

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR - ANNABA  
BADJI MOKHTAR – ANNABA UNIVERSITY



جامعة باجي مختار - عنابة

Faculté : TECHNOLOGIE  
Département : Génie Mécanique  
Domaine : SCIENCES ET TECHNOLOGIE  
Filière : Génie Mécanique  
Spécialité : Construction mécanique

## Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Thème:

Étude du système de cisailage et contribution à  
l'amortissement de chocs d'une cisaille volante

Présenté par : *MIROUH Diaeddine*

Encadrant: *Chellia Azzeddine*

UBMA

### Jury de Soutenance :

		UBMAnnaba	Président
Chellia Azzeddine		UBMAnnaba	Encadrant
		UBMAnnaba	Examineur

Année Universitaire : 2022/2023



## *Remerciements*

Avant tout, je remercie 'Allah' le tout puissant de m'avoir donné la santé, la force, le courage, la patience, la persistance et m'a permis d'exploiter les moyens disponibles

Afin d'accomplir ce modeste travail.

Merci de m'avoir éclairé le chemin de la réussite.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et remerciement les plus sincères

à mon encadrant Docteur ***CHELLIA Azzeddine*** pour son aide et ses

orientations judicieuses.

*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.*

Je remercie toute l'équipe du groupe ***Ferrovial*** et à tous les étudiants de master II de ma promotion 2023.

# *Dédicace*

*Je dédie ce travail à ma famille, qui m'a doté d'une éducation digne et d'un amour qui a fait de moi ce que je suis aujourd'hui.*

## *A ma chère maman*

*Pour m'avoir toujours écoutée, pour son soutien moral et ces précieux conseils.*

## *A mon cher papa*

*Qui m'a toujours aidé et guidé vers le chemin de la réussite, qui ont été toujours à côté de moi et qui m'ont soutenu tout au long de mon cursus et ont sacrifié leurs vies pour me satisfaire.*

## *A mes frères, et mes sœurs*

*Qui m'ont toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études.*

## *A mon cher amie imene*

## *A toute ma famille*

*A toutes les personnes qui me sont chères et que je n'ai pas cités.*

*Sans oublier tous mes professeurs.*

*Merci d'être toujours là pour moi*

***DiaEddine***

# *Résumé*

Dans ce mémoire, nous aborderons l'étude consistant à analyser les causes de défaillance des machines et équipements et contribuer à l'amélioration de la maintenance industrielle afin de favoriser le développement industriel du pays en améliorant la qualité et la fiabilité des machines et équipements de production.

Le problème que nous allons essayer de résoudre dans cette étude est le problème de la rupture de soudure due aux vibrations et aux chocs dans le travail de la cisaille.

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

- les solutions propose :

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

# ***Abstract***

In this thesis, we will approach the study consisting in analyzing the causes of failure of machinery and equipment and contributing to the improvement of industrial maintenance in order to promote the industrial development of the country by improving the quality and reliability of machinery and equipment. production.

The problem that we will try to solve in this study is the problem of weld breakage due to vibration and shock in the work of the shear.

We propose to solve this problem a modification of a great simplicity involving neither a significant investment, nor a fundamental intervention.

- proposed solutions:

- ❖ Fix the service air pressure (supply of the damping cylinders) at 2.26 bar instead of 3.5 bar.
- ❖ Replace the clevis fixing bolts (M 14 of quality 5.6) by bolts.
- ❖ M16 quality 8.8 or other, with identical mechanical characteristics.
- ❖ Take care scrupulously to only use the quality mentioned above, when replacing the bolts.
- ❖ Replace, keeping the same A50 material, the 24mm diameter axles with 27mm diameter axles.

## ملخص

في هذه الرسالة ، سنتطرق الى دراسة و تحليل أسباب تعطل الآلات والمعدات والمساهمة في تحسين الصيانة الصناعية من أجل تعزيز التنمية الصناعية للبلاد من خلال تحسين جودة وموثوقية الآلات والمعدات .

المشكلة التي سنحاول حلها في هذه الدراسة هي مشكلة انكسار اللحام بسبب الاهتزاز والصدمة في عمل القص.

نقترح لحل هذه المشكلة تعديل بسيط للغاية لا يتضمن استثماراً كبيراً ولا تدخلاً أساسياً.

- الحلول المقترحة :

❖ تثبيت ضغط هواء الخدمة (إمداد أسطوانات التخميد) عند 2.26 بار بدلاً من 3.5 بار

❖ استبدال براغي التثبيت Clevis ( M14 من الجودة 5.6) بمسامير

❖ جودة M16 8.8 أو غير ذلك ، مع خصائص ميكانيكية متطابقة.

❖ الحرص على عدم استخدام الجودة المذكورة أعلاه إلا عند استبدال البراغي.

❖ استبدال ، مع الاحتفاظ بنفس مادة A50 ، المحاور ذات القطر 24 مم بمحاور قطرها 27 مم.

# SOMMAIRE

---

Avant - Propos.....	9
Chapitre 1: Présentation succincte de l'entreprise.....	11
- Présentation succincte de l'entreprise .....	12
- Organigramme de l'entreprise .....	20
- Présentation de la structure d'accueil .....	21
Chapitre 2: Généralités sur le Découpage des tôles.....	23
- Introduction.....	29
-Procédés de découpage .....	24
- Etude descriptive sur la cisaille.....	9
- Définition .....	9
- Présentation de la cisaille guillotine.....	12
Chapitre 3 : Présentation de la cisaille et problématique .....	17
- Position du problème :.....	18
-Nomenclature des organes .....	19
-Fonctionnement de la cisaille :.....	20
-Etude technique du fonctionnement :.....	20
➤ Volant d'Inertie .....	20
➤ Efforts mis en jeu au niveau du système de la cisaille :.....	24
➤ Etude cinématique : .....	24
Chapitre 4 : Solution proposée et calculs: .....	30
- Détermination des contraintes :.....	31
- Remarque Importante : .....	31
- Elément de chape .....	32
- Section de travail : .....	32
- calcul de la contrainte pour les boulons :.....	37
➤ Calcul de la contrainte pour les Tiges des vérins : .....	37
➤ Axe support vérin :.....	38
➤ Récapitulatif des résultats obtenus :.....	39
➤ Taux de travail admissible pour les divers éléments.....	42
- SOLUTION PROPOSÉE:.....	50
CONCLUSION.....	53
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	54

## Liste des figures

Figure 1 : Bloc Administratif .....	12
Figure 2 : Wagons de transport de marchandise. ....	16
Figure 3 : Les locomotives de manœuvre. ....	16
Figure 4 : Les containers maritimes. ....	16
Figure 5 : Les bétonnières diesels et électriques. ....	17
Figure 6 : Les centrales à béton.....	17
Figure 7 : Les bennes tasseuses. ....	17
Figure 8 : vides fosses. ....	17
Figure 9 : Les produits forgés.....	18
Figure 10 : Les brouettes .....	18
Figure 11 : four de chauffage modèle CFI.....	19
Figure 12 : marteau de KH 500 modèle LASCO.....	20
Figure 13 : Presse à billes pour Découpage .....	25
Figure 14 : Machine à électroérosion au fil.....	4
Figure 15 : Plasma Microstep HPR 400 X .....	5
Figure 16 : Découpage par jet d'eau .....	6
Figure 17 : La découpe laser .....	7
Figure 18 : Equipement laser industriel 1000W Machine de découpe laser .....	8
Figure 19 : Cisaille guillotine pour tôles tn-40 (société SES).....	8
Figure 20 : Mécanisme de découpage des tôles.....	9
Figure 21 : Aspect de coupe.....	9
Figure 22 : Le jeu entre les lames .....	10
Figure 23 : Les Presses tôle.....	11
Figure 24 : Visualisation du cycle de coupe .....	11
Figure 25 : LA CISAILLE ET SES ORGANES .....	18
Figure 26 : Vérin d'amortissement .....	22
Figure 27 : Force d'inertie $F_0$ .....	25
Figure 28 : Représentation graphique (espace-vitesse- accélération) .....	27
Figure 29 : Représentation de $F_i$ , $F_v$ et $R$ .....	29
Figure 30 : Elément de chape .....	32
Figure 31 : Fixation des oreilles sur la base de la chape.....	33
Figure 32 : Représentation de la chape .....	36
Figure 33 : Axe support vérin : .....	38
Figure 34 : Axes effort vérin.....	51
Figure 35 : Tige de vérin .....	52
Figure 36 : element de chape .....	52

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau 1 : les matiérs de base et de communs.....</b>	<b>15</b>
<b>Tableau 2: Les ateliers de production.....</b>	<b>22</b>
<b>Tableau 3 : Procédés utilisés pour chaque série .....</b>	<b>8</b>

# *Avant - Propos*

La maintenance industrielle consiste à préserver le bon fonctionnement des machines et des équipements afin d'éviter les arrêts de production coûteux et les pertes de productivité. L'amélioration de la maintenance industrielle peut également contribuer à prolonger la durée de vie des machines et à réduire les coûts de remplacement.

Dans ce mémoire, il est possible que l'étude se concentre sur l'analyse des causes de défaillance des machines et des équipements, ainsi que sur le développement de stratégies de maintenance préventive pour éviter ces défaillances. Il est également possible que l'étude se penche sur l'utilisation des technologies innovantes telles que l'Internet des objets (IoT) pour améliorer la surveillance et la maintenance des équipements.

En fin de compte, l'objectif de ce mémoire est de contribuer à l'amélioration de la maintenance industrielle et, par conséquent, à l'efficacité et à la productivité de l'industrie dans son ensemble. Cela peut aider à renforcer le développement industriel du pays en améliorant la qualité et la fiabilité des machines et des équipements de production.

L'analyse et l'étude développée dans ce mémoire est une contribution afin d'apporter des solutions à un problème technique, affectant un équipement présentant des défaillances.

Le problème que nous allons essayer de considérer à travers ce qui précède est le problème de casse de soudure suite aux vibrations et chocs dans le travail de la cisaille.

Ce mémoire est partagé en quatre chapitres :

**Chapitre 1 :** Présentation succincte de l'entreprise

**Chapitre 2 :** Étude bibliographique : Généralités sur le découpage.

**Chapitre 3 :** Étude descriptive de la cisaille volante et présentation de la problématique

**Chapitre 4 :** Solution proposée et calculs

# *Chapitre 1*

## *Présentation succincte de l'entreprise*

## I. Présentation succincte de l'entreprise

### Introduction

L'entreprise est un site d'apprentissage pour toute personne voulant développer sa connaissance pratique. Bien entendu, l'entreprise est vouée à produire en qualité pour sauvegarder son label dans le monde Industriel.

L'entreprise FERROVIAL, nous a permis d'approcher ses ateliers de production, les labos de controlqualité, la sécurité et l'environnement. Son organisation, sera représentée par se chapitre.

### 1.1.Présentation de l'entreprise

Une vue succincte de l'entreprise FERROVIAL permettra au lecteur d'avoir une idée sur l'ensemble decette activité industrielle essentielle au développement économique et social de la région.



Figure 1 : Bloc Administratif

#### 1.1.1. Historique

FERROVIAL, Entreprise Publique Economique de Constructions de Matériels et Equipements Ferroviaires, spécialisée dans la fabrication et l'entretien de tous types de wagons de transport de marchandises et des produits de forge. Sa création remonte à 1936 sous l'appellation de **Société Nord-Africaine (SNAF)** qui construisait à l'origine des wagons de marchandises et des pièces de maintenance pour l'armée française.

Après sa nationalisation elle fut rattachée à la " **SN. METAL** " sous le nom de " **Unité ALLELICK** " du nom de la région de son implantation à Annaba.

Elle prend la dénomination de " **FERROVIAL** " en 1983 à la faveur de la restructuration des grandes entreprises pour devenir une EPE / Spa au passage à l'autonomie financière en 1989, structurée en quatre entités :

- *Le Siège*
- *Complexe Wagonnage*
- *Unité forge*
- *Unité maintenance industrielle.*

Actuellement elle fait partie des entreprises constituant le secteur public marchand industriel au niveau du Ministère de l'Industrie et des Mines- GROUPE SNVI.

### **1.1.2 Plan de situation**

FERROVIAL occupe une surface de 24 ha dont 6 ha de surface couverte, elle est située dans la zone D'ALLELICK sur la route d'El HADJAR dans la commune d'El BOUNI Willaya de Annaba, une partie de cette surface, soit 5,5 ha a été affectée à la JV CITAL qui a construit le site de montage des rames de tramways entré en exploitation en 2014 et dont FERROVIAL est actionnaire à hauteur de 41%.

Le site est globalement bien conçu, sauf qu'il est très ancien. Sa construction remonte aux années 1930 du temps de DIETRICH. Les bâtiments et les servitudes sont vieillissants et ne répondent plus aux exigences actuelles.

### **1.1.3 Développement et diversification**

Depuis sa création, FERROVIAL a étendu ses activités en 1972 par la construction d'une **forge universelle** destinée à la fabrication de pièces de forge pour le wagonnage et d'autres outils et articles de quincaillerie pour l'agriculture, la maçonnerie, la menuiserie et autres lui permettant ainsi de prendre des parts de marché de plus en plus importantes dans ce domaine.

En 1980 FERROVIAL a procédé à la modernisation de son outil de production par l'installation d'une chaîne de fabrication de bogies et en se dotant d'autres équipements modernes tels que les tours à commande numérique.

Dans le cadre de la diversification des produits, FERROVIAL a lancé plusieurs nouveaux produits tels que la bétonnière de 750 litres, la centrale à béton, la niveleuse, les ballons d'eau, les bennes taiseuses, les vide fosses, et les conteneurs en plus d'une modeste expérience dans le montage des voitures 4 x 4 et la construction navale (sardinier et avitailleur).

