



## PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du :

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

### CONCEPTION D'OUTILLAGE DE PRESSE ET ÉLABORATION D'UN PLAN D'ACTION POUR L'AMÉLIORATION DE SON PROCESSUS DE FABRICATION

Effectué au sein de la société Merien Maroc outillage Tanger  
Bureau d'études

Soutenu le 30 Juin 2015

Par :

**Mr. Yazid GAYAL**

Jury :

Pr. Mr. J. ABOUCHITA (FSTF)

Pr. Mr. M. EL MAJDOUBI (FSTF)

Pr. Mr. A. EL BIYAALI (FSTF)

Encadré par :

- Pr. Mr. J. ABOUCHITA (FSTF)
- Mr. M. AIT BRAHIM OUALI (MMO)

Année Universitaire : 2014-2015



# Projet de fin d'études





## DEDICACE

*Je dédie ce travail à :*

*Mes chers parents, qu'à vrai dire aucune dédicace ne pourrait vous monter ma gratitude et mon respect, et mon amour envers vous, qu'Allah vous bénisse.*

*A ma chère sœur,*

*A mon cher frère,*

*A mes encadrants pour leur soutien, leur encouragement et leur support.*

*A mes amis, et mes collègues de la 3ème année Conception Mécanique & Innovation et à toutes les équipes de la société Merien Maroc outillages,*

*Yazid GAYAL*



# REMERCIEMENT

En préambule à ce mémoire, je remercie ALLAH qui m'a aidé et m'a donné le courage, la patience et l'endurance le long de mes longues années d'études.

Je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères à mes parents, mes professeurs qui m'ont apporté leurs aides et qui m'ont soutenu tout au long de mon parcours.

J'exprime ma profonde gratitude à mes encadrants **M.AIT BRAHIM OUALI** et **M.ABOUCHITA** pour leurs encouragements, leurs directives et leurs précieux conseils tout au long de mon stage.

Mes remerciements s'adressent également à **M.DAROUS**, le responsable de la société pour son soutien et sa collaboration, et son temps précieux qui m'a accordé, et à **M.RAYAN**, le chef d'atelier, ainsi que toute l'équipe des ajusteurs et techniciens.

Je tiens à remercier toute personne qui a participé de près ou de loin à l'exécution de ce modeste travail.



## *RESUME*

Ce projet s'inscrit dans une première étape dans une démarche de conception dans le bureau d'étude de MMO de l'outillage de presse nécessaire et adéquat pour l'obtention par emboutissage d'un support arrière pompe demandé par le constructeur automobile français PSA Peugeot Citroën suivant son cahier des charges et celui de MMO sous le logiciel de conception VISI 19, et dans une seconde étape un suivi de sa réalisation afin d'élaborer un plan d'action pour l'amélioration du rendement de l'atelier, cette augmentation du taux de rendement est directement liée à la réduction du taux de gaspillage afin de satisfaire le client dans un délai raisonnable, en adoptant une démarche qui s'articule autour de cinq étapes qui sont respectivement Définir, Mesurer, Analyser, Améliorer, et Contrôler toute en gardant une philosophie qui rend l'entreprise plus agile et les résultats plus fiables et plus durables.

## *ABSTRACT*

In the first stage, the project is in keeping with a conceiving approach in the research department of MMO for the necessary and adequate equipment to obtain through stamping a pump back support ordered by the French car manufacturer PSA Peugeot Citroën on the basis of its schedule of conditions and that of MMO under the Visi 19 conceiving logiciel.

In the second stage, the project represents a following of the progress of the latter (the equipment) so as to elaborate a plan of action to improve the workshop productivity rate. This improvement which is tightly linked to the decrease of wasting rate results in satisfying the customer within a reasonable time limit. Adopting a five steps approach would be necessary for the success: defining, measuring, analyzing, improving and controlling. However, keeping in mind a philosophy which makes the firm more agile and the research results more lasting and reliable.



## ملخص

في المقام الاول يأتي هذا المشروع ضمن خطوة تصويرية في مكتب الدراسات بشركة MMO لمعدات الكبس الضرورية والمناسبة للحصول بطريقة الختم على دعامة مؤخرة مضخة تحت طلب مصنع السيارات الفرنسي سيتروين- بوجو PSA بناء على دفتري تحملات هذا الأخير وشركة MMO وذلك اعتمادا على البرنامج التصوري VISI19 .

اما في المقام الثاني فيمثل المشروع تتبع لعملية صنع المعدات من أجل تطوير خطة عمل تمكن من تحسين مردودية المصنع، مع العلم ان تحسين معدل الانتاج له علاقة وطيدة بتخفيض معدل الهدر. وذلك من أجل إرضاء الزبون في مدة معقولة وبتبني اجراء يتمحور حول خمس خطوات على التوالي، التعريف، القياس، التحليل، التحسين والمراقبة مع الحفاظ على فلسفة تجعل المؤسسة أكثر يقظة وتجعل من النتائج المحصل عليها أكثر وثوقا وأطول عمرا.



# TABLE DES MATIÈRES

RESUME .....	v
ABSTRACT .....	v
ملخص.....	vi
INTRODUCTION GENERALE .....	3
CHAPITRE 1 .....	5
I. PRESENTATION DE LA SOCIETE MERIEN MAROC OUTILLAGE .....	6
1. Historique .....	6
2. Le groupe PJ Industry.....	6
3. Structure Organisationnelle de la Sté MMO .....	7
II. PRESENTATION DU PROCESSUS DE FABRICATION.....	10
1. Processus de conception et réalisation d'outillage de presses.....	10
2. Etude et conception .....	11
3. Processus de production .....	11
III. CONCLUSION .....	17
CHAPITRE 2 .....	18
I. GENERALITES SUR L'EMBOUTISSAGE INDUSTRIEL.....	19
1. Définitions.....	19
2. L'emboutissage en température .....	21
3. Intérêts et débouchés.....	22
4. Conception préliminaire d'un outillage de découpe.....	23
5. Présentation du logiciel VISI Progress .....	25
II. FONCTIONNEMENT D'UN OUTIL SOUS PRESSE .....	29
III. PRECONCEPTION DE L'OUTILLAGE DE PRESSE .....	32
1. Demande du client.....	32
2. Déroulement de la conception et construction de l'outil de presse.....	32
3. Description de l'outil .....	33
4. Réalisation du plan méthode.....	42
IV. CONCEPTION DE L'OUTIL DE PRESSE.....	53
1. Contraintes générales de conception.....	53



2.	Modélisation des poinçons et matrices.....	53
3.	Conception des parties inférieure et supérieure de l'outil .....	58
4.	Conception du serre-flan .....	60
5.	Conception du tablier lève bande .....	65
6.	Conception des groupements inférieurs et supérieurs.....	67
7.	Fin de conception .....	67
V.	CONCLUSION .....	70
	CHAPITRE 3 .....	71
I.	PRESENTATION DU PROJET .....	72
II.	CAHIER DE CHARGE .....	72
1.	Objectif du projet .....	72
2.	Six-Pack Projet .....	72
3.	Outils du travail.....	73
4.	Contraintes à respecter .....	73
III.	LEAN MANUFACTURING.....	73
1.	Objectifs de la méthode Lean Manufacturing.....	73
2.	Principes du Lean Manufacturing.....	74
3.	Les sources de gaspillage ou mudas.....	75
IV.	DEMARCHE SUIVIE.....	76
1.	DMAIC.....	77
V.	CONCLUSION .....	78
	CHAPITRE 4 .....	79
I.	INTRODUCTION .....	80
II.	DEFINE .....	80
1.	Charte du projet .....	80
2.	Planification du projet (Gantt).....	80
3.	Analyse des risques du projet.....	81
III.	MESURER .....	82
1.	Mesure du temps.....	82
2.	Préparation à la collecte des données .....	83
3.	Cartographie du processus .....	83
IV.	ANALYSER .....	88
4.1	Méthode des 3QOPC.....	88



4.1	Diagramme ISHIKAWA .....	90
4.1	AMDEC .....	92
V.	CONCLUSION .....	95
	CHAPITRE 5 .....	96
I.	INNOVER/AMELIORER .....	97
1.	Le plan d'action.....	97
2.	Classification des actions selon le temps d'exécution .....	98
II.	CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....	99
	CONCLUSION GENERALE .....	100
	BIBLIOGRAPHIE .....	102
	ANNEXES.....	103



## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Usine.....	11
Figure 2 : CFAO.....	13
Figure 3 : Machines de Fraisage.....	13
Figure 4 : centre d'usinage et tournage.....	14
Figure 5 : Palpage électrique.....	14
Figure 6 : Pré-série.....	14
Figure 7 : Contrôle tridimensionnel.....	14
Figure 8 : outils de presse.....	15
Figure 9 : MAP Sous Presse.....	15
Figure 10 : BOAS sous presse avant et après.....	16
Figure 11 : Progression sous Presse.....	16
Figure 12 : Pièces Final.....	16
Figure 13 : OAS.....	16
Figure 14 : Principe d'emboutissage.....	20
Figure 15 : Principaux de déformation par emboutissage.....	20
Figure 16 : installation d'une presse.....	29
Figure 17 : Une presse en étape initiale.....	29
Figure 18 : Une presse première phase de descente.....	30
Figure 19 : Une presse en étape de découpe.....	30
Figure 20 : Une presse première phase de remontée.....	31
Figure 21 : Une presse au retour à l'état initial.....	31
Figure 22 : outil complet.....	33
Figure 23 : outil éclaté.....	34
Figure 24 : groupement supérieur.....	35
Figure 25 : partie supérieur.....	36
Figure 26 : serre flan en vue de dessous.....	37
Figure 27 : serre flan en vue de dessus.....	38
Figure 28 : tablier lève bande.....	39
Figure 29 : partie inférieur.....	40
Figure 30 : groupement inférieur.....	41
Figure 31 : plan méthode.....	42
Figure 32 : DFN mission de stage.....	42
Figure 33 : enregistrement de la commande.....	43
Figure 34 : Développé de la pièce de mission de stage.....	43
Figure 35 : Mise en bande de l'enregistrement de commande.....	44
Figure 36 : Mise en bande finale.....	44
Figure 37 : Plan pré-process.....	45
Figure 38 : Enregistrement de commande final.....	46



Figure 39 : Plan méthode final .....	47
Figure 40 : Renseignement sur la matière à emboutir .....	49
Figure 41 : Feuille de calcul des efforts .....	51
Figure 42 : Outil fermé .....	51
Figure 43 : Outil ouvert .....	52
Figure 44 : centrage du plan méthode .....	52
Figure 45 : Poinçon de découpe avec sa matrice de découpe .....	54
Figure 46 : Cahier des charges Merien .....	55
Figure 47 : Cahier des charges Merien .....	55
Figure 48 : réalisation des réactions forme simple .....	56
Figure 49 : réalisation des réactions forme complexe .....	56
Figure 50 : Matrices et poinçons standard .....	57
Figure 51 : réalisation de la réaction des poinçons .....	57
Figure 52 : Matrices et poinçons d'emboutissage .....	58
Figure 53 : Evacuation déchets .....	59
Figure 54 : Récapitulatif des efforts .....	60
Figure 55 : installation des ressorts .....	61
Figure 56 : Ressorts comprimés .....	62
Figure 57 : Ressorts détendus .....	63
Figure 58 : catalogue des ressorts à fil ENOMAX .....	64
Figure 59 : catalogue des ressorts à gaz QUIRI .....	64
Figure 60 : choix des ressorts pour le tablier .....	66
Figure 61 : positionnement de la bande .....	66
Figure 62 : Grappe .....	68
Figure 63 : Plan d'ajustement .....	69
Figure 64: Types de gaspillage .....	76
Figure 65: Démarche DMAIC .....	77
Figure 66 : Schéma du temps de cycle .....	85
Figure 67 : Schéma du temps de valeur ajoutée .....	85
Figure 68 : Mode d'action des différentes méthodes .....	86
Figure 69 : VSM .....	87
Figure 70: Graphe de criticité des défaillances .....	95



## *INTRODUCTION GENERALE*

Dans le cadre de mes études en ingénierie en conception mécanique et innovation de la faculté des sciences et techniques de Fès, j'ai effectué un stage de fin d'études sous le thème : « Conception d'outillage de presse et élaboration d'un plan d'action pour l'amélioration de son processus de fabrication », au sein de l'entreprise Merien Maroc outillage (MMO).

Un outil de presse fait partie des outils uniques (moules, matrices...) qui permettront de produire des pièces en grande série pour l'industrie, en s'appuyant sur un plan conçu par ordinateur. La technologie de l'outillage est à l'origine des objets du quotidien. Sans outils : pas de téléphone, pas de console, pas de voiture...

D'ailleurs, pour la fabrication d'un outil : le client commande un outil ; le bureau d'études modélise le produit, puis un prototype est réalisé et testé. En parallèle, on imagine le processus d'industrialisation. Quand ces étapes sont accomplies, on réalise un outil de présérie, puis passe à l'outil définitif. Celui-ci est testé et ensuite installé sur l'unité de production.

La conception d'outillage est une étape crucial du processus de création d'un outil de presse, c'est à ce stade qu'on détermine tous les paramètres et les détails qui définissent sa forme, ses dimensions, ses composants et son environnement de fonctionnement, et c'est qui présente la première partie de ce travail.

L'idée de la deuxième partie de ce projet s'articule sur l'identification et l'élimination des causes de gaspillage lors de la phase de la fabrication de l'outil, avec l'élaboration d'un plan d'action, dans le but d'améliorer l'organisation des activités et donc le rendement de l'entreprise. Dans un contexte de production, cela signifie rechercher tout ce qui contribue à des pertes de temps, d'effort, de matières, etc., pour aller vers une utilisation optimale du temps et des moyens de production.

Pour aborder l'étude de ce projet et révéler la démarche suivie pour la réalisation, le présent rapport s'articule sur quatre chapitres. Le premier contient une présentation de



l'organisme d'accueil, le second chapitre traite la conception de l'outil de presse, le troisième chapitre contient une description du projet d'amélioration de la productivité de l'atelier en expliquant la démarche adoptée, le quatrième chapitre est consacré à un diagnostic et analyse des sources de gaspillage, et enfin le dernier chapitre présente le plan d'action en se servant des résultats d'analyse.



# CHAPITRE 1

## *Présentation de l'organisme d'accueil*

*Vous trouverez dans cette partie :*

- ✘ Présentation de la société Merien Maroc outillages ;*
- ✘ Présentation du processus de fabrication ;*



## I. PRESENTATION DE LA SOCIETE MERIEN MAROC OUTILLAGE

### 1. Historique

En 1978, Mr. Bernard MERIEN a créé la société MERIEN SAS – Mayenne – France Spécialisée dans l'étude et réalisation d'outillage de presses. Dans le cadre de délocalisation, MERIEN - SAS – France crée en 2007 la société MMO (Merien Maroc Outillage) à la zone franche de Tanger, dont l'activité est l'étude et réalisation d'outillage de presses avec l'usinage, ajustage et montage en sous-traitance pour MERIEN France, ainsi que l'usinage (mécanique de précision) pour des entreprises locales.

Dés lors MERIEN et MMO travaillent en synergie dans le métier de l'outillage avec une technologie identique, logiciels identiques, structure et procédures identiques.

À partir de 26 Mars 2012 le groupe PJ Industry opérant dans le domaine de mécanique générale et de précision ainsi que les automates programmables reprend la société MERIEN basée en Mayenne et MMO basée à Tanger.

### 2. Le groupe PJ Industry

Le groupe PJ inclut actuellement quatre sociétés à savoir : CVM (mécanique générale et outillages), SETAP (automatismes industrielles), MERIEN SAS et MMO Tanger Maroc (mécanique générale et outillages).

- **CVM**

CVM est une société de mécanique générale et de précision. Elle réalise l'étude et la fabrication d'outillage de presses. Elle est présente sur le marché français et international depuis 1988.

- **SETAP**

SETAP est une société d'étude d'automatismes industriels, reconnue depuis 1979 dans le milieu automobile, elle propose son savoir, ses services et des prestations clé en main sur l'ensemble de la France et dans le monde.



