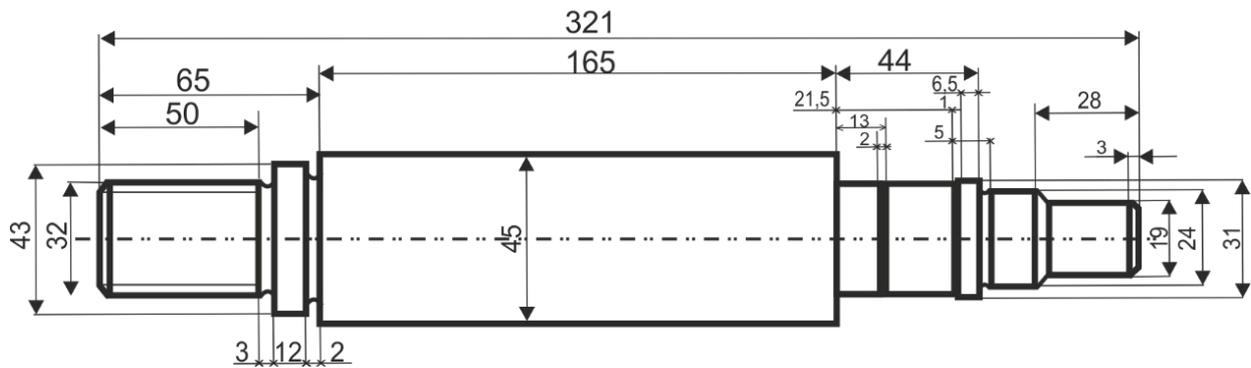


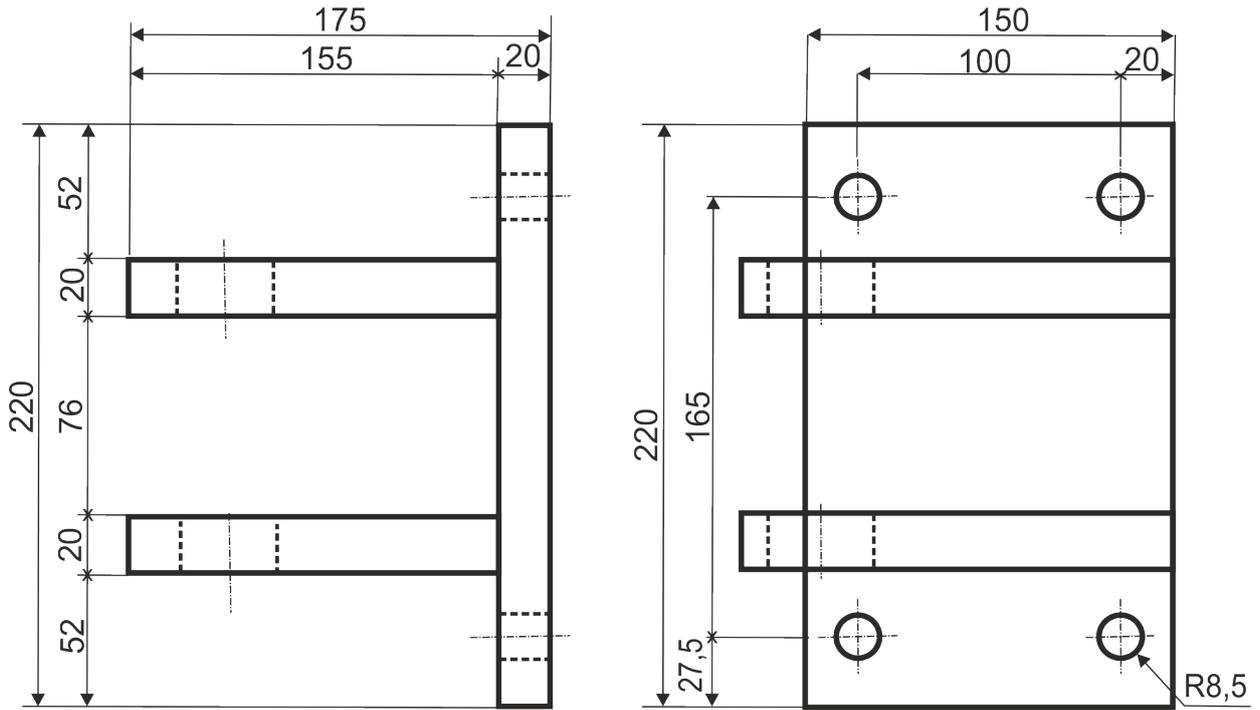
TIGE DE VÉRIN

Débit $\varnothing 50 \times 325$

Matière A50

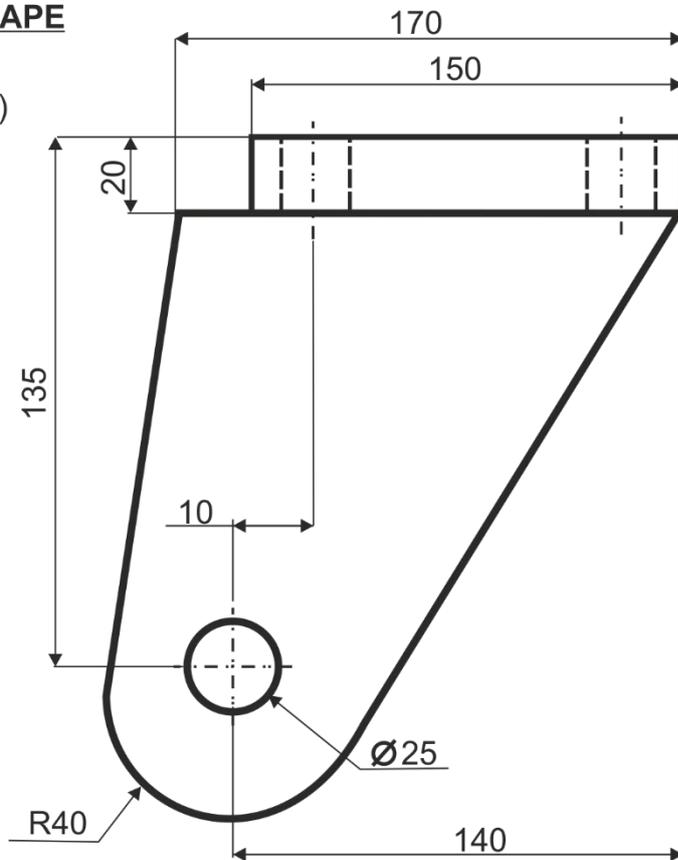
Nbre 4





ÉLÉMENT DE CHAPE

Matière E24 (A 37)



CONCLUSION

Une formation ne peut être efficace que si elle est suivie d'un stage pratique. Elle permet l'application des concepts théoriques à l'épreuve de terrain.

Le court passage de mon stage effectué au sein des AMM/SIDER était bénéfique pour moi et c'était une occasion de joindre mes connaissances pratiques.

A la lumière des points développés dans notre travail, on constate que les mécanismes de notre machine sont fiables sur le plan théorique. Cependant il est évident que la cisaille actuellement en place accuse beaucoup de défaillances. Il n'est pas rentable d'une part sur les plans qualitatifs et quantitatifs, et d'autre part sur le prix de revient. Ainsi elle perturbe la chaîne, la gamme et le plan de production de l'atelier en raison du phénomène répétitif de rupture.

Nous proposons pour remédier à ce problème une modification d'une grande simplicité n'entraînant ni un investissement important, ni une intervention fondamentale.

En conclusion, nous ne prétendons pas affirmer que notre étude résoudrait définitivement toutes les préoccupations affectant les équipes de planage, en revanche elle est de nature à améliorer leur rendement et à maîtriser un tant soit peu la capacité productive de l'atelier.

En tout état de cause, les éléments ayant prévalu à l'élaboration de ce mémoire peuvent servir de base fiable au lancement d'une étude plus poussée de nature à lever définitivement cette préoccupation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Génie mécanique (memontech) troisième édition Casteilla -25 rue -75005 paris de CLAUDE BARLIE ET BENOIT POULET.