En 2010 l'entreprise est entrée en partenariat avec la Société française ALSTOM, spécialisée dans le ferroviaire, par la création d'une entreprise mixte CITAL, implantée à ANNABA sur site FERROVIAL qui a pour objet social le montage et la maintenance de rames de tramways, en cours de réalisation dans les grandes villes d'Algérie dénommée CITAL.

FERROVIAL envisage d'autres partenariats dans le domaine FERROVIAL tel que l'autorail, le métro ...

#### **1.1.4 Effectifs**

A fin mars 2018, FERROVIAL emploie 491 travailleurs : 405 permanents et 80 avec contrats à durée déterminée.

Ces effectifs sont répartis par fonction comme suit :

Production	: 279	– Cadres	03
Soutien	: 137	– Maîtrise	12
Administration	: 79	– Exécution	30

### 1.1.5 Atouts de FERROVIAL

Cumulant plus de cinquante années d'expérience dans le domaine de la fabrication du matériel ferroviaire, sans concurrence locale jusqu'à présent, et possédant un savoir-faire dans la transformation de l'acier. FERROVIAL dispose de :

- Installations et main d'œuvre flexibles pouvant s'adapter à toutes les situations.

- Un groupe pluridisciplinaire constitué d'ingénieurs et de techniciens hautement qualifiés capitalisant une longue expérience dans le domaine du design, de l'engineering, du contrôle, de la fabrication et de la commercialisation.

#### ❖ Infrastructures

FERROVIAL s'étend sur une surface de 24 hectares dont 5 hectares de surface couverte correspondant aux 10 bâtiments industriels dotés d'équipements conventionnels et à commande numérique tels que :

- Les machines-outils ;
- Les équipements de soudage et de coupage à gaz et au plasma ;
- Les équipements de découpe, de cintrage et de pliage ;
- Les équipements de forgeage et d'emboutissage ;
- Les équipements de traitement et d'enrobage.

#### ❖ les métiers

<u>les métiers de base</u>	<u>Les métiers communs</u>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>La Mécanique Générale</b> : Tournage, Fraisage, Alésage, Rectification, ...</li> <li>• <b>La Chaudronnerie</b>: Techniques de Soudures et Montage.</li> <li>• <b>La Maintenance</b> : Electromécanique, électronique, hydraulique</li> <li>• <b>Etudes et Conception</b> : Dessin en Construction Mécanique</li> <li>• Forge et estampage, emboutissage, Peinture /sablage</li> <li>• Contrôle qualité.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'Administration,</li> <li>• Comptabilité,</li> <li>• Finance,</li> <li>• Commercial,</li> <li>• Gestion personnel et formation.</li> </ul>

Tableau 1 : les métiers de base et de communs

## 1.1.6 Produits commercialisés

### 1.1.6.1 Produit ferroviaires

✚ Tous types de wagons de transport de marchandises.



Figure 2 : Wagons de transport de marchandise.

✚ Les locomotives de manœuvre de 600 et 800 CV.



Figure 3 : Les locomotives de manœuvre.

### 1.1.6.2 Produit de diversification :

✚ Les containers maritimes de 20 et 40 pieds.



Figure 4 : Les containers maritimes.

Les bétonnières diesels et électriques de 750 litres.



Figure 5 : Les bétonnières diesels et électriques.

Les centrales à béton

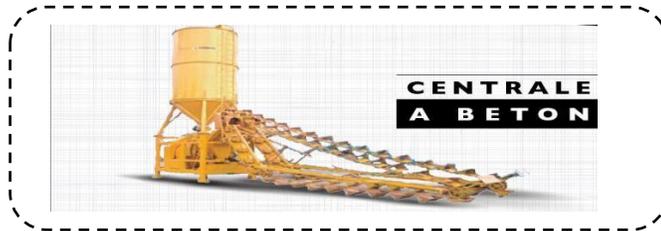


Figure 6 : Les centrales à béton.

Les bennes tasseuses.

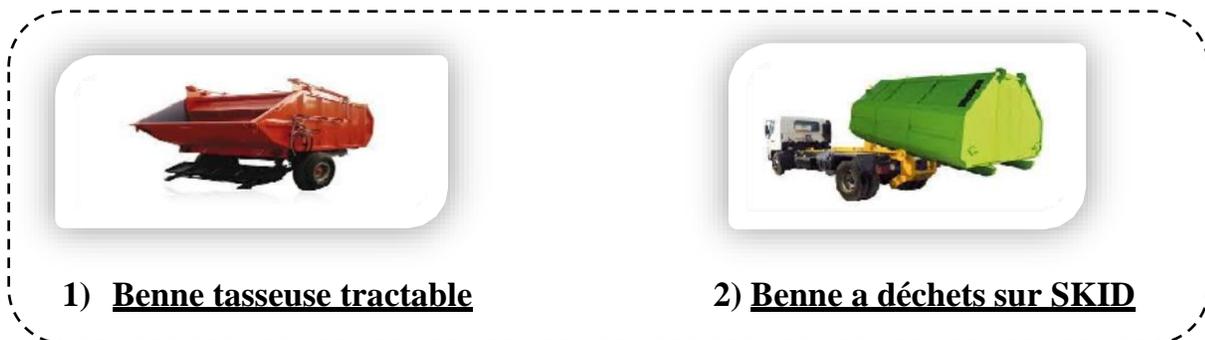


Figure 7 : Les bennes tasseuses.

Les vides fosses.



Figure 8 : vides fosses.

### 1.1.6.3 Produits forgés

✚ Les produits forgés.



Figure 9 : Les produits forgés.

✚ Les brouettes.



Figure 10 : Les brouettes

- + Les produits de sous traitance et de substitution ;
- + Les appareils de voie ;
- + Les voitures tous terrains.

Durant ces dernières années, FERROVIAL a eu à exporter ses produits (wagons et bétonnières) vers:

- *L'Irak a deux reprise, la dernière date de livraison était en 2004 ;*
- *Le Gabon ;*
- *L'URSS ;*
- *La RDA ;*

FERROVIAL a eu aussi à participer à des appels d'offres internationaux:

- *La Syrie ;*
- *La Tunisie ;*
- *Le Mali ;*
- *Le Maroc ;*
- *La Mauritanie.*

### 1.1.7 Projets

FERROVIAL envisage d'élargir sa gamme de produits vers d'autres créneaux porteurs tels que :

- *Les voitures de transport de voyageurs;*
- *Les voitures pour le métro d'Alger ;*
- *Les locomotives de manœuvre de 300cv ;*
- *Les containers de 40 pieds.*

### 1.1.8 Capacité de production

#### A. Chauffage



Figure 11 : four de chauffage modèle CFI

## B. Matricage



Figure 12 : marteau de KH 500 modèle LASCO

## C. Pressage

## D. Laminage

## E. Cisailage

## F. Tronçonnage

## G. Grenailage

## H. Machines-outils

### 1.2 Organigramme de l'entreprise

Organisation, on représente les directions existantes à l'entreprise tel que :

**D.G** : directeur général.

**DRHM** : direction de ressources humaines et moyennes.

**DC** : direction commerciale.

**DFC** : direction des finances et comptabilités.

**DPCG** : direction programmation et contrôle.

**DA** : direction d'approvisionnements.

**DD** : direction développement.

**DUC** : direction unité du complexe.

**DUF** : direction unité de forge.

## 2. Présentation de la structure d'accueil

Elle est dotée de machine outils haute performances. D'installation modern et d'un personnel qualifié dont elle emploie actuellement environ les 264 effectifs. Cette unité dispose aussi de plusieurs ateliers spécialisés dansdes activités divers, dont la plus importante est le « secteur wagonnage»

Ces ateliers réalisent une gamme variée de wagons destinés à plusieurs usages, et des matériels des travaux publics, ainsi que le montage des voitures 4X4 et des locaux tracteurs de 600et800 chevaux.

L'unité comporte plusieurs structure liées hiérarchiquement de manière attendre ses objectifs.

En haute de la hiérarchie : on trouve la direction unité complexe dont les tâche de la direction sont réunies comme suit :

- Gestion global de l'unité avec coordination entre les structures du complexe avec des structures
- centraleset les relations externes avec les clients.
- Relance des productions avec objectif la concrétisation des valeurs à atteindre.
- Veiller au respect de la discipline
- Diriger l'équipe qui compose le staff du complexe
- S'assurer que les actions programmées sont menées à temps avec l'efficacité nécessaire.
- Veiller à assurer un plan de charge du complexe
- Veiller au recouvrement de la créance pour assurer le paiement des salaires à temps et assurer une surfacefinancière permettant l'achat des pièces et des produits pour le bon fonctionnement.

### 2.1 Division production

- contrôle des travaux
- Prise de décision.
- Prendre en main le département technique.
- Prendre en charge le département d'étude.

Le divisionnaire de production gère les services et les départements suivants :

#### ➤ **Département technique**

- Sous-traitance
- Bureau d'ordonnancement et lancement
- Méthode

#### ➤ **Service étude:** Il contient deux sections :

- Section etude
- Section calcul et normalization

- **Département commercial**
- **Département comptabilité**
- **Département achat**
- **Service transit**

## 2.2 Les ateliers de production

Désignation des ateliers	Tâches	Nombre des machines
<b>B0</b>	Renaillage des pièces (nettoyage)	<b>03</b>
<b>B1</b>	Fabrication des brouettes.	<b>12</b>
<b>B2</b>	Peinture des produits finis.	<b>17</b>
<b>B3</b>	Usinage mécanique (tournage, fraisage, filetage).	<b>177</b>
<b>B4</b>	Salles de compresseur (production d'air + magasin général).	<b>123</b>
<b>B5</b>	Débitage et chaudronnerie + montage du sous-ensemble.	<b>123</b>
<b>B6/B9</b>	Montage wagon, bétonnière, central a béton, bateau Sardinier, citerne.	<b>83/66</b>
<b>B7</b>	Forge universelle (parachèvement et estompage).	<b>42</b>
<b>B8</b>	Menuiserie fabrication des mobilières de bureaux pour l'entreprise et la vente.	<b>42</b>
<b>B10</b>	Fabrication d'outillage nécessaire pour la réalisation d'un produit.	<b>15</b>
<b>B11</b>	Fabrication des bogies.	<b>84</b>
<b>B12</b>	Entretien wagon et fabrication des locotracteurs.	<b>30</b>
<b>B13</b>	Usinage mécanique (unité de forge).	<b>23</b>

**Tableau 2: Les ateliers de production.**

## *Chapitre 2*

### *Généralités sur le Découpage des tôles*

## **I. Introduction**

Le découpage des tôles est un processus de fabrication courant dans l'industrie qui consiste à découper des feuilles de métal en pièces plus petites, plus faciles à manipuler et à utiliser dans les produits finaux.

Le processus de découpage peut être effectué de plusieurs manières, notamment par découpage au jet d'eau, par découpage au laser, par découpage au plasma et par poinçonnage.

Le choix de la méthode de découpage dépendra des spécifications du produit final, de la qualité de la coupe requise, de la précision nécessaire et des coûts impliqués.

Le découpage peut être réalisé manuellement ou avec des machines automatisées. Les machines de découpage automatisées peuvent offrir une plus grande précision et une productivité accrue, mais nécessitent des investissements plus importants.

Le découpage des tôles peut également impliquer d'autres opérations, telles que le pliage, le perçage et le fraisage, pour produire des pièces finies de forme complexe et fonctionnelle.

En somme, le découpage des tôles est un processus important dans la fabrication de produits en métal et peut être réalisé de différentes manières en fonction des besoins spécifiques de chaque projet.

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

### **I. 1.a. Moyennes et grandes séries :**

Effectivement, pour les petites et moyennes séries de production, il est courant d'utiliser des différentes techniques pour le découpage des tôles. Ces techniques comprennent :

- **L'oxycoupage** : un procédé thermique qui utilise une flamme d'oxygène pour découper la tôle. Le métal est chauffé jusqu'à sa température de combustion, puis l'oxygène est introduit pour brûler le métal et créer une ligne de découpe. Cette méthode convient aux matériaux épais et offre une grande vitesse de découpe, mais elle peut produire des bords rugueux.
- **Les découpages plasma traditionnel ou à jet fin** : un autre procédé thermique qui utilise un jet de plasma haute température pour découper la tôle. Le plasma est créé en ionisant un gaz comprimé pour créer une température très élevée. Cette méthode convient aux matériaux épais et offre une grande vitesse de découpe et une bonne qualité de finition.

- **Le découpage au laser** : comme mentionné précédemment, le découpage au laser utilise un faisceau laser pour découper la tôle. Cette méthode convient aux matériaux fins et offre une grande précision et une finition de qualité supérieure.
- **Le découpage au jet d'eau abrasif** : un procédé abrasif qui utilise un jet d'eau à haute pression avec des particules abrasives pour découper la tôle. Cette méthode convient à une grande variété de matériaux, y compris les métaux, les plastiques et les composites. Elle offre une grande précision et une finition de qualité supérieure.
- **Le découpage à la presse** : Est un processus de découpage qui utilise une presse mécanique pour découper des pièces en série. Cette méthode est utilisée pour les moyennes et grandes séries de production, car elle permet une production en série rapide et efficace. La presse est équipée d'un outil de découpage, qui peut être un poinçon ou une matrice. La tôle est placée sur la table de travail de la presse, et l'outil de découpage est abaissé sur la tôle pour la découper selon une forme prédéterminée. Cette méthode convient aux matériaux fins et épais et offre une grande précision et une vitesse de production élevée.
- **Le découpage à la presse** est utilisé pour produire des pièces en grande quantité, telles que les pièces automobiles, les pièces d'appareils électroménagers, les pièces d'équipements industriels, etc... Il existe plusieurs types de presses de découpage, y compris les presses mécaniques, hydrauliques et pneumatiques, chacune ayant des avantages et des inconvénients en fonction des besoins de production. La conception de l'outil de découpage peut également varier en fonction de la forme et de la taille des pièces à découper. Le découpage à la presse est donc une méthode très polyvalente et largement utilisée pour la production en série de pièces découpées.