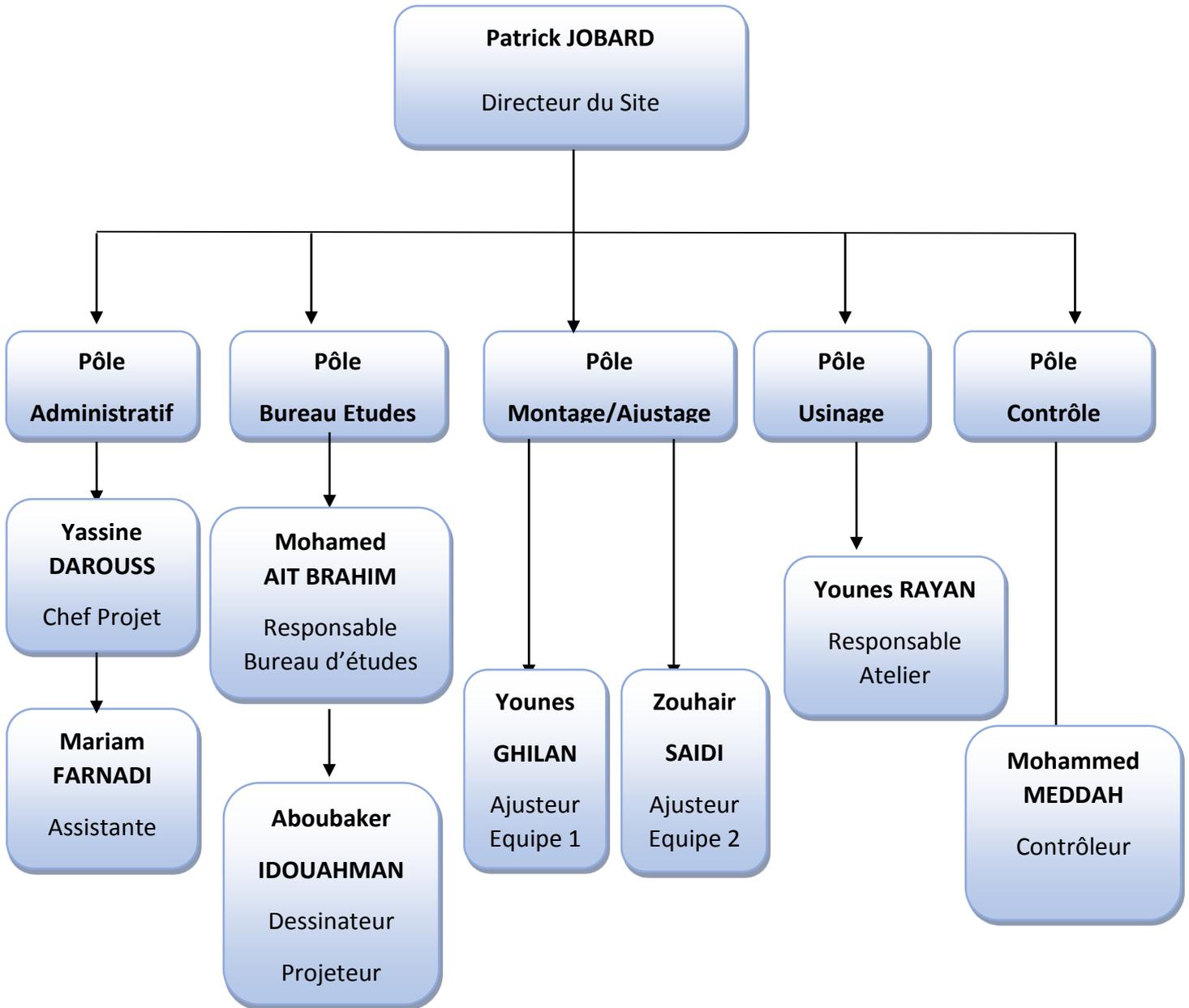
### 3. Structure Organisationnelle de la Sté MMO

#### a. Fiche signalétique de MMO Tanger Maroc

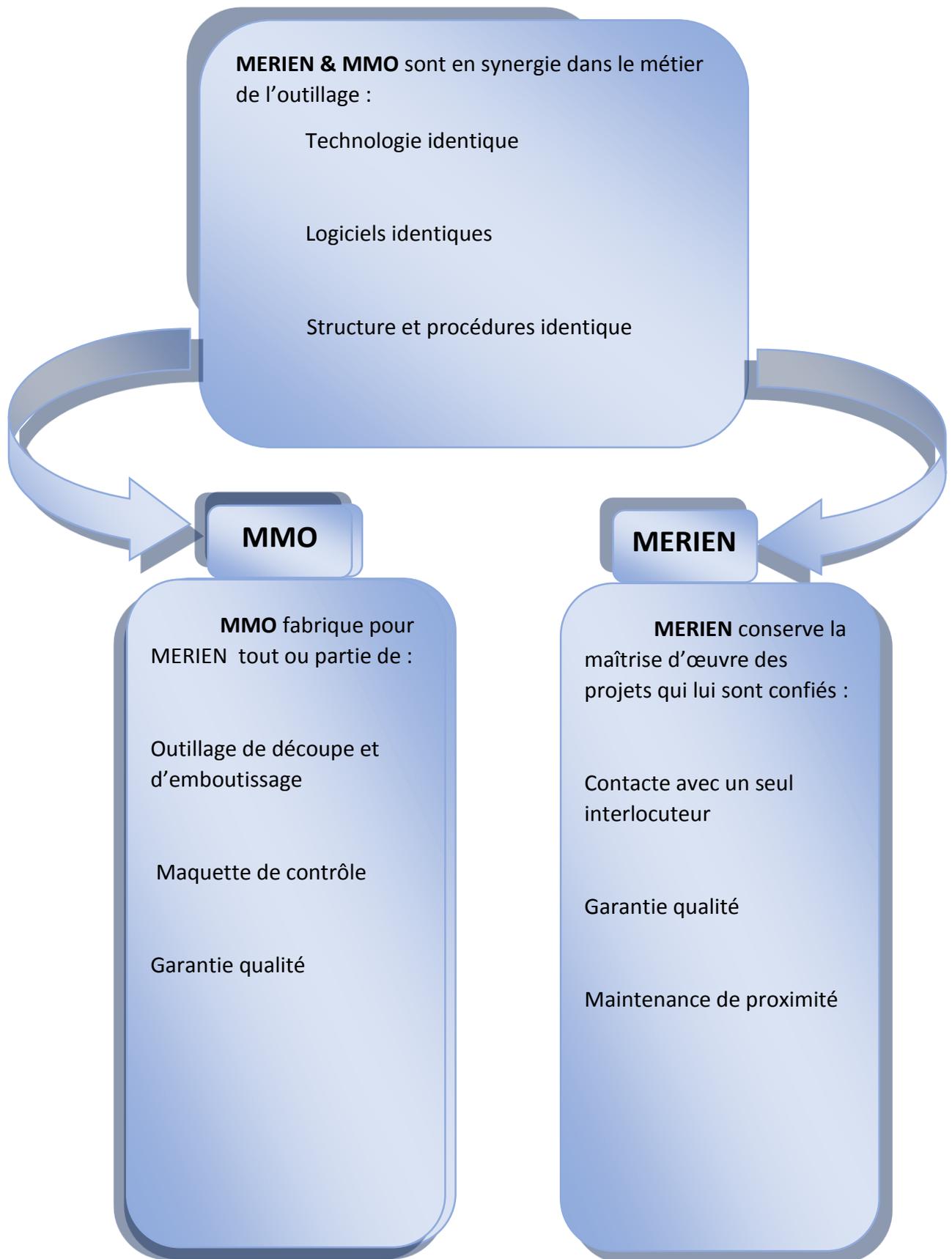
<b>Société</b>	Française
<b>Raison Sociale</b>	Merien Maroc Outillage
<b>Forme Juridique</b>	SARL
<b>Date de création</b>	2007
<b>Superficie</b>	1100 m <sup>2</sup> atelier et 110 m <sup>2</sup> bureaux
<b>Patente N°</b>	50230328
<b>Capital</b>	10.000.000,00 Euro
<b>Directeur</b>	M. Patrick JOBARD
<b>Numéro d'enregistrement</b>	04907864
<b>Activités</b>	Outillage et la mécanique Générale
<b>Objet Social</b>	Automobile et Aéronautique



b. Organigramme de la société MMO



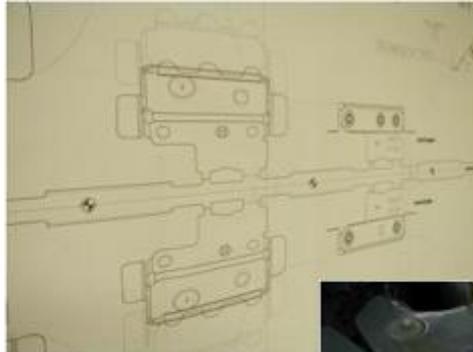
c. Schématisation du groupe MERIEN & MMO



## II. PRESENTATION DU PROCESSUS DE FABRICATION

### 1. Processus de conception et réalisation d'outillage de presses

*...Du bureau d'études...*



Photo(1) : Plan Méthode



Photo(2) : Produit Fini

La société MMO est dotée d'un savoir-faire et de compétences, qui lui permettent d'offrir une prestation globale intégrant :

L'étude, conception, l'usinage et la mise au point d'outillages de presse.

MMO est ainsi considéré comme la seule entreprise offrant ce type de prestations au maroc.