- [2] A, BROUGHI & Med C. BENYAHIA, Mémoire d'ingénieur en Construction Mécanique, Université Badji Mokhtar Annaba, Juin 2001.
- [3] G.R. Nicole, Conception Et Calcul Des Eléments De Machines, Ecole D'ingénieurs De Fribourg (E.I.F.) Section De Mécanique, Volume 3 Version 1, Juin 2006.
- [4] Construction mécanique, tome 3, G. Lenormand, R. Mignée, J. Tinel, Foucher.
- [5] Golay F. Résistance des matériaux – Polycopiés. ISITV, Toulon et Var, 2005, 87p.
- [6] Fanchon J.L. Guide de mécanique: Sciences et technologie industrielle, Statique, Cinématique, Dynamique, Résistance des matériaux, Elasticité, Mécanique de fluides. Editions Nathan, Paris, 1998, 450p.
- [7] LARABA S. & DJIDJELI K. mémoire de master, thème « Conception et amélioration d'une cisaille guillotine pour tôles Tn-40 » 2018/2019, Département de mécanique, Université Saad Dahlab, Blida 1.
- [8] Cahier technique du constructeur FESTO « les Vérins », Belgique.
- Lien de téléchargement : https://www.festo.com/rep/fr-be_be/assets/pdf/Verins.pdf.
- [9] André CHEVALIER, « guide du dessinateur industriel », Hachette technique 2004, 336p.
- [10] [1] A. LETALNET, R. PASQUIN, J. TRIOULEINE, « Chaudronnerie - Constructions Métalliques », 1982, 175p.
- [11] [1] Christian WIELGOSZ, « Cours et exercices de Résistance des matériaux », ellipses, 1999, 311p.
- [12] Documentation technique, Sider, El Hadjar.
- [13] recueil des normes des produits sidérurgiques, tome 1 AFNOR.

-
- [14] Construction mécanique, tome 3, G. Lenormand, R. Mignée, J. Tinel, Foucher.
- [15] <http://www.star-su.com/>.
- [16] <http://www.cvmpp.com/>.
- [17] <http://www.ammi-caen.fr/index.php>.