**Figure 13 : Presse à billes pour Découpage**

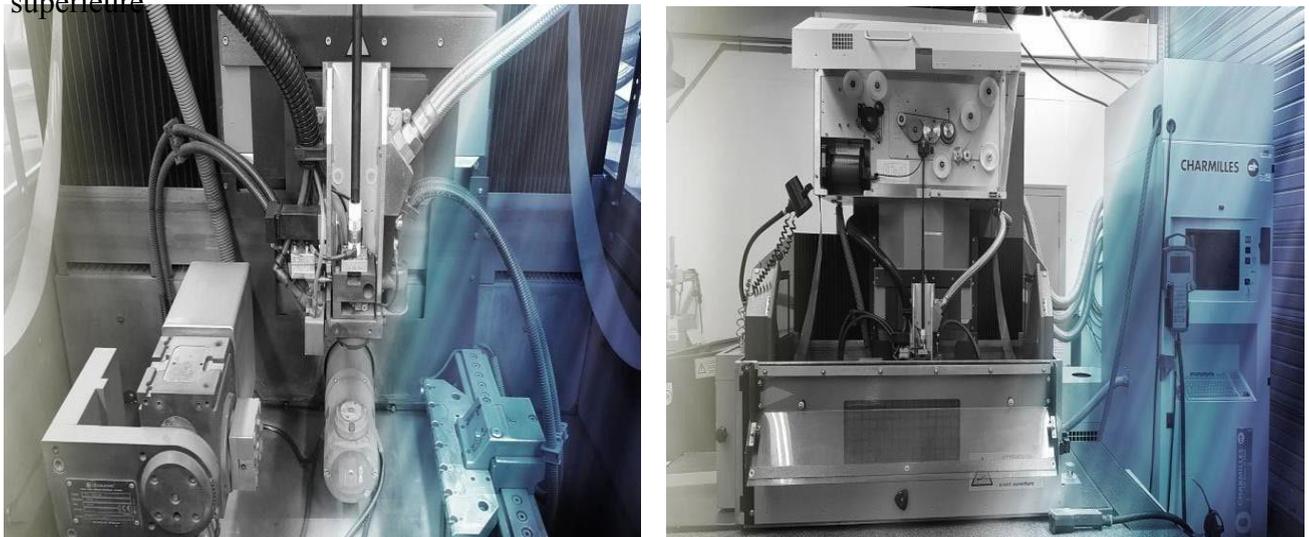
## I. 1.b. Petites séries

- *L'électroérosion au fil*

L'électroérosion au fil, également connue sous le nom de découpe au fil EDM (Electrical Discharge Machining), est une technique de découpage de précision utilisée pour les matériaux conducteurs tels que les métaux. Cette technique utilise un fil fin en laiton ou en cuivre qui est utilisé comme électrode. Le fil est entraîné par un système de commande numérique (CNC) pour suivre une trajectoire pré-programmée, en créant ainsi une découpe de précision.

Le fil est placé très près de la tôle, et une différence de potentiel électrique est appliquée entre le fil et la tôle. Lorsque la tension atteint une valeur critique, un arc électrique se produit, qui vaporise le matériau de la tôle. Les particules vaporisées sont évacuées par un jet d'eau ou une aspiration pour créer la forme de découpe souhaitée. Cette méthode permet de réaliser des découpes très précises avec des bords très nets.

L'électroérosion au fil est utilisée dans la production de pièces de précision pour les secteurs tels que l'aéronautique, l'automobile, l'électronique et l'outillage. Elle est particulièrement adaptée pour la découpe de pièces complexes et de formes irrégulières, ainsi que pour la découpe de matériaux durs et résistants à la découpe, tels que les aciers trempés. Cependant, cette technique est relativement lente et peut être coûteuse, elle est donc généralement utilisée pour des productions de petites séries ou pour des pièces nécessitant une grande précision et des finitions de qualité supérieure.



**Figure 14 : Machine à électroérosion au fil**

### I. 1.c. Petites et moyennes séries

- ***La découpe de métaux par plasma***

La découpe de métaux par plasma est un procédé de découpe thermique qui utilise un jet de plasma pour couper des métaux conducteurs. Le plasma est un gaz ionisé à haute température qui peut atteindre des températures supérieures à 20 000 degrés Celsius.

Le procédé de découpe par plasma implique la création d'un arc électrique entre une électrode (généralement en tungstène) et la pièce à couper. Lorsque l'arc est créé, un gaz est introduit dans la chambre de coupe, où il est ionisé pour former le plasma. Le plasma est alors expulsé à grande vitesse à travers une buse vers la pièce à couper, où il provoque la fusion et la vaporisation du métal.

La découpe par plasma est un procédé efficace et précis qui peut être utilisé pour couper une variété de métaux et d'épaisseurs.

Il est souvent utilisé dans les industries de la construction navale, de la fabrication de machines et de l'aérospatiale. Les avantages de la découpe par plasma comprennent une vitesse de coupe élevée, la capacité de couper des métaux épais et la capacité de couper des formes complexes avec une grande précision.

Cependant, la découpe par plasma peut avoir des inconvénients tels que la production de fumées et de gaz toxiques, ainsi que la nécessité de nettoyer les bords de coupe après la découpe. De plus, la qualité de la coupe peut être affectée par des facteurs tels que la pression du gaz, la distance de la buse à la pièce et l'épaisseur du matériau



**Figure 15 : Plasma Microstep HPR 400 X**

- **Découpage par jet d'eau**

Le découpage par jet d'eau est un procédé de découpe non thermique qui utilise un jet d'eau à haute pression pour couper une variété de matériaux, y compris les métaux, les composites, les plastiques et les pierres.

Le processus de découpage par jet d'eau implique l'utilisation d'une pompe haute pression pour pressuriser de l'eau pure à une pression allant jusqu'à 6000 bars. Le jet d'eau est ensuite dirigé à travers une buse de diamant qui concentre le jet en un faisceau étroit, ce qui permet une découpe très précise.

Le jet d'eau peut également être utilisé avec des abrasifs tels que le sable pour couper des matériaux plus durs tels que la pierre et le verre. Cette technique est connue sous le nom de découpage par jet d'eau abrasif.

Les avantages de la découpe par jet d'eau comprennent une grande précision de coupe, la capacité de couper une variété de matériaux sans produire de chaleur ou de déformation, et une faible consommation d'énergie. De plus, le procédé ne produit pas de fumées ou de poussières toxiques, ce qui le rend plus sûr et plus respectueux de l'environnement que les méthodes de découpe thermique.

Cependant, la découpe par jet d'eau peut être plus lente que les méthodes de découpe thermique et peut ne pas être aussi efficace pour couper des métaux très épais ou des matériaux très durs. De plus, le coût initial d'achat et d'installation d'une machine de découpe par jet d'eau peut être plus élevé que celui des machines de découpe thermique



**Figure 16 : Découpage par jet d'eau**

- **La découpe laser :**

La découpe laser est un processus de fabrication utilisé pour découper des matériaux en utilisant un faisceau laser. Le faisceau laser est concentré sur la surface du matériau, ce qui génère de la chaleur et vaporise ou brûle le matériau, créant ainsi une ligne de découpe. Cette méthode de découpe est largement utilisée dans l'industrie pour la découpe de métaux, de plastiques, de bois, de tissus et d'autres matériaux.

La découpe laser offre plusieurs avantages par rapport aux autres méthodes de découpe, tels que la découpe au jet d'eau ou la découpe au plasma. Tout d'abord, le faisceau laser est extrêmement précis, ce qui permet de découper des formes complexes avec une grande précision. De plus, la découpe laser est beaucoup plus rapide que les autres méthodes de découpe, ce qui permet de produire des pièces en grande quantité avec une grande efficacité.

Il existe plusieurs types de lasers utilisés pour la découpe laser, notamment les lasers à fibre, les lasers à gaz et les lasers à semi-conducteurs. Chacun de ces types de lasers a des avantages et des inconvénients, et le choix du laser dépend du matériau à découper, de la qualité de la découpe requise et de la vitesse de production souhaitée.



**Figure 17 : La découpe laser**



Figure 18 : 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 3 : 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 cisailage de la TN40. C'est une **Cisaille pour tôles TN-40**.



Figure 19 : Cisaille guillotine pour tôles tn-40 (société SES)

## I.2 Etude descriptive sur la cisaille

### I.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.

C'est une machine qui consiste à séparer le métal par glissement à l'aide de 2 lames tranchantes. Le cisaillement du métal se réalise avec un outil de coupe constitué de deux lames à arêtes vives qui glissent l'une contre l'autre en exerçant deux efforts  $F$  et  $F'$ .

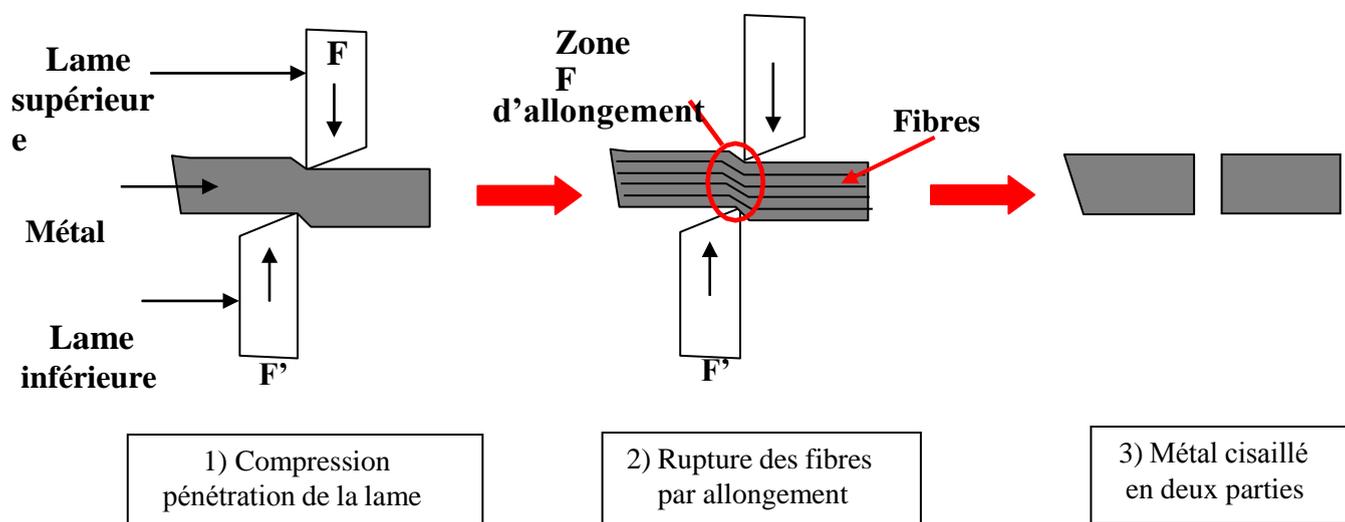


Figure 20 : Mécanisme de découpage des tôles

### ➤ Visualisation de la rupture du métal lors de la coupe

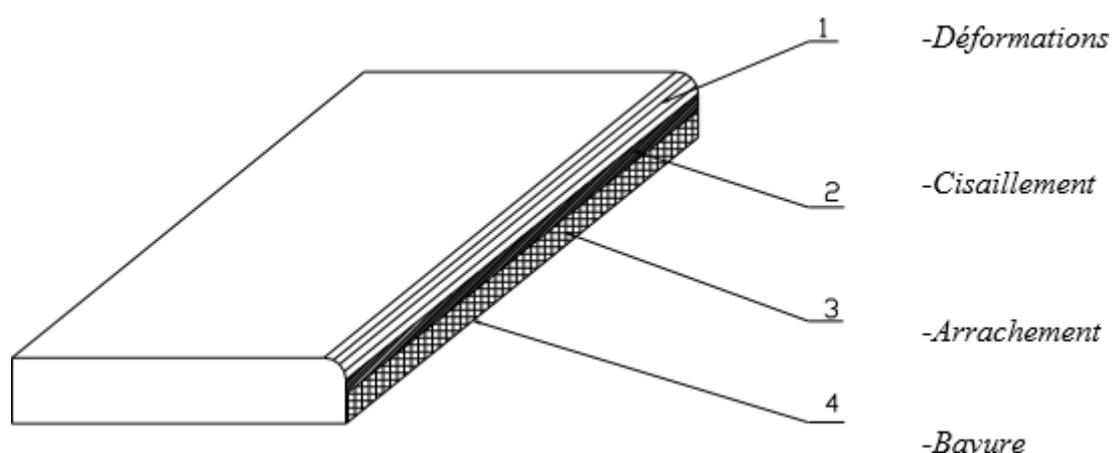
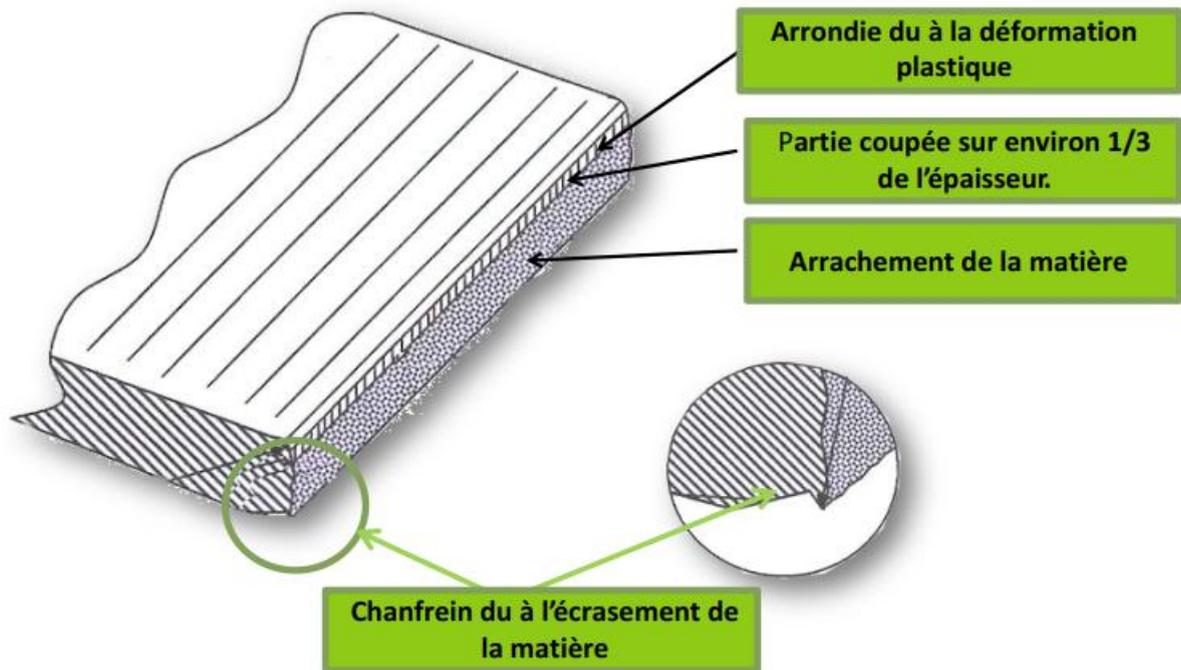