Après études et conception, MMO réalise les outillages qui réaliseront chez ses clients la mise en forme par découpage, poinçonnage et emboutissage par presses mécaniques du métal nécessaire à la réalisation de pièces.

Les pièces fabriquées par nos outillages sont destinées essentiellement aux industries automobile et aéronautique.

Le facteur de différenciation du groupe PJ avec ses filiales MMO et MERIEN par rapport aux autres concurrents européens et japonais est la capacité à intégrer des modifications sur les outillages en cours de fabrication, c'est ce que ces derniers ne savent pas faire. MMO dispose d'un parc machines performant, intégrant machines à commande numérique,

fraiseuses et presse mécanique de grande capacité et de fort tonnage pour les essais de frappe.

## 2. Etude et conception

Le BE conçoit les outils, élabore les plans méthodes, dessine les plans de réalisation, établit les nomenclatures.

MMO travaille bien entendu en étroite collaboration avec ses clients : elle établit un cahier des charges reprenant les exigences clients sur la conception pour la future utilisation de ses matériels.



Figure 1 : Usine

## 3. Processus de production

- **Etude et Conception**

L'entreprise s'est également dotée de moyens techniques performants avec un système informatique en réseau et de stations DAO/CFAO.

Le BE conçoit les outils, élabore les plans méthodes, dessine les plans de réalisation, établit les nomenclatures...

Nous travaillons bien entendu en étroite collaboration avec nos clients : nous établissons un cahier des charges reprenant les exigences clients sur la conception pour la future utilisation de nos matériels, et nous l'affinons en ajoutant nos exigences quant aux cotations, codes visserie... (quelques centaines de références).

Cet aspect collaboratif de notre activité est essentiel lors de la conception d'outillage, en particulier pour l'automobile.

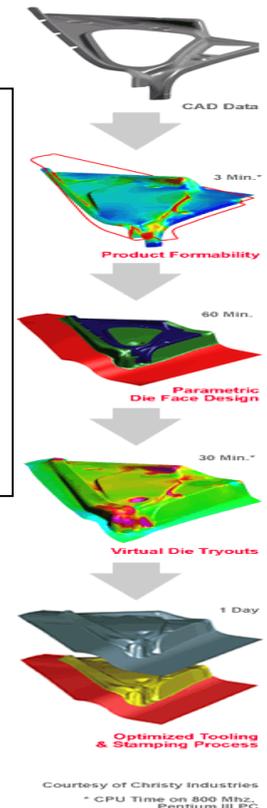
### DAO : CADKEY

Idéal dans un environnement multiplateformes CAO, CADKEY peut supporter et modifier tout type de données 2D/3D filaires, surfaciques et volumiques... :

#### Photo (4) : Simulation d'emboutissage

#### **AUTOFORM**

Un seul système intégré de la conception du produit à la production d'outils nous permet avec des modules complètement intégrés pour le « design » de pièces métalliques et les outils d'emboutissage.



### CFAO

Les personnes travaillent à la CFAO et établissent les programmes d'usinage en 3D à l'aide des logiciels suivants :

Elles en conservent les enregistrements.

La CFAO assure le suivi des modifications en cours de réalisation

La totalité des autres programmes est établie par les opérateurs.

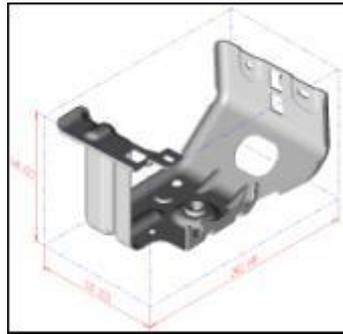


Figure 2 : CFAO

- **Fraisage, Tournage et Érosion Fil**



Figure 3 : Machines de Fraisage

Le fraisage désigne un procédé d'usinage par enlèvement de matière. Il se caractérise par le recours à une machine-outil : la fraiseuse. L'outil classiquement utilisé est la fraise.

La fraiseuse est particulièrement adaptée à l'usinage de pièces prismatiques et permet également, si la machine est équipée de Commande Numérique, de réaliser tout type de formes mêmes complexes.

Les fraiseuses actuelles sont fréquemment automatisées (fraiseuses à commande numérique et centres d'usinage). La programmation de commande numérique de ces machines nécessite le recours à des interfaces logicielles, pour une part embarquées sur la machine elle-même (Directeur de Cde Numérique), et pour une autre part, extérieure à la machine (PC + logiciels Fabrication assistée par ordinateur 2D et 3D) . Dans l'industrie, les ouvriers fraiseurs qualifiés effectuent fréquemment des travaux de tournage complémentaires.



Figure 4 : centre d'usinage et tournage

Electro fil à permet de découper avec une grande précision, toute pièce métallique. La précision de machine à découper est de l'ordre du micron.

découp l'acier, l'aluminium, l'inox, le cuivre, le laiton, le titane et tous métaux conducteurs, pour la fabrication des pièces mécaniques de précision en petites et moyennes séries.

Robo-fil s'est fait une spécialité de la fabrication d'outillages de découpes pour presses. L'électro-fil a reste l'outil le plus adapté à la fabrication de ce type de pièces

- **Contrôle et Pré-série**



Figure 5 : Palpage électrique



Figure 7 : Contrôle tridimensionnel



Figure 6 : Pré-série

Le contrôle des pièces est fait avec des moyens et méthode de contrôle, Marquage des pièces suivant (outil, repère, client, Matière)

- **Outil de presse**

Un outillage pour presse à emboutir est constitué d'un nombre variable de sous-ensembles, dont chaque composant est soit usiné séparément (matière première), soit incorporé sans transformation (standard). L'ensemble peut comporter plus de 300 éléments.

Nos outillages se présentent généralement sous la forme d'un parallélépipède métallique intégrant l'ensemble des fonctions destinées à l'emboutissage de la pièce :

Vue de sous-ensembles constitutifs de l'outil :



Figure 8 : outils de presse

- **MAP sous presse**



Figure 9 : MAP Sous Presse

La Mise au point des essais sous presse et du SAV (par exemple traiter en 24 h une réparation sur un outillage).

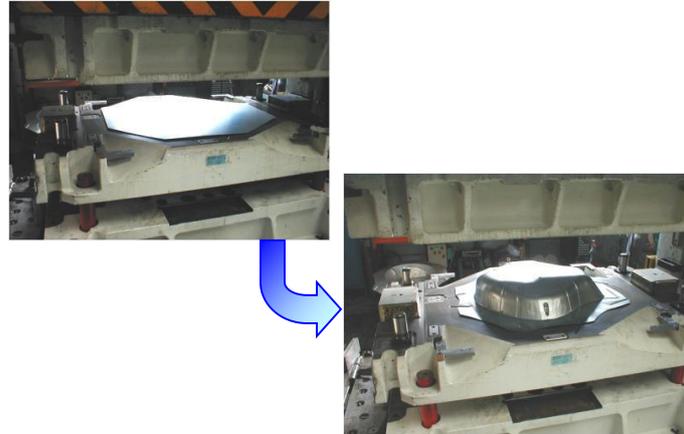


Figure 10 : BOAS sous presse avant et après

- **Produits**

Les outillages que nous concevons et réalisons pour nos clients permettent d'emboutir les tôles, les mettant en forme progressivement au fur et à mesure de l'avancement de la tôle dans l'outil. La photo suivante présente les déformations successives subies par la feuille de métal lors de sa progression sous la presse, jusqu'à la forme finale de la pièce :

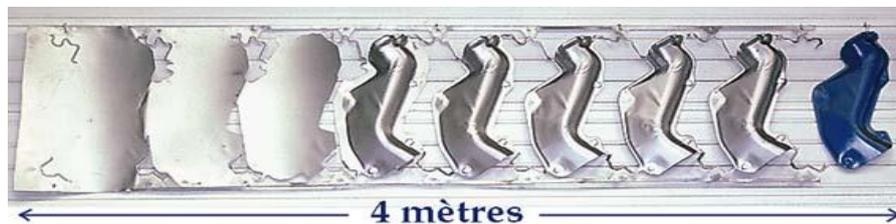


Figure 11 : Progression sous Presse

- **Bandes (OAS) & Pièces**



Figure 13 : OAS



Figure 12 : Pièces Final



### III. CONCLUSION

Pour conclure, la formation Merien Maroc outillage offerte dès mon arrivé au site et les tournées faites sur tout son périmètre, tout au long de la première et deuxième semaine de mon stage, étaient bénéfiques plus d'un titre ; c'était une occasion pour moi de comprendre le processus de la création de la valeur la stratégie de travail de la société. De plus, ça m'a permet de s'intégrer rapidement au sein du personnel, pour pouvoir dégager les problèmes liés mon projet de stage, et être plus efficace et efficient dans mon travail.