Figure 21 : Aspect de coupe



➤ **Le jeu entre les lames :**

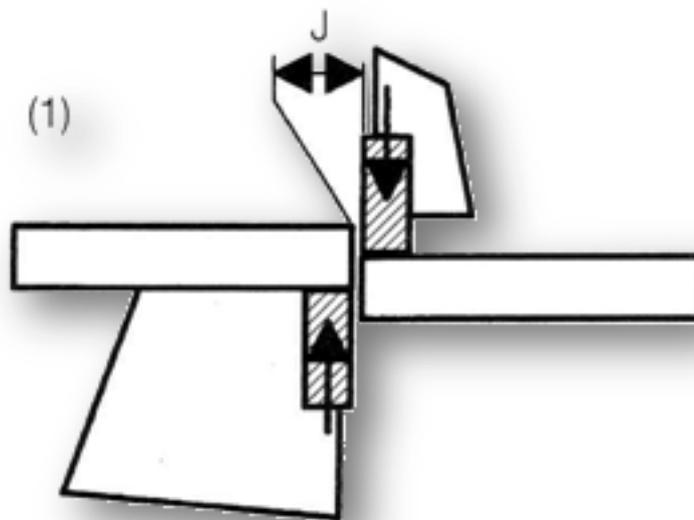


Figure 22 : Le jeu entre les lames

Il est indispensable que ces lames soient écartées d'un jeu « J ».

Le jeu « J » doit être égal **au 1/10** de l'épaisseur de métal à trancher.

➤ **Les Presses tôle :**

- ❖ Ce jeu crée un couple qui pourrait faire pivoter la tôle. (2) Il doit être compensé.
- ❖ Ce couple est compensé par les presses tôle (3)

A cet effet, les cisailles guillottes sont équipés de « **Presse tôle** »

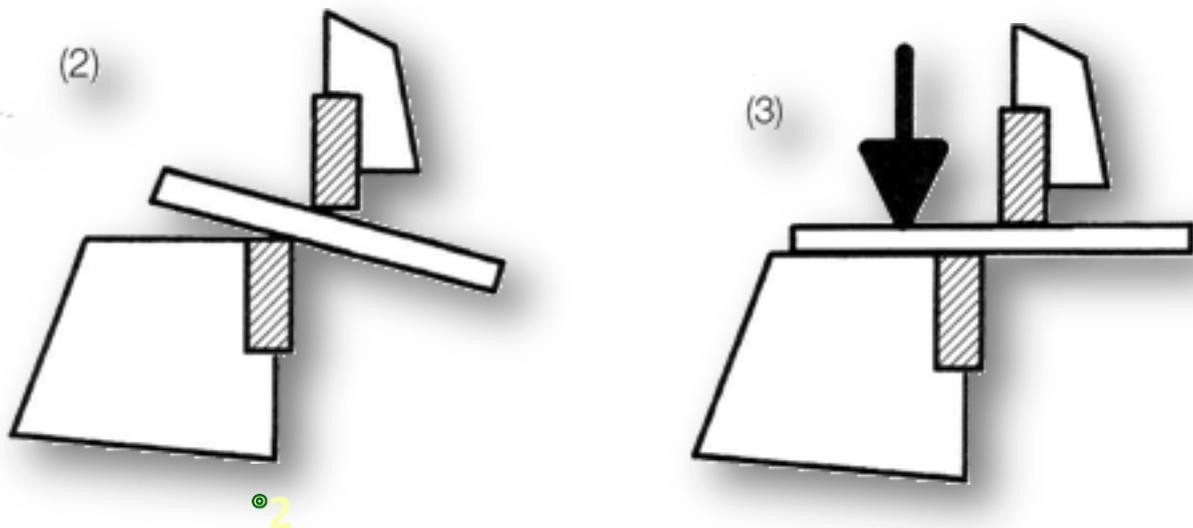


Figure 23 : Les Presses tôle

➤ **Visualisation du cycle de coupe**

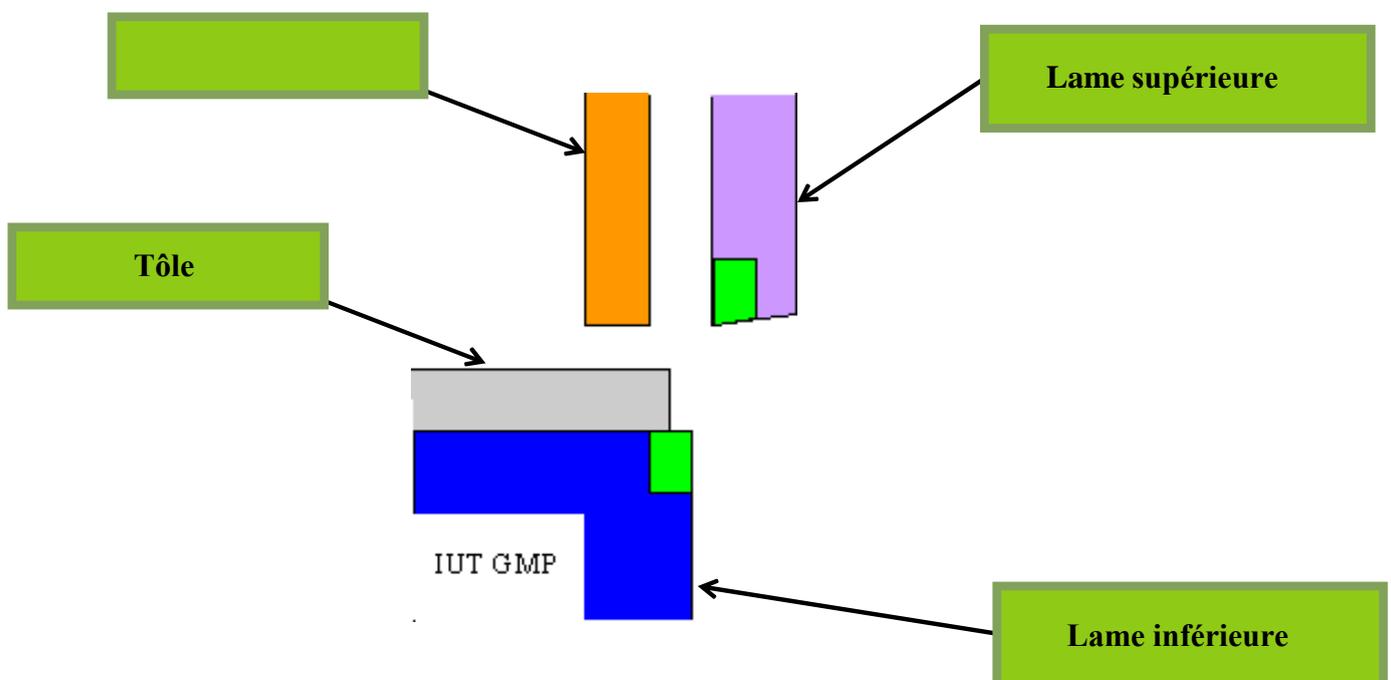
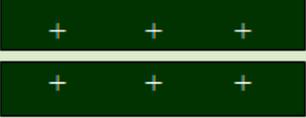
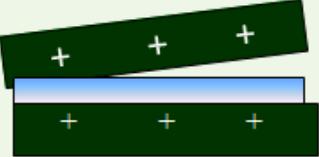
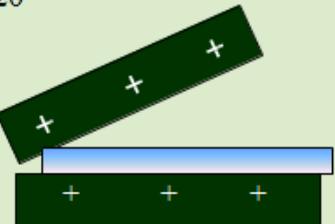
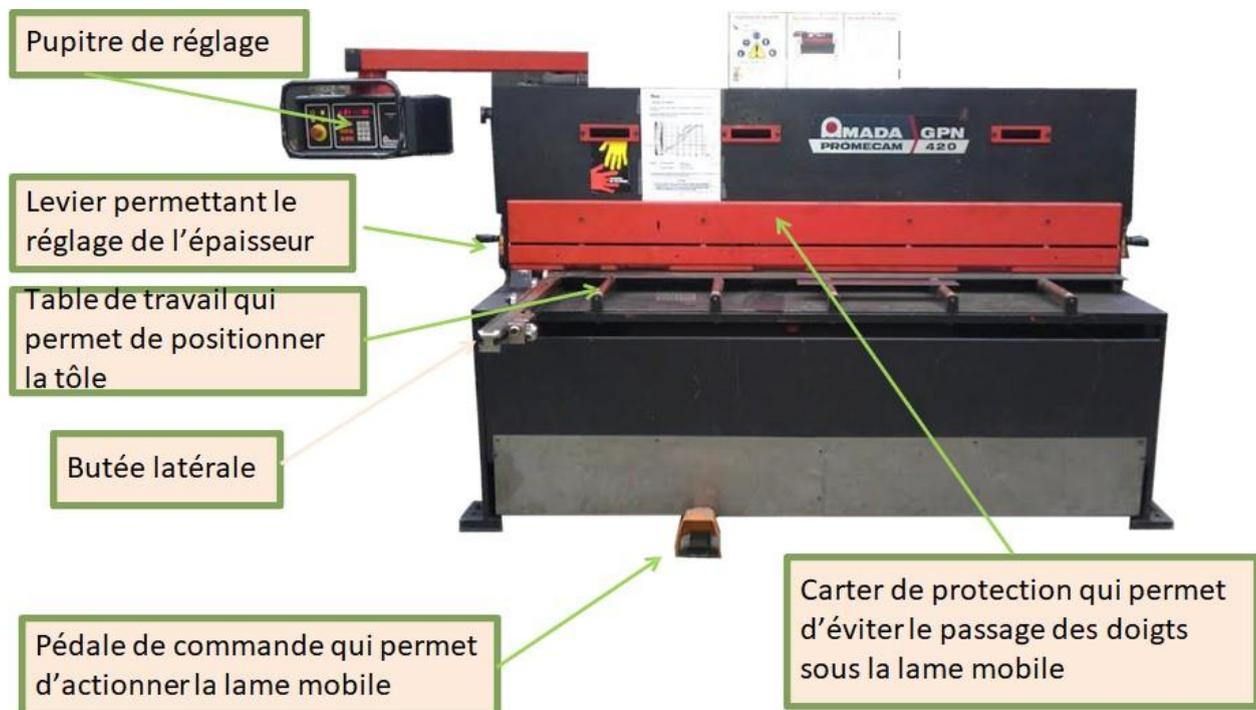


Figure 24 : Visualisation du cycle de coupe

➤ Incidence de l'angle de coupe

Valeur de l'angle	Effort	Déformation
$\alpha = 0^\circ$ 	Très important	Presque nulle
$\alpha = 5^\circ \text{ à } 20^\circ$ 	Réduit par la dimension de la surface mise en contact	Plus $\alpha$ augmente plus la déformation est importante.
$\alpha > 20^\circ$ 	Très réduit	Mais la tôle se dérobe

### I.3 Présentation de la cisaille guillotine

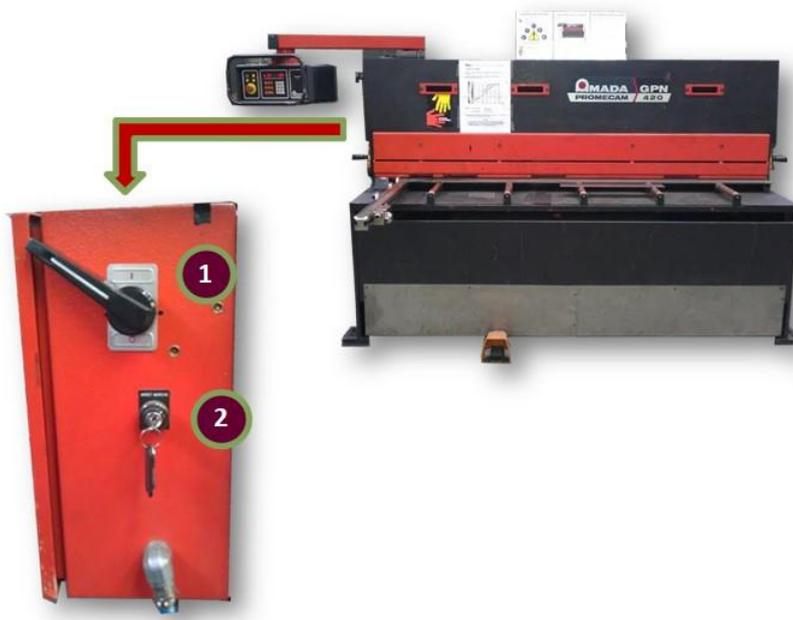


### I.3.1 Fonctionnement de la cisaille volante

La cisaille hydraulique "4100 x 16" fonctionne grâce à un système hydraulique. Voici un aperçu du fonctionnement général de cette cisaille :

1. **Réglage des paramètres :** Avant d'utiliser la cisaille, vous devez régler les paramètres tels que la longueur de coupe et l'épaisseur du matériau.
2. **Chargement du matériau :** Placez le matériau à couper sur la table de la cisaille, en vous assurant qu'il est correctement positionné pour une coupe précise.
3. **Activation du système hydraulique :** Une fois que le matériau est en place, activez le système hydraulique de la cisaille. Cela peut se faire via des commandes manuelles ou à l'aide d'un panneau de contrôle.
4. **Descente du vérin hydraulique :** Le vérin hydraulique descend, exerçant une pression sur le matériau à travers la lame de coupe. Cette pression est générée par un fluide hydraulique sous haute pression.
5. **Coupe du matériau :** Lorsque le vérin hydraulique descend, la lame de coupe s'abaisse et coupe le matériau selon la longueur spécifiée. La lame doit être suffisamment robuste pour couper l'épaisseur maximale indiquée (dans ce cas, 16 mm).
6. **Retour du vérin hydraulique :** Une fois la coupe terminée, le vérin hydraulique remonte, éloignant la lame de coupe du matériau.
7. **Évacuation du matériau coupé :** Retirez le matériau coupé de la table de la cisaille et préparez-le pour la suite du processus de fabrication ou de traitement.

Il est important de noter que les spécificités du fonctionnement peuvent varier selon le modèle et le fabricant de la cisaille hydraulique. Il est essentiel de se référer au manuel d'utilisation fourni par le fabricant pour obtenir des instructions détaillées sur le fonctionnement spécifique de la cisaille "4100 x 16" que vous utilisez.



## ➤ Les études techniques des fonctionnements

Les études techniques des fonctionnements d'une cisaille hydraulique "4100 x 16" peuvent comprendre les aspects suivants :

1. **Étude des composants** : Il est essentiel de comprendre les différents composants de la cisaille hydraulique, tels que le vérin hydraulique, la lame de coupe, le système hydraulique, les commandes, etc. Cette étude implique de comprendre leur fonctionnement individuel et leur interaction pour assurer un fonctionnement efficace de la machine.
2. **Système hydraulique** : Une étude détaillée du système hydraulique est nécessaire pour comprendre comment il génère et contrôle la pression hydraulique. Cela inclut l'identification des composants clés tels que la pompe hydraulique, les distributeurs, les vérins et les valves, ainsi que la compréhension de leur fonctionnement et de leurs réglages.
3. **Capacités de coupe** : Il est important d'étudier les spécifications de coupe de la cisaille, y compris la longueur maximale de coupe et l'épaisseur maximale du matériau. Cela permet de déterminer les limites de la machine et d'évaluer sa compatibilité avec les matériaux et les besoins de production spécifiques.
4. **Mécanismes de sécurité** : Une étude approfondie des mécanismes de sécurité de la cisaille est essentielle pour garantir un fonctionnement sûr. Cela inclut la compréhension des dispositifs de protection, tels que les capteurs de sécurité, les dispositifs d'arrêt d'urgence et les protections contre les surcharges, ainsi que leur rôle dans la prévention des accidents.
5. **Maintenance et entretien** : Il est important d'étudier les procédures de maintenance recommandées par le fabricant pour assurer un fonctionnement optimal de la cisaille hydraulique. Cela comprend la lubrification des composants, l'inspection régulière des pièces d'usure, le remplacement des filtres et le respect des intervalles de maintenance recommandés.
6. **Programmation et automatisation (le cas échéant)** : Si la cisaille hydraulique est équipée de fonctionnalités de programmation ou d'automatisation, une étude approfondie de ces fonctionnalités est nécessaire. Cela peut impliquer l'apprentissage des commandes de programmation, des paramètres de coupe prédéfinis et de l'intégration avec d'autres équipements dans un processus de production automatisé.

Il est important de se référer au manuel d'utilisation et aux spécifications techniques fournis par le fabricant de la cisaille hydraulique "4100 x 16" pour obtenir des informations précises et détaillées sur son fonctionnement. Ces documents fournissent des instructions spécifiques et des recommandations de sécurité pour une utilisation appropriée de l'équipement

➤ **efforts mis en jeu au niveau des systèmes de la cisaille.**

Au niveau des systèmes d'une cisaille hydraulique, plusieurs types d'efforts sont mis en jeu pour permettre son fonctionnement. Voici les principaux :

1. **Efforts hydrauliques** : Les systèmes hydrauliques utilisent la pression d'un fluide pour générer les forces nécessaires à la coupe. Un vérin hydraulique est sollicité pour appliquer une force de descente sur la lame de coupe. L'intensité de cet effort hydraulique dépend de la pression du fluide hydraulique fourni par la pompe hydraulique et du diamètre du vérin.
2. **Efforts de coupe** : Lorsque la lame de coupe descend, elle exerce une force sur le matériau à couper. L'intensité de cet effort de coupe dépend de plusieurs facteurs, tels que l'épaisseur et la résistance du matériau, la longueur de coupe et l'angle de la lame de coupe. Une cisaille hydraulique "4100 x 16" est conçue pour exercer des forces suffisantes pour couper des matériaux d'une épaisseur maximale de 16 mm.
3. **Efforts de maintien** : Pendant le processus de coupe, il est essentiel de maintenir le matériau fermement en place pour éviter tout glissement ou déformation. Des dispositifs de serrage, tels que des pinces ou des mâchoires, peuvent être utilisés pour maintenir le matériau en position pendant la coupe. Ces dispositifs doivent exercer une pression suffisante pour éviter tout mouvement indésirable du matériau.
4. **Efforts de retour** : Une fois la coupe terminée, la lame de coupe doit remonter à sa position initiale. Cela peut être réalisé grâce à l'utilisation du vérin hydraulique inverse qui exerce une force pour ramener la lame à sa position de repos. La force de retour dépend de la conception du système hydraulique et de la résistance au mouvement de la lame.
5. **Efforts structurels** : Les systèmes de la cisaille doivent être capables de supporter les charges et les contraintes générées pendant la coupe. Cela implique que la structure de la cisaille soit suffisamment robuste et rigide pour résister aux forces et aux vibrations générées pendant le processus de coupe.

Il est important de noter que les efforts mis en jeu peuvent varier en fonction du modèle et des spécifications de la cisaille hydraulique. Les fabricants fournissent généralement des informations détaillées sur les capacités et les forces de leurs cisailles dans les documents techniques et les manuels d'utilisation.

*Partie technique et  
analyse du problème*

## *Chapitre 3*

### *Présentation de la cisaille et problématique*

## I. 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

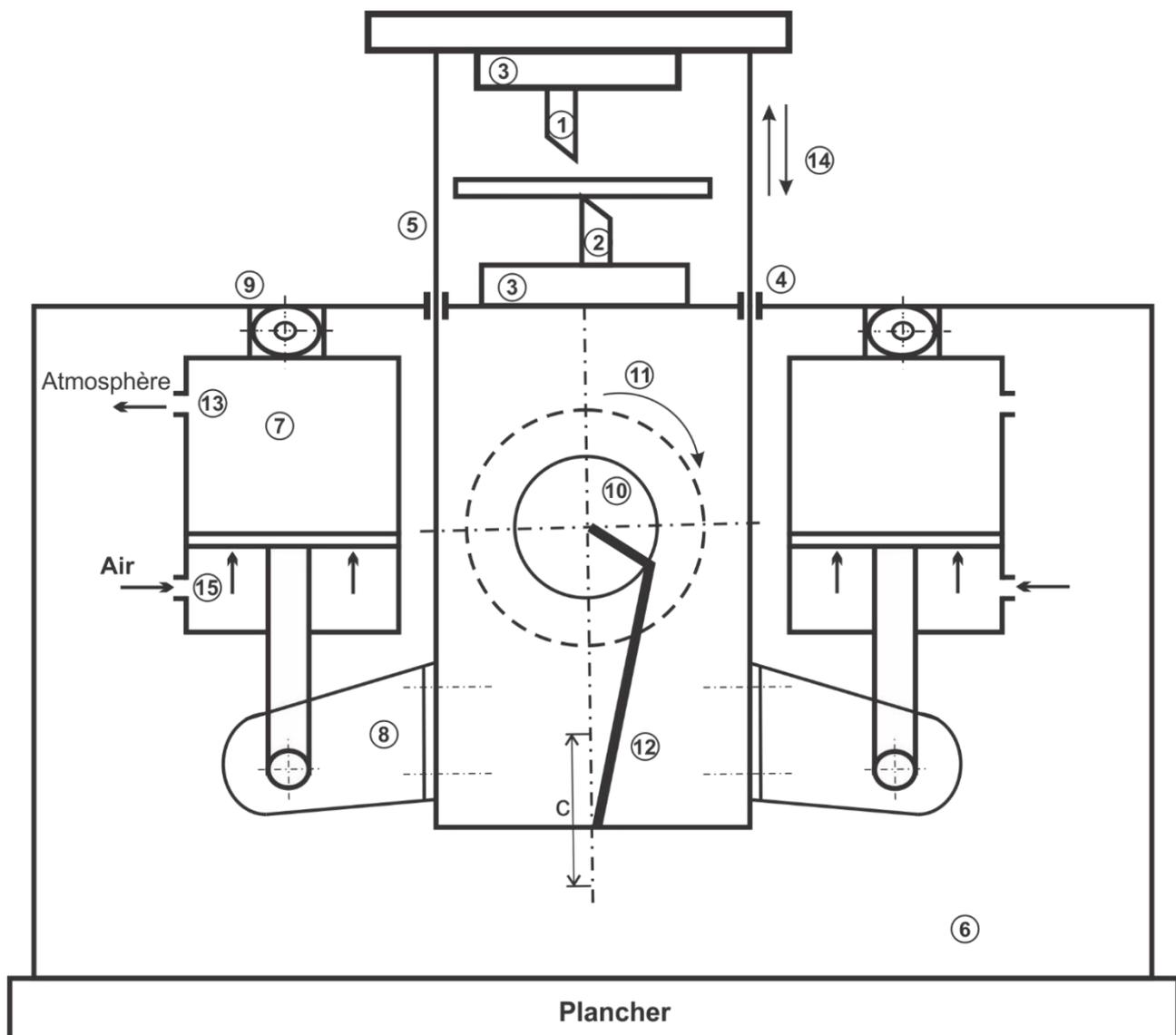


Figure 25 : LA CISAILLE ET SES ORGANES

## 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 latôle 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 portecisaille.
- 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 d'entretien.

## 2. Fonctionnement de la cisaille :

À la mise en service de la ligne, un volant d'inertie se met à tourner. Il est entraîné 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.

## 3. Etude technique du fonctionnement :

### ➤ 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 couple 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

$$S_w = \pi / 4 (D_1^2 + D_2^2)$$

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

### ➤ Vérin d'amortissement

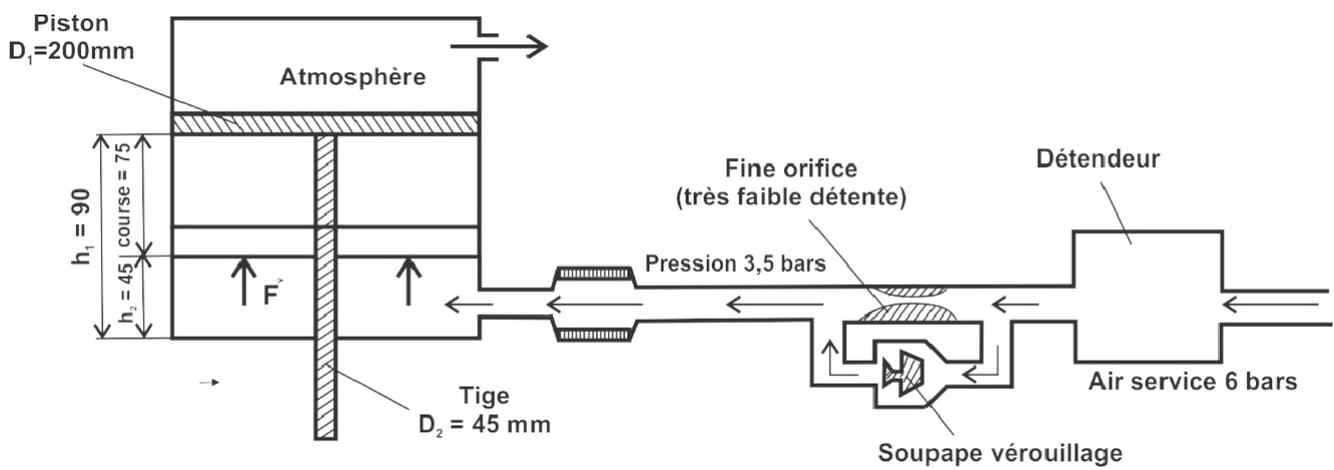


Figure 26 : Vérin d'amortissement

### ➤ 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

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

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

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

#### ○ Travail du vérin

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

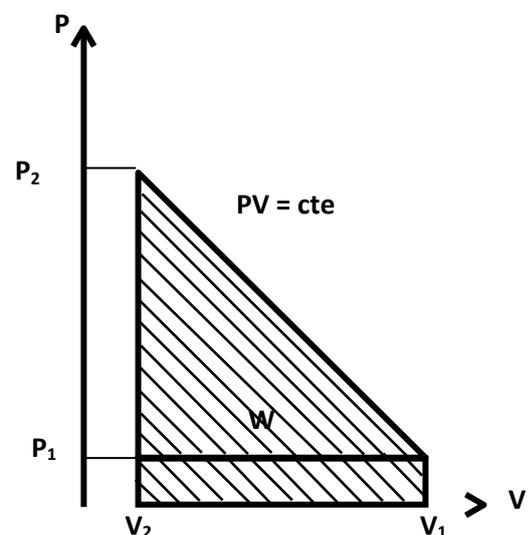
$$2 W_v = (P_1 + P_2) S_w \cdot (h_1 - h_2)$$

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

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

#### ○ 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 :

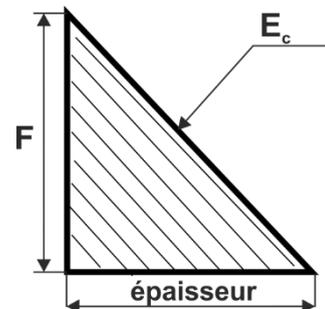
$$[\tau_c] = \frac{4}{5} Rm = \frac{4 \cdot 54}{5} = 43,2 \text{ kg/mm}^2$$

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

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

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

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



➤ Détermination de la nouvelle vitesse angulaire du volant :

$(\omega_1)$  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.