# CHAPITRE 2

## *Conception de l'outillage de presse*

*Ce chapitre présente en premier lieu des généralités sur l'emboutissage, présentation du logiciel, et en second lieu la conception des différents composants de presse.*

*Vous trouverez dans cette partie :*

- ✘ Généralités sur l'emboutissage;*
- ✘ Fonctionnement d'un outil sous presse;*
- ✘ Conception de l'outillage de presse;*



## I. GENERALITES SUR L'EMBOUTISSAGE INDUSTRIEL

### 1. Définitions

L'emboutissage est un procédé de formage par déformation à chaud ou à froid des métaux visant à transformer une tôle en une pièce plus ou moins creuse de surface non développable. Dans le cas d'emboutissage de tôles minces, cette dernière se présente sous la forme d'une feuille de moins de 3 mm d'épaisseur, appelé flan. Ce mode de formage s'effectue sur une presse au moyen d'un outillage dont la configuration détermine l'effet obtenu sur le flan:

- **Outils à simple effet** : configuration la plus simple, composée principalement d'une matrice et d'un poinçon.

- **Outils double effet** : comprend en plus de l'outil simple effet, un serre-flan.

L'outillage utilisé en emboutissage comprend donc.(cf. Fig. 14) :

- **Un poinçon** : coulissant plus ou moins vite sur l'axe vertical, et déformant la tôle.

- **Une matrice** : elle serre d'appuie à la tôle et lui donne la forme extérieure finale au retour élastique prés.

- **Un serre flan** : Son rôle est de maintenir plus ou moins le flan lors d'une opération d'emboutissage afin d'assurer un écoulement homogène du métal et prévenir les risques de plis ou autres défauts d'emboutissage.

- D'autres éléments caractérisant le type de presse et dont nous parlerons ultérieurement.

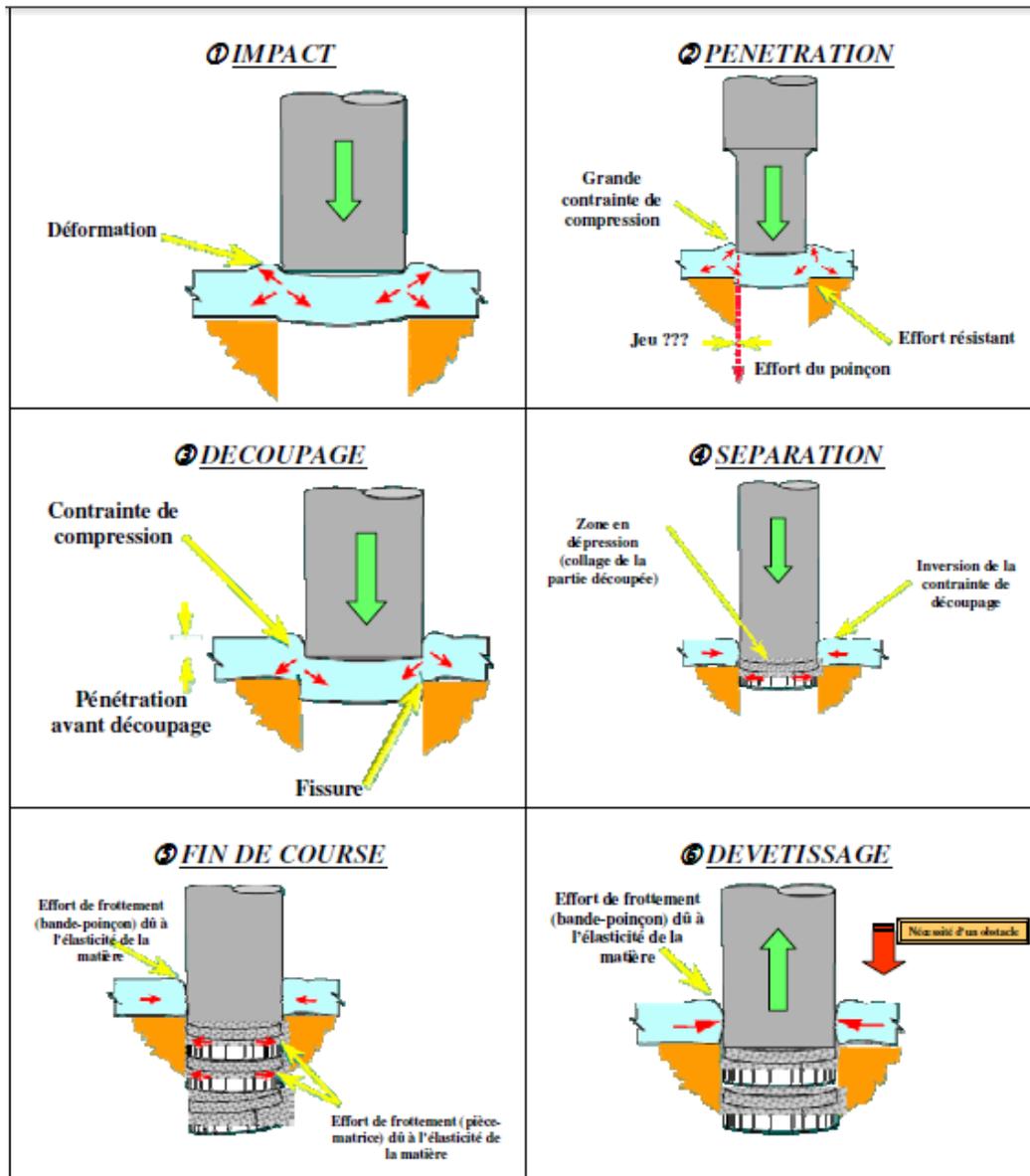


Figure 14 : Principe d'emboutissage

L'emboutissage impose à la tôle différents modes de déformation dont le but est de conduire à l'obtention d'une surface creuse. Le type d'outillage conditionne les deux cas limites de déformation : l'expansion et le retreint (cf. Fig. 2).

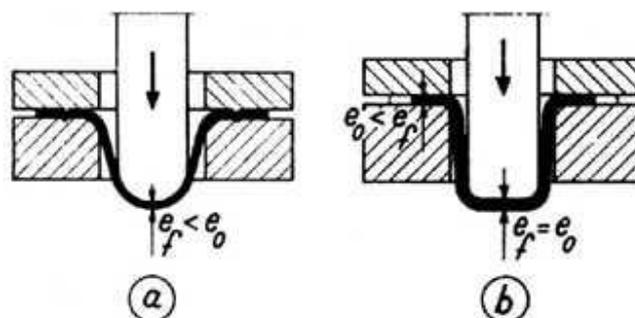


Figure 15 : Principaux de déformation par emboutissage



Le schéma (a) met en évidence un emboutissage par expansion sur le poinçon, le flan étant bloqué sous le serre flan : l'épaisseur sous le poinçon diminue.

Le schéma (b) montre un emboutissage profond avec retrait du métal glissant sous le serre-flan, l'épaisseur entre serre-flan et matrice diminue.

L'art de l'emboutissage consiste à réaliser le meilleur compromis entre ces deux modes de déformation et à optimiser ainsi l'écoulement du métal entre le poinçon, la matrice et le serre-flan.

## 2. L'emboutissage en température

Il existe deux techniques d'emboutissage :

**L'emboutissage à froid** : cette technique consiste à former une pièce à température ambiante. Elle est principalement utilisée sur un outillage double effet mais peut aussi l'être sur un outillage simple effet dans le cas où les emboutis sont peu profonds ou s'ils nécessitent peu d'effort de serrage.

Ce type de formage permet d'obtenir une meilleure précision dimensionnelle, limite les coûts et évite la formation d'oxyde. Néanmoins, l'épaisseur des tôles à emboutir ainsi que les caractéristiques mécaniques sont à l'origine des limitations de cette technique. En effet, il devient nécessaire pour les grandes épaisseurs d'effectuer l'emboutissage en plusieurs passes.

A ceci, il faut ajouter d'une part l'effet de l'écrouissage apparaissant lors de la mise en forme et se traduisant par un durcissement structurel et une baisse de la ductilité. D'autre part, la création de contraintes résiduelles au sein de la pièce finie en limite ses applications (risque de rupture fatigue).

**L'emboutissage à chaud** : principalement utilisé sur presses hydrauliques simple ou double effet, le formage de fonds de réservoir en acier est le plus important domaine d'application.



Cette technique facilite la déformation du matériau, permet l'emboutissage de pièces profondes par chauffage du flan (et de la matrice) et évite l'écrouissage et la formation de contraintes résiduelles.