➤ **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.

➤ **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 supposons 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  $V = \omega \cdot OH$ ,  $\omega$  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  $\gamma$  (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  $F_0$**  :

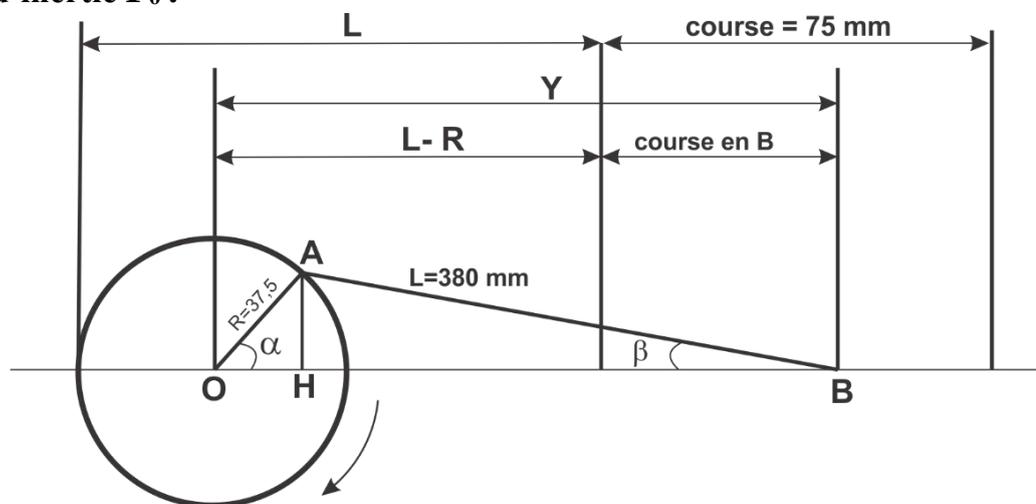


Figure 27 : Force d'inertie  $F_0$

**Equation de l'espace :**

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

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

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

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

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

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

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

Nous aurons

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

$$\alpha = \omega t \quad \cos \beta = \sqrt{\left(L \frac{R^2}{L^2} \sin^2 \alpha\right)}$$

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

**Equation de la vitesse :**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Equation de l'accélération :**

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

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

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

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

**Représentation graphique (espace-vitesse-accélération)**

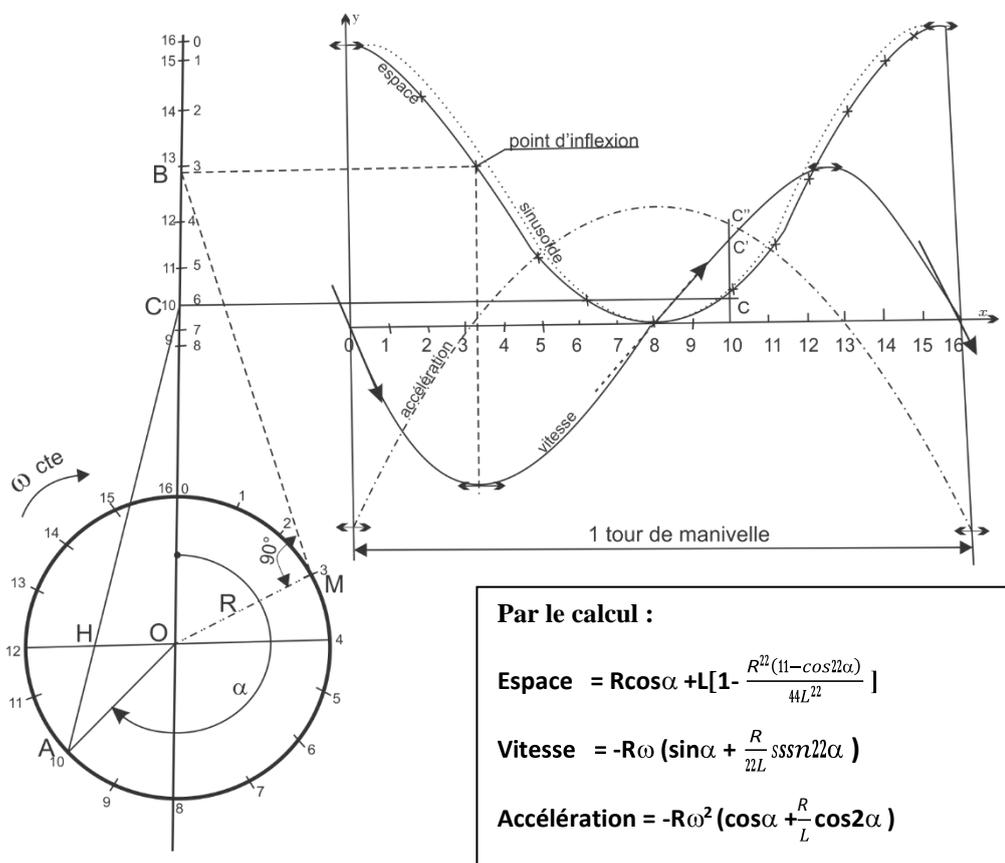


Figure 28 : Représentation graphique (espace-vitesse- accélération)

➤ **Force d'inertie :**

$$F_i = m \gamma$$

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

$$\text{Donc pour } \alpha = \pi \text{ donc : } \gamma = 13,5/s^2 F_i = 8000.$$

$$13,5 = 108000 \text{ N}$$

$$1 \text{ kgf} = 9,81 \text{ N} \quad \text{donc : } F_i = 108000 \text{ N} = 11009,17 \text{ kgf}$$

➤ **Force vérins :**

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

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

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

➤ **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.

$$F_i = 6384,66 \text{ kgf}$$

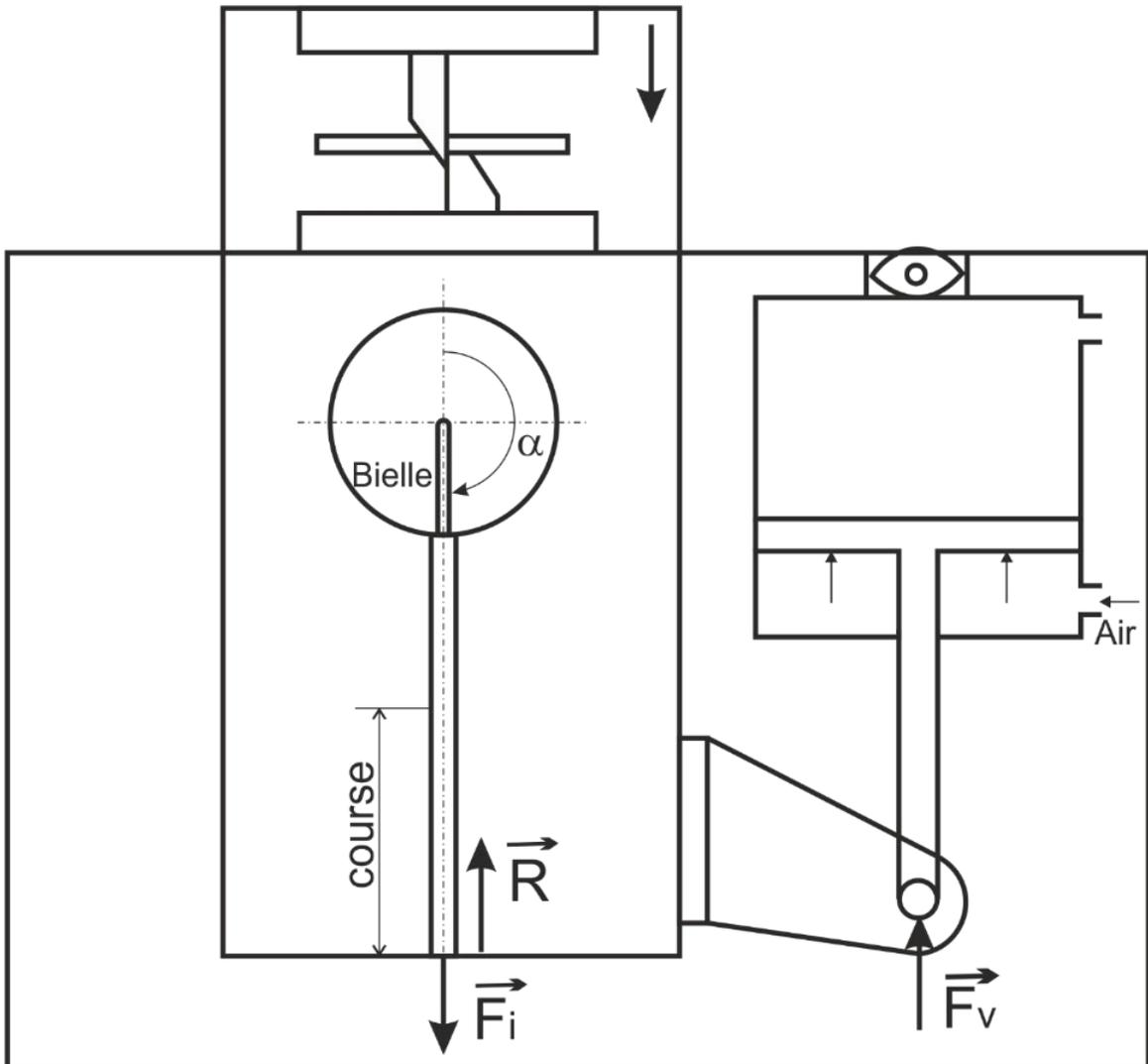
$$F_{4v} = 25538,65 \text{ kgf} \quad R = F_i -$$

$$F_{4v}$$

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

Voir figure ci-après :

**Représentation de  $F_i$ ,  $F_v$  et  $R$**



**Figure 29 : Représentation de  $F_i$ ,  $F_v$  et  $R$**

# *Chapitre 4*

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

---

**❖ Détermination des contraintes :**

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

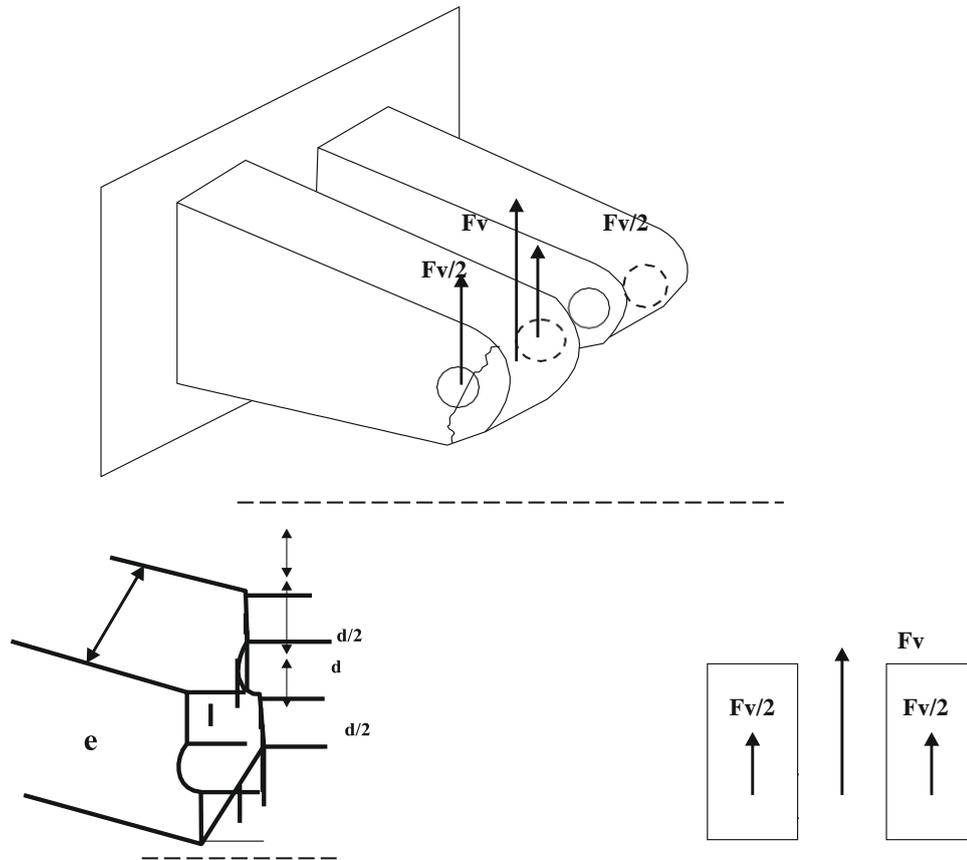


Figure 30 : Elément de chape

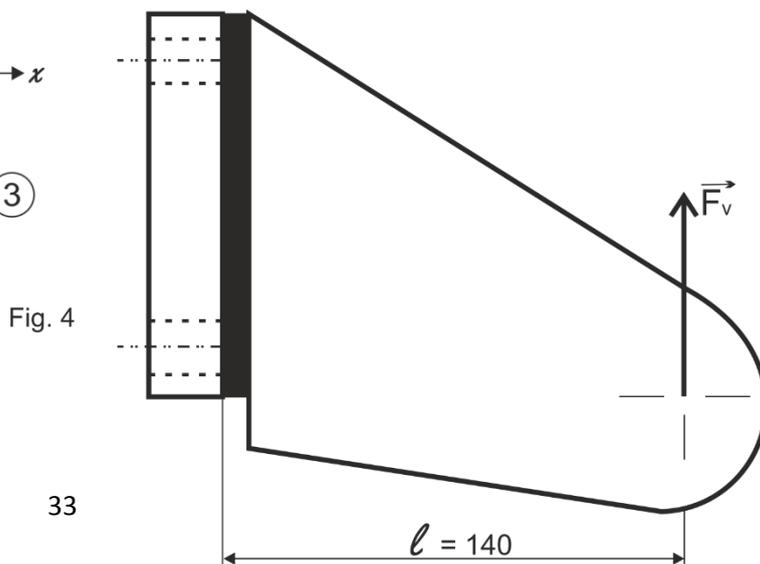
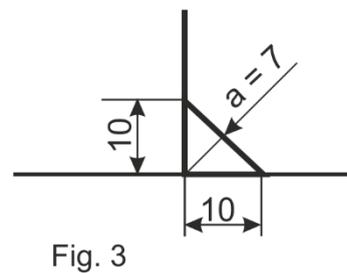
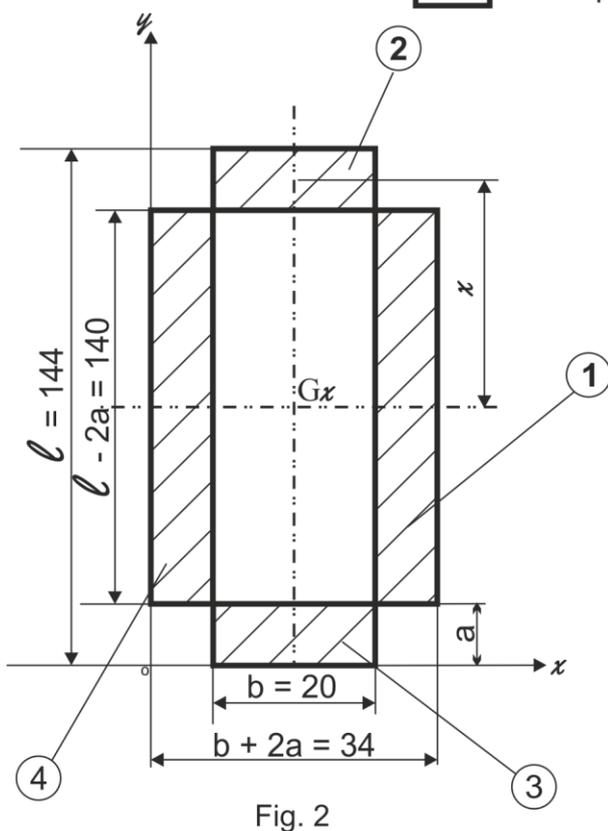
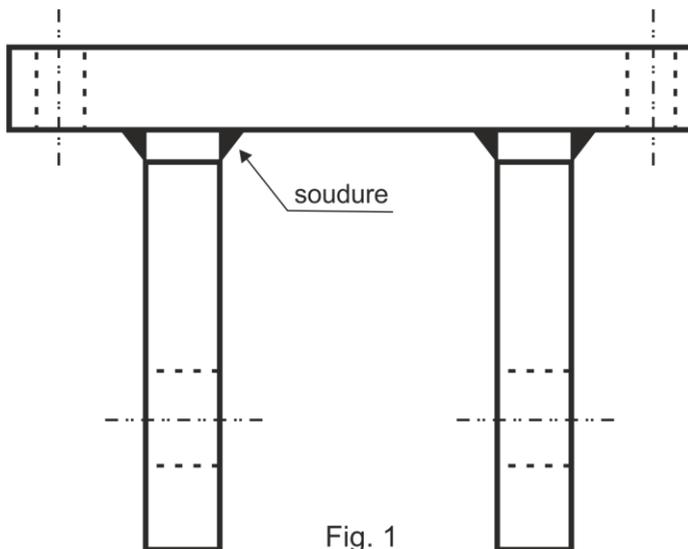
**Section de travail :**

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

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

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

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



**Figure 31 : 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)

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

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

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

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

**-1 -Flexion : (fig4)**

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

**La contrainte à la flexion :**

$$\sigma_f = M_f / w$$

(w : module de résistance)  $M_f = 6384,66.140 = 893852,4 \text{ kgf.mm}$

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

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

**- 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 <sup>2</sup> )	Y (mm)	S <sub>y</sub> (mm <sup>3</sup> )	S <sub>x2</sub> (mm <sup>4</sup> )	I <sub>G</sub> (mm <sup>4</sup> )
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

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

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

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

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

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

**Flexion :**

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

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

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

**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 :**

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

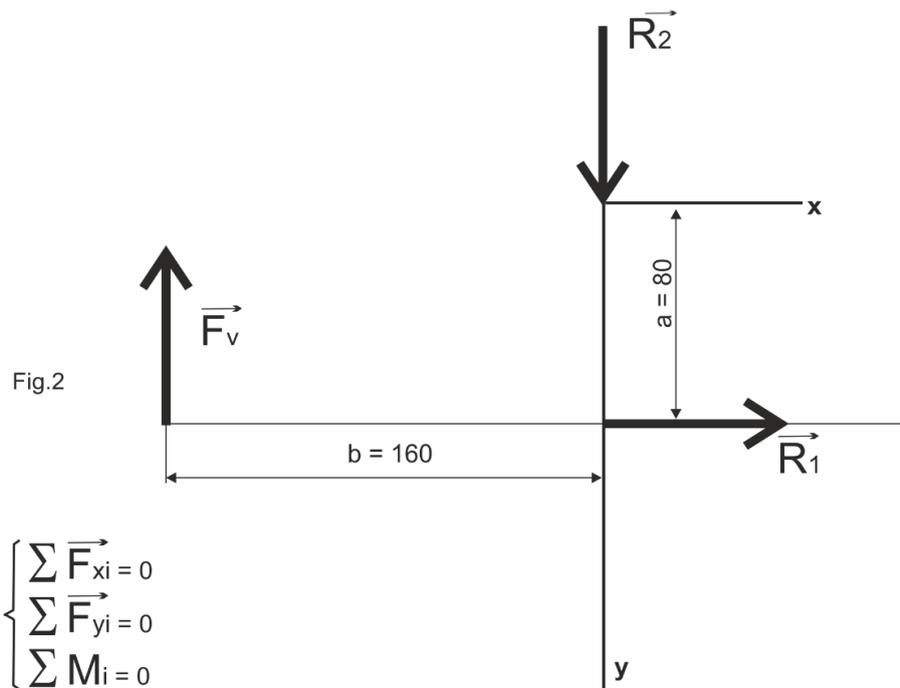
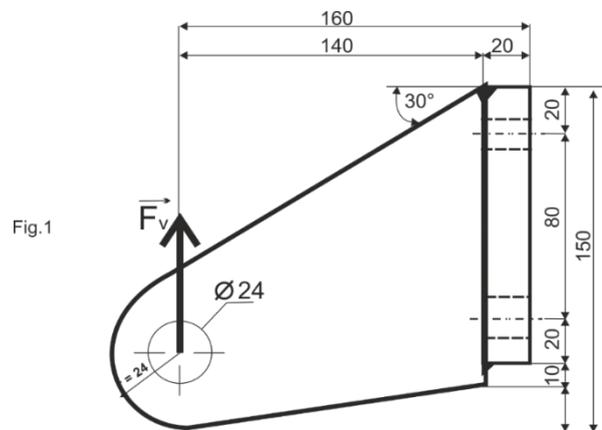
$$\tau_c = 6384,66 / 2 \cdot 1919,5 = 1,66 \text{ kgf/mm}^2$$

**Contrainte équivalente :**

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

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

Figure 32 : 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 :

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

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

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

### **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 :**

$$T = R_2 / 4$$

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

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

### ➤ **Calcul de la contrainte pour les Tiges des vérins :**

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

$$\left. \begin{array}{l} D_{\text{int}} = 39,5 \text{ mm} \\ D_{\text{ext}} = 45 \text{ mm} \\ S_i = 1224,8 \text{ mm}^2 \end{array} \right\} S_i = \pi d_i^2 / 4$$

### **La contrainte à la traction :**

$$\sigma_t = F_v / S$$

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

➤ Axe support vérin :

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

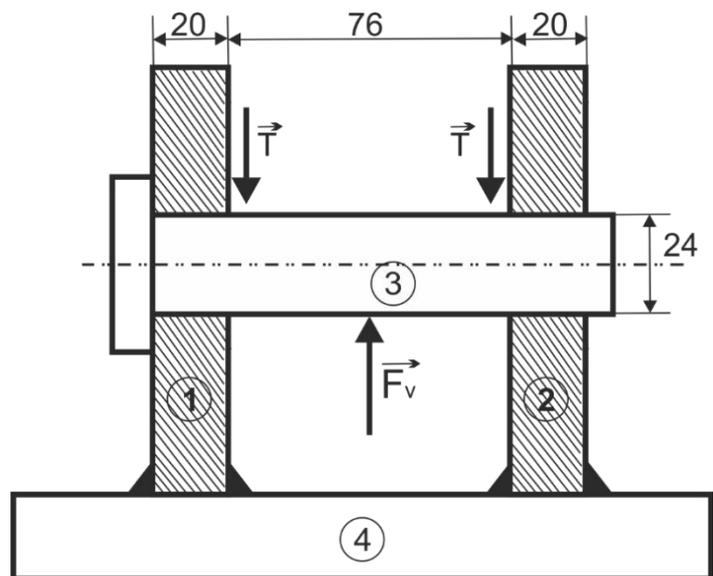


Figure 33 : Axe support vérin :

Calcul de l'effort tranchant T et du moment fléchissant Mf :

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma M_f = 0$$

Charge unitaire q :

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

Réaction RA, RB

$$\Sigma F_x = 0$$

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

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

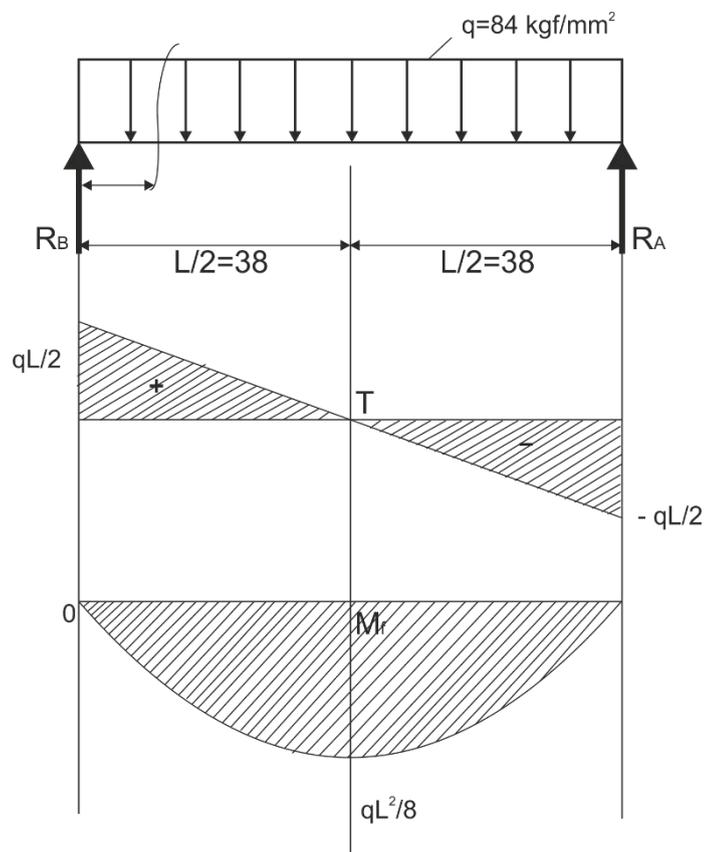
$$R_B = qL/2 \quad ; \quad R_A = qL/2$$

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

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

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

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



## 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 Mf

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

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

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

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

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

## 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 :

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

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

## Contrainte équivalente :

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

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

## ➤ 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/mm<sup>2</sup>)**

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 ≤ 30**

Matière E24-2

Limite élastique = Re =24 kgf/mm<sup>2</sup> Résistance a la rupture Rm=36 - 44Kgf mm<sup>2</sup>

**2- boulons de fixation (d=14mm) pour d < 16mm**

Matière : BS 970 EN8 (British-steel)

correspondence AFNOR XC48

Re= 56 kgf/mm<sup>2</sup>

Rm= 80 - 95 kgf/mm<sup>2</sup> (trempe-revenu)

**3- axe vérin (d= 24mm)**

La matière est identique à celle des boulons (XC48) pour 16

< d <40 mm

Re=47 kgf/mm<sup>2</sup> Rm=72 —87 kgf/mm<sup>2</sup>

**4- tige de vérin : (d=45mm)**

La matière est identique à celle des boulons (XC48)

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

$Re=42 \text{ kg/rnm}^2$

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

**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 :

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

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

**3- axe vérin (d=24mm)**

Matière : A50

pour  $d \leq 530$

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

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

**4- tige vérin : (d=45rnm)**

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

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

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

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

➤ **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 conserver, 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 :

$$\text{Chape : } [\tau_c]' \geq \tau_c$$

$$6 \geq 4,4$$

La matière utilisée répond bien aux efforts.