Les cadences de production de l'emboutissage à chaud sont moins élevées que celles de l'emboutissage à froid du fait de l'inertie de chauffage. De plus les pièces finies sont de moins bonne qualité, que ce soit au niveau de l'état de surface ou du dimensionnement.

Enfin, cette technique nécessite des mises au point de la sécurité plus importantes.

### 3. Intérêts et débouchés

L'emboutissage sous presse présente de nombreux intérêts tant par son aspect économique que qualitatif :

Cette technique de mise en oeuvre offre un bas prix de revient et permet des cadences de production très élevées : 100 à 200 pièces par heure pour des pièces de gros volumes (carrosserie automobile) et jusque 3000 à 4000 pièces par heure pour des petites pièces (renfort, capuchon de réservoir).

L'écrouissage résultant des déformations imposées par la tôle donne des caractéristiques supérieures à celle du flan. Ces fortes caractéristiques permettent un allègement des pièces.

La qualité de l'état surface d'une pièce brute d'emboutissage est nettement supérieure à celle des pièces coulées. L'esthétique des pièces embouties en est donc bien supérieure et les travaux de finition tel que le polissage sont moins lourds à gérer et surtout moins coûteux. 4

Les débouchés de cette technique de mise en forme sont donc extrêmement larges. Nous noterons notamment la présence de l'emboutissage dans les domaines :

- des transports : que ce soit dans le domaine de l'automobile, des transports routiers ou des deux roues, l'emboutissage intervient pour de très nombreuses pièces extérieures (carrosserie) et intérieures (renforts).

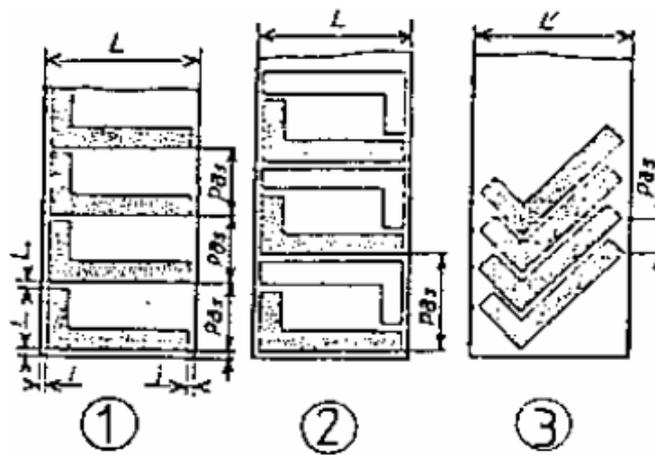
- De l'électroménager : radiateurs, machines à laver, ballon d'eau chaude,...

- Du sanitaire : lavabos métalliques, bacs de couches,...
- De l'emballage : boîtes de boisson, conserves,...
- Des pièces mécaniques, des biens de consommation courante,...

#### 4. Conception préliminaire d'un outillage de découpe

##### a. La mise en bande

Elle représente un choix délicat, visant à organiser les découpes de telle façon à économiser le maximum de matière, tout en permettant une faisabilité de l'outil, en laissant une certaine place entre les postes, pour leur usinage aisé (dans les cas des très petites pièces).



Mode 1 : simple

Mode 2 : “ à la retourne ”

Mode 3 : en diagonale

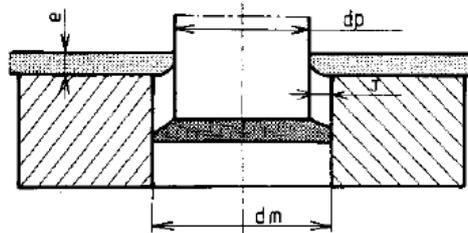
Intervalle à respecter entre deux pièces ou le bord de tôle :  $i = 2 * e$  avec un minimum de 1

mm. Certains cas particuliers permettent un découpage tangent au bord de tôle.

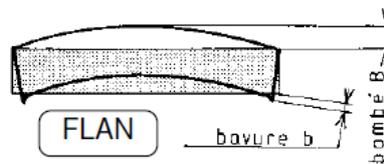
##### b. Le jeu poinçon - matrice

ROLE DU JEU : La réalisation de ce jeu poinçon/matrice permet d'éviter les risques de grippage ou de rupture de la matrice. (Il s'exprime en %)

**ATTENTION !** Il doit être le plus faible possible, car un excès de jeu peut provoquer un **bombé exagéré** de la pièce, ainsi qu'une **bavure importante**.



*· Découpage classique.*



VALEUR TOTALE DU JEU :

Elle dépend :

- de la nature du matériau à découper,
- de son épaisseur
- de la précision attendue du découpage.

Acier doux (0,2 à 0,3 % de C) : 1/20 ème de l'épaisseur de la bande

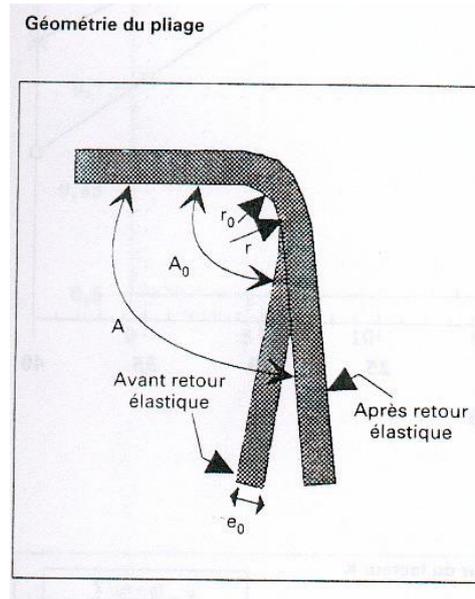
Acier ½ dur (0,3 à 0,4 % de C) : 1/16 ème de l'épaisseur de la bande

Acier dur (0,4 à 0,5 % de C) : 1/15 ème de l'épaisseur de la bande

Alliage d'aluminium : 1/10 ème de l'épaisseur de la bande

### c. Le cambrage

En raison de l'élasticité de certains matériaux une pièce cambrée s'ouvre légèrement et l'angle de pliage réel devient d'autant plus grand que le métal à travailler est plus résistant. Le retour élastique est appelé **le ressaut** en terme d'atelier



### d. Les efforts dans l'outillage

SECTION CISAILLÉE (**S**) : **périmètres découpés de la pièces x épaisseur de la bande** Soit pour une pièce correspondant au croquis ci-dessus :

EFFORT DE DÉCOUPAGE (**F**) :  **$F(\text{daN}) = \text{Périmètres découpés} \times \text{Épaisseur} \times R_c$**

EFFORT D'EJECTION (**F<sub>ej</sub>**) : c'est l'effort nécessaire pour extraire la pièce découpée de la matrice. Il est égal à **1,33 %** de l'effort de découpage.

EFFORT D'EXTRACTION (**F<sub>ex</sub>**) : c'est l'effort nécessaire pour décoller la bande de matière du poinçon. Il varie suivant l'importance du contour du déchet autour du poinçon. Environ **7%** de l'effort du découpage (travail en pleine tôle), à **2 %** si la chute est faible.

EFFORT DE SERRAGE (**F<sub>s</sub>**) : effort assuré par le dévêtitseur sur la bande,  **$F_s = 10\% \text{ de } F$** .

## 5. Présentation du logiciel VISI Progress

Logiciels CFAO avancés pour l'industrie Mécanique



VISI Progress est un logiciel dédié à la conception des outils progressifs ou à suivre, outils transferts, outils emboutissages. Des fonctionnalités métier gèrent l'assemblage de l'outil en respectant les règles essentielles d'outillage. La conception de l'outil de presse en 3D apporte une fiabilité de conception et un gain de productivité en usinage.

Fonctionnalités principales:

- Calcul de la fibre neutre variable
- Analyse pièce
- Flan automatique
- Déplié pas à pas
- Conception de la bande 3D & simulation
- Effort découpe, serre flan etc...
- Montage de l'outil 3D automatisé et personnalisable
- Composants standards paramétriques
- Lien automatique pour l'usinage de plaques
- Mise en plan associative
- Nomenclatures automatiques

Gamme étendue des interfaces CAO. VISI peut travailler directement avec de fichiers provenant de Parasolid, IGES, CATIA v4 & v5, Pro-E, UG, STEP, Solid Works, Solid Edge, ACIS, DXF, DWG, STL et fichiers VDA. Cette gamme étendue d'interfaces assure à l'utilisateur de pouvoir travailler avec tous les donneurs d'ordres et fournisseurs. Des fichiers de très grosses tailles peuvent être manipulés avec facilités. Les sociétés travaillant sur des pièces complexes bénéficieront de la facilité avec laquelle, les données de CAO de leur client peuvent être manipulées.

Véritable modelleur hybride. VISI utilise les outils de modélisation filaire, solide et surfacique ou les 3 combinées, sans aucune restriction. Les fonctions de modelage permettent l'union, la soustraction, l'intersection, l'empreinte, l'évidement, les raccords constants et variables sur surfaces et solides. Les fonctions surfaciques incluent surface patch 3, 4 ou N côté, surface par des sections, surface dépouille, 1 ou 2 directrices, surface tangente, surface tuyaux. Ces fonctions surfaciques permettent une manipulation très facile des



données importées qui peuvent être corrompues et également construire les formes les plus complexes à partir d'une base vierge.

Outils performants de dépliés. Une gamme d'algorithmes permet de choisir votre méthode de dépliés. Pour définir les postes intermédiaires, l'utilisateur peut choisir la méthode "Rayon constant" ou "Longueur constante" et personnaliser entièrement le ratio de fibre neutre, afin de respecter les paramètres matière. Ces outils permettent d'obtenir ainsi un flan théorique pertinent, ou de faire une recherche de flan même pour les pièces embouties par VISI Blank. La gestion des postes intermédiaires est rapide, puissante et flexible. Elle propose de nombreux outils permettant d'ajuster dynamiquement les angles de cambrage. Il est possible d'intégrer de manière paramétrique des raidisseurs qui peuvent être activés ou désactivés. Un poste peut être ajouté ou supprimé à n'importe quel moment, ce qui offre une plus grande flexibilité à l'utilisateur pour la conception de ses outils de presse.

Conception paramétrique de la bande. A partir du flan de la pièce, il est possible d'obtenir rapidement une mise en bande 3D. L'utilisateur peut positionner le flan par rapport au sens défilement bande comprenant les lignes de plis, la rotation dynamique du flan dans la bande permet d'optimiser la perte matière. La construction des poinçons devient très simple et efficace, en automatique ou semi-automatique une variété d'outils assiste l'utilisateur. Une fois créés, ils peuvent être dynamiquement positionnés sur n'importe quel poste. Les postes intermédiaires sont attachés à la bande selon les pas souhaités. Déplacer les poinçons et les postes d'un pas à l'autre permet de passer rapidement du stade de la pré-étude à celui du schéma de bande final. Il est possible d'accéder à tout moment aux informations liées à la bande. La simulation de bande permet de contrôler à la fois le détournage et le formage de la pièce.

Optimisation matières et calcul des efforts. Le calcul automatique de la perte matière et de l'effort de détournage permet à l'outilleur de valider ou non son projet avant même d'avoir commencé l'étude de l'outillage. L'effort de dévêtissage aide le concepteur à dimensionner ses ressorts, facilitant ainsi le montage pertinent de l'outil.

Montage automatisé de l'outil. Une interface très conviviale permet à l'utilisateur de définir l'assemblage de l'outil de presse autour de la bande en dimensionnant les plaques, les colonnes, bagues, et poinçons. L'agencement des plaques, le nombre et le type de colonnes,



le montage des bagues sont définis très facilement. La carcasse d'outil peut être mémorisée dans une base de données et réutilisée à tout moment. Un contrôle intelligent vérifie la pertinence des courses et des dimensions des composants. En quelques minutes, l'outilleur peut monter la carcasse de l'outil, évitant ainsi les tâches répétitives de modélisation et sortir une liste des pièces pour l'approvisionnement.

Gestion des poinçons non standard. Une gamme d'outil automatique permet la création des poinçons non standard pour le détournage, cambrage et embouties de manière simple et efficace. L'extrusion automatique assure une fiabilité pour chaque plaque de l'outil de presse. Des paramètres clairs liés à chaque type de plaque peuvent être appliqués aux poinçons à tout moment. La création paramétrique et la mise en place automatique du talon de réaction, support et fixation du poinçon ... facilitent la conception rapide des poinçons non standard.

Mise en plan automatique. Les sections, vues et détails complexes peuvent être créés directement à partir du modèle de l'outil de presse. Une gamme complète de cotations, tolérances et de symboles géométriques permettent de générer facilement des plans d'un outil en 2D. Lors de la modification éventuelle du modèle 3D, les vues 2D sont automatiquement mises à jour. Pour la création de la nomenclature, le gestionnaire d'assemblage contient des informations comprenant des numéros pour chaque pièce, débits, fournisseurs et d'autres caractéristiques pour définir une nomenclature complète pour finaliser la mise en plan.

## II. FONCTIONNEMENT D'UN OUTIL SOUS PRESSE

Dans cette partie à l'aide de schémas nous allons déterminer le fonctionnement d'un outil monté sous presse. Avant de concevoir un outil de presse il faut en comprendre le fonctionnement. Cette étape m'a été indispensable.

On considère que l'outil est en fonctionnement normal de production.

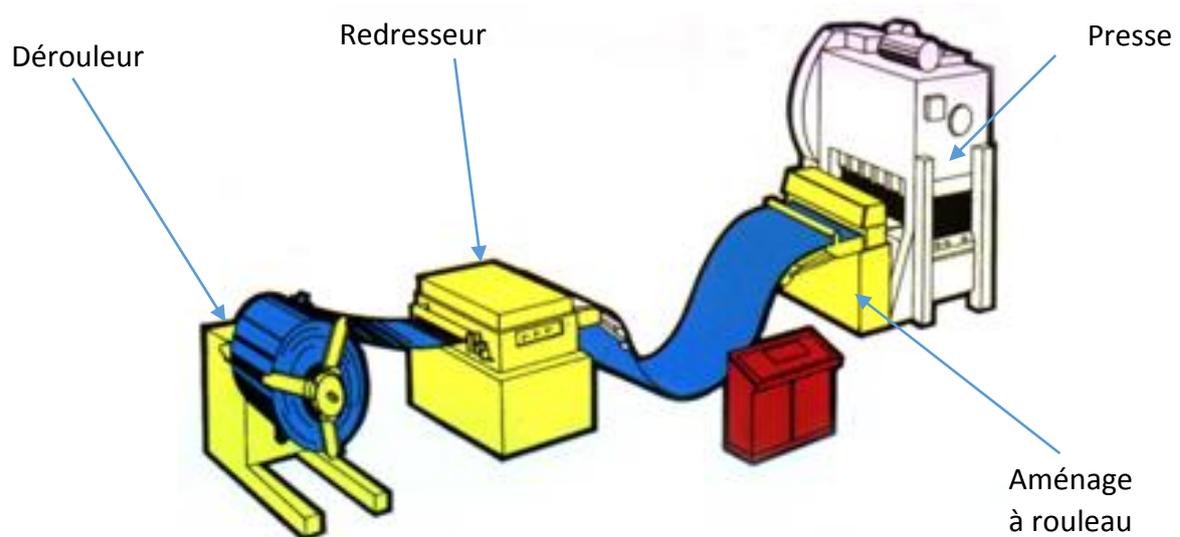


Figure 16 : installation d'une presse

Les schémas suivants sont très simplistes. Toutes les pièces d'un outil ne sont pas représentées. Ceux-ci sont destinés à expliquer succinctement les étapes d'emboutissage d'une pièce par une presse et un outil.

Voici, la première étape de l'emboutissage d'une tôle en production.

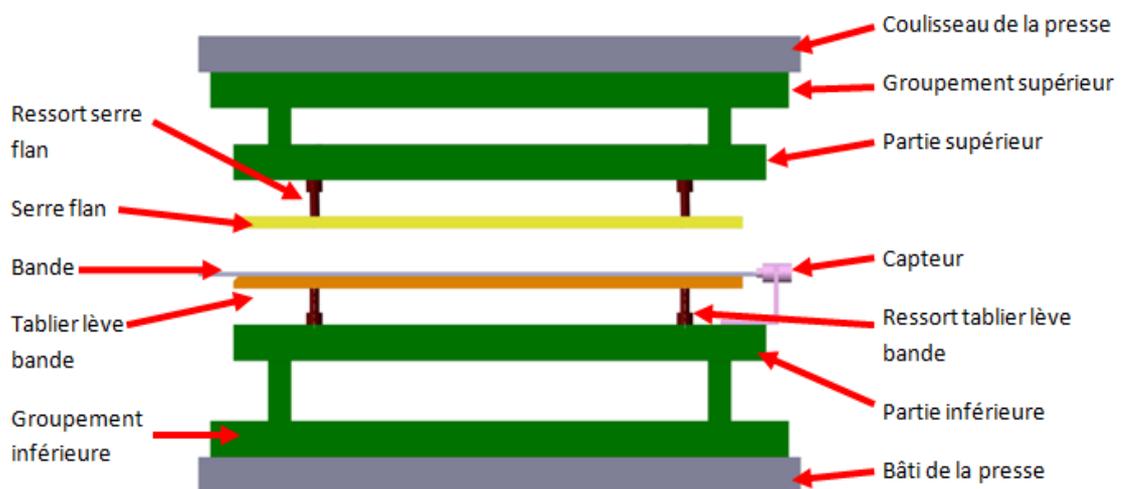


Figure 17 : Une presse en étape initiale

La bande est défilée jusqu'au capteur de sécurité de présence de bande (s'il n'est pas actionné à ce moment-là par la bande alors la presse se met en arrêt). Le tablier lève bande est remonté par des ressorts à gaz. Le coulisseau de la presse est en position haute.

En cette deuxième étape, le coulisseau de la presse descend. Ainsi, Le serre flan entre en contact avec la bande.

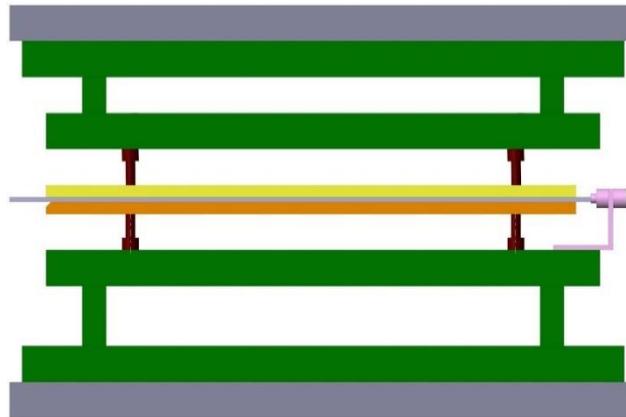


Figure 18 : Une presse première phase de descente

La troisième étape est celle de découpe et d'emboutissage proprement dite. Dans cette étape, le coulisseau de la presse descend encore. Ainsi, le tablier lève bande se retrouve dans sa position la plus basse, ses ressorts à gaz sont comprimés. Le serre flan plaque toujours la bande contre le tablier lève bande. Puis, les ressorts du serre flan se compriment. Ainsi, la partie supérieure descend et vient avec ses poinçons emboutir la bande ou la découper comme on peut le voir à droite de l'outil.

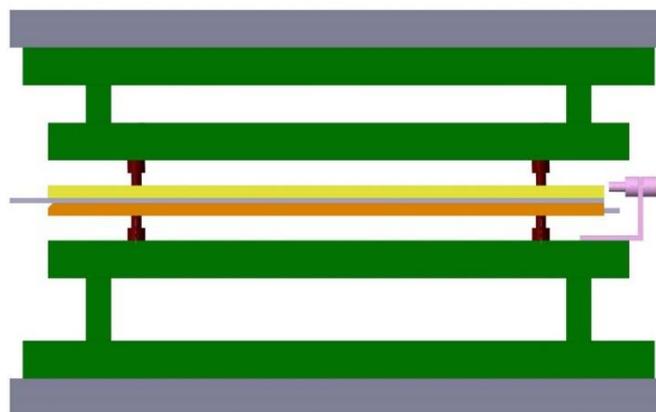


Figure 19 : Une presse en étape de découpe

Cette étape est la remontée de la bande. Dans cette étape, le coulisseau de la presse remonte. Ainsi, le groupement supérieur et la partie supérieure remontent également, ce qui a pour effet de détendre les ressorts du serre flan. Lorsque la partie supérieure est remontée, ses étriers (non représenté ici mais visualisable à la figure 25) remontent le serre flan. Donc, la bande et le tablier lève bande ne sont plus comprimés par le serre flan et peuvent monter à leur tour. Ainsi, la bande retrouve sa hauteur initiale.

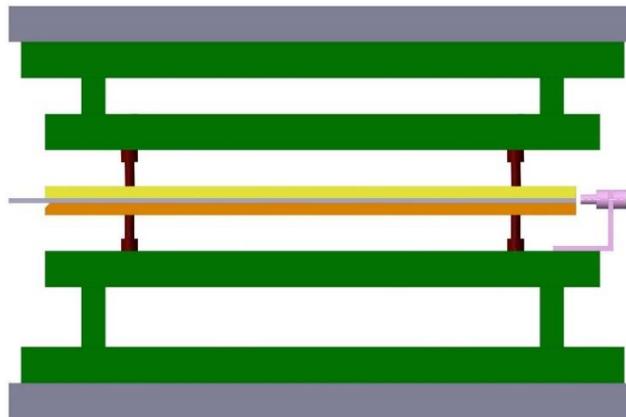


Figure 20 : Une presse première phase de remontée

La dernière étape est celle du retour en position initiale. Le coulisseau remonte jusqu'à sa hauteur initiale. Ainsi, tous les composants supérieurs à la bande remontent. La bande est ainsi libérée du passage du serre flan. A cet instant, le dérouleur de bande déroule la bande d'un pas et celle-ci enfonce le capteur de sécurité. La presse est revenue en position initiale.

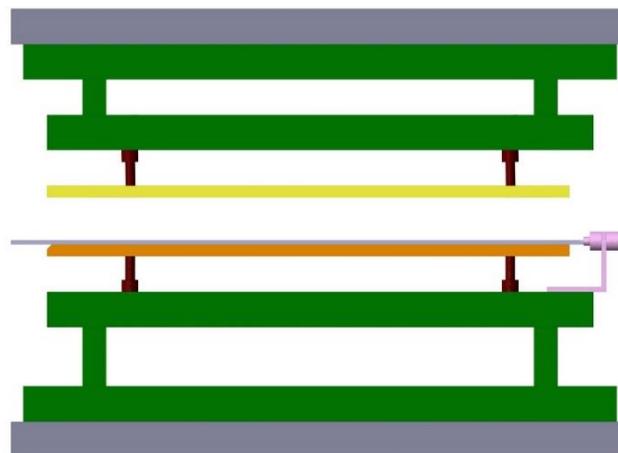


Figure 21 : Une presse au retour à l'état initial

Ces différentes étapes forment un cycle qui tourne en boucle jusqu'à ce que le rouleau de tôle du dérouleur soit vide.



### III. PRECONCEPTION DE L'OUTILLAGE DE PRESSE

#### 1. Demande du client

Un client fait le souhait d'acheter un outil de presse à Merien. Pour cela il envoie les plans papiers de la pièce à réaliser ainsi que les plans numérisés, c'est-à-dire que la pièce peut être exploitée sur un logiciel de conception. On appelle cela une définition de forme numérisée (DFN) . Plan pièce- voir Annexe 1.

Il envoie également son cahier des charges ainsi que le cahier des charges de la presse pour que le bureau d'étude de MMO puisse répondre à ses attentes. Ensuite, MMO fait un devis qu'il envoie au client, celui-ci l'accepte ou pas. S'il l'accepte alors les dessinateurs peuvent commencer l'étude du plan méthode et celle de l'outil par la suite, pour livrer l'outil dans les délais convenus avec le client.

Selon les clients le déroulement d'une commande peut varier. Certains clients veulent une pré-étude du plan méthode avant de valider le devis par exemple.

Avant toute chose on valide avec le client l'engagement matière utile (largeur de bande et pas) pour valider le process.

#### 2. Déroulement de la conception et construction de l'outil de presse

Suite à la réponse positive du client au devis de MMO, on conçoit en premier lieu le plan méthode de la pièce à l'aide de la DFN et les paramètres de la bande renseignés dans l'enregistrement de la commande. C'est-à-dire qu'on part d'une simple tôle plate et on doit après plusieurs étapes de pliage ou de découpe former la pièce voulue par le client, je détaillerai ce point plus en détails dans la suite de ce rapport. Une fois que le plan méthode est établi, on doit dessiner l'outil de presse à l'aide de son logiciel de conception assistée par ordinateur. Ainsi, toutes les pièces de l'outil sont dessinées.

Les fichiers informatiques de l'outil au complet sont envoyés au bureau de fabrication assisté par ordinateur. Les techniciens méthodes conçoivent les programmes pour usiner les pièces de l'outil. Ensuite, ces programmes sont utilisés à l'atelier. Les fraiseurs et l'érodeur réalisent les pièces de l'outil à l'aide de leurs machines à commandes numériques ainsi qu'à l'aide des programmes du bureau de fabrication assistée par ordinateur. Toutes les pièces

fabriquées sont ensuite envoyées à l'atelier de montage. Les ajusteurs assemblent toutes les pièces de l'outil fabriquées et standards, comme les ressorts et les vis. Ensuite, ils ajustent