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

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

**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 :**

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

**Axe :**

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

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 ?**

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

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

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

- **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  $P_1$  :**

$$\begin{array}{l} P_1 V_1 = P_2 V_2 \\ \left. \begin{array}{l} P_1 h_1 S_w = P_2 h_2 S_w \end{array} \right\} P_1 = P_2 h_2 / h_1 \\ P_1 = 13,57 \cdot 15 / 90 = 2,26 \text{ bars.} \end{array}$$

Contraintes des boulons et axes, soumis au nouvel effort :**Boulons :**M14 (d= 14mm ; d<sub>i</sub> =11,55 mm)

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

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

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

**Axe:**

Diamètre = 24 mm

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

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

**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 :**

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

$$\sigma_f = (39220,18 \cdot 32)/(3,14 \cdot 24^3) = 28,9 \text{ kgf/mm}^2$$

**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 :**

$\sigma_t \leq \sigma_t'$	$\tau \leq R'pg$
?	?
$49,27 > 21,25$	$15,17 > 7,5$

**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 :**

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

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

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

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

**Boulons :**M16 (d=16 mm ; d<sub>i</sub>=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  $\sigma_f'$  &  $\sigma_f''$  ;

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

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

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

**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 :**

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

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

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

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

**- 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 $F_v=4128,44 \text{ kgf}$ )			
	$[\sigma_t]'$	$[\tau_c]'$	$[\sigma_f]'$	$[\sigma_{eq}]'$	$[\sigma_t]$	$[\tau_c]$	$[\sigma_f]$	$[\sigma_{eq}]$
Boulon M16 Qualité 8.8	34	16			17,9	1,02		
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 2,26bar au lieu de 3,5 bars.
- ❖ Remplacer les boulons de fixation de la chape (M 14 de qualité 5.6) par desboulons
- ❖ M16 de qualité 8.8 ou autre, de caractéristiques mécaniques identiques.
- ❖ Veiller scrupuleusement, à n'utiliser que la qualité ci-dessus citée, lors d'unéventuel 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

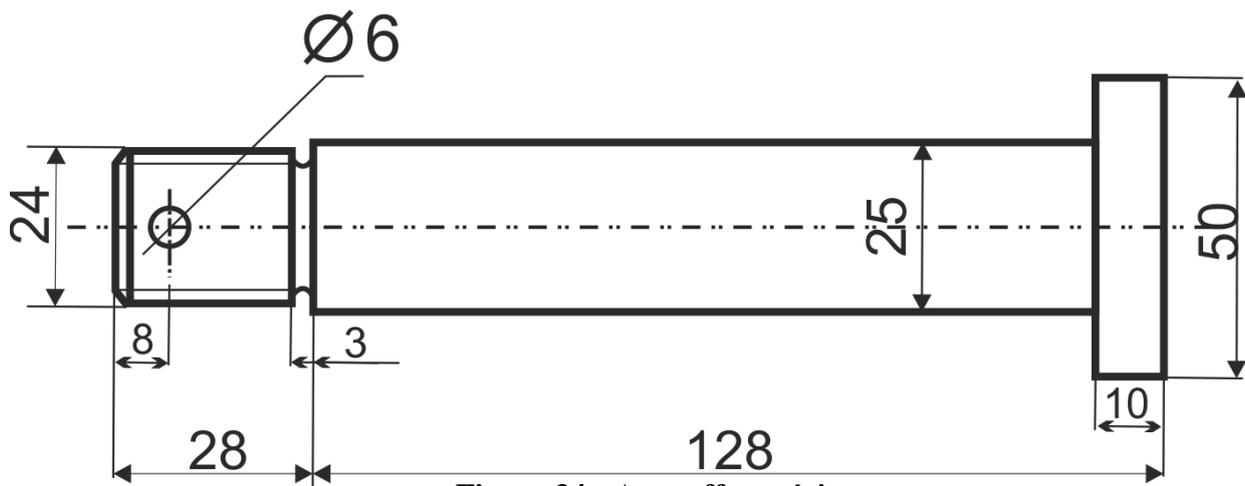


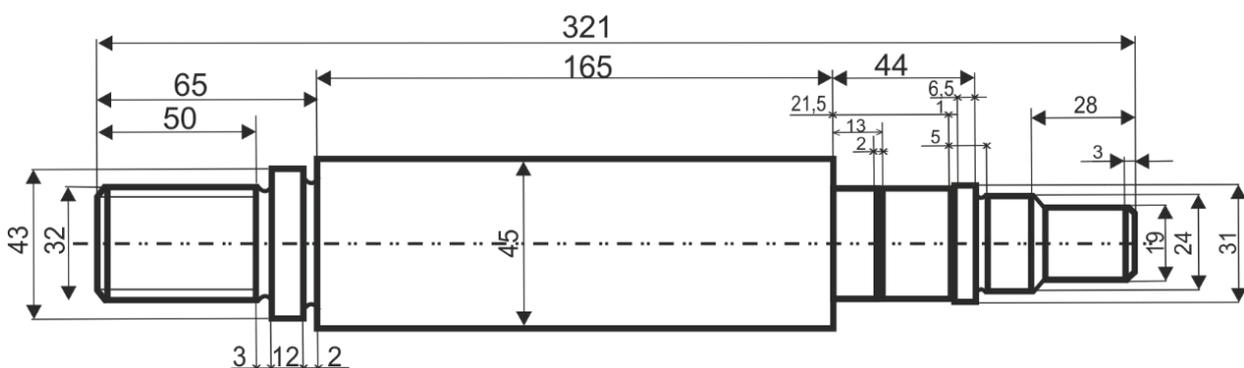
Figure 34 : Axes effort vérin

### TIGE DE VÉRIN

Débit  $\varnothing 50 \times 325$

Matière A50

Nbre 4



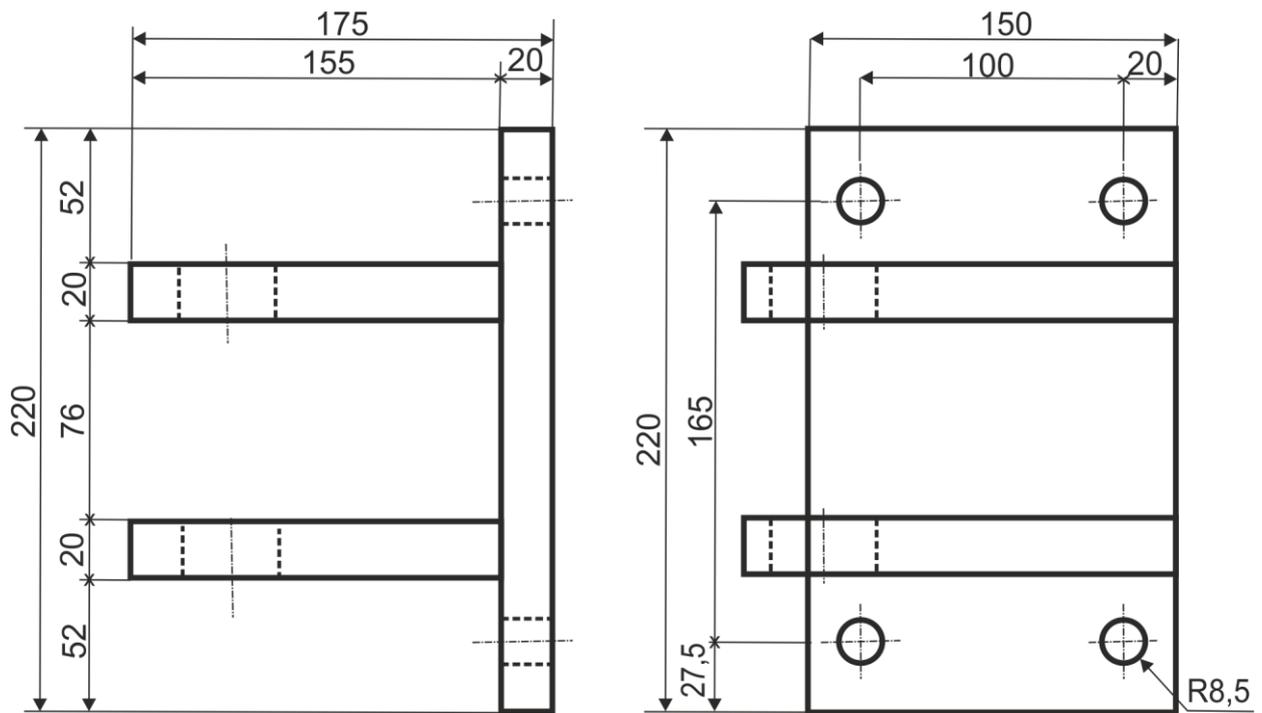


Figure 35 : Tige de vérin

**ÉLEMENT DE CHAPE**

Matière E24 (A 37)

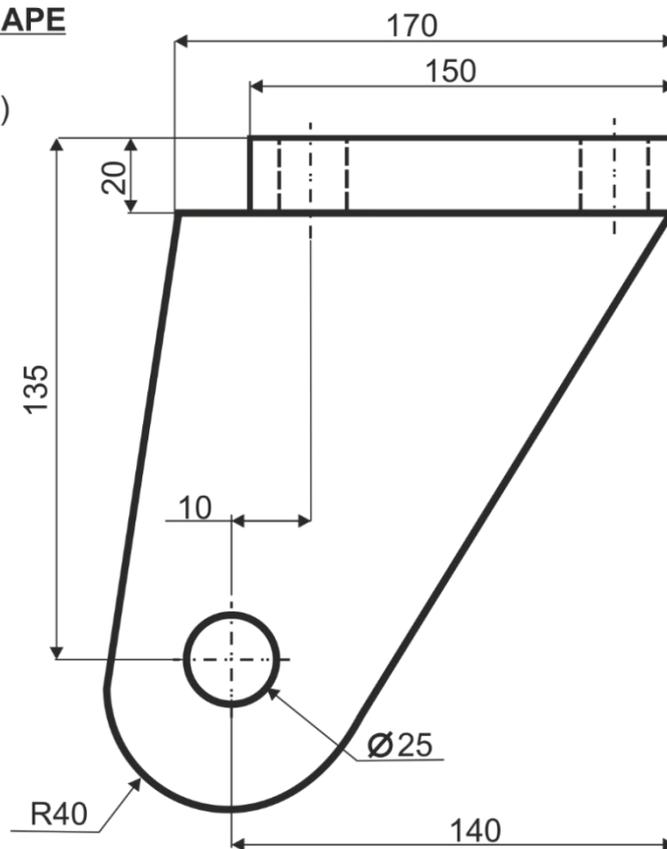


Figure 36 : element de chape

## CONCLUSION

A l'issue de ce travail, tel qu'il soit présenté, m'a permis de mettre en évidence mes connaissances acquises durant ma formation à l'université ; et d'utiliser beaucoup d'informations relatives à la construction mécanique basées sur des concepts théoriques à l'épreuve de terrain.

Le court passage de mon stage effectué au sein de Ferrovia/Annaba était bénéfique pour moi et c'était une occasion d'accoler mes connaissances pratiques.

A la lumière des points développés dans mon travail, on constate les mécanismes de ladite 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'autres parts 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.

Il est bien entendu souhaitable que cette étude soit reprise avec un certain approfondissement des points déjà traités afin d'être éventuellement exploités dans l'avenir. En revanche, elle est de nature à améliorer le rendement et à maîtriser un tant soit peu la capacité productive de l'atelier.

## **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] Documentation technique, Ferroviaal, Annaba.
- [4] I. BAKLI Mémoire de master en Construction Mécanique, Université Badji Mokhtar Annaba, Juin 2020.
- [5] 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.
- [6] Construction mécanique, tome 3, G. Lenormand, R. Mignée, J. Tinel, Foucher.
- [7] Golay F. Résistance des matériaux – Polycopiés. ISITV, Toulon et Var, 2005, 87p.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] Cahier technique du constructeur FESTO « les Vérins », Belgique.
- Lien de téléchargement : [https://www.festo.com/rep/fr-be\\_be/assets/pdf/Verins.pdf](https://www.festo.com/rep/fr-be_be/assets/pdf/Verins.pdf).
- [11] André CHEVALIER, « guide du dessinateur industriel », Hachette technique 2004, 336p.
- [12] [1] A. LETALNET, R. PASQUIN, J. TRIOULEINE, « Chaudronnerie - Constructions Métalliques », 1982, 175p.
- [13] [1] Christian WIELGOSZ, « Cours et exercices de Résistance des matériaux », ellipses, 1999, 311p.

- [14] Recueil des normes des produits sidérurgiques, tome 1 AFNOR.
- [15] Construction mécanique, tome 3, G. Lenormand, R. Mignée, J. Tinel, Foucher.
- [16] <http://www.star-su.com/>.
- [17] <http://www.cvmpp.com/>.
- [18] <http://www.ammi-caen.fr/index.php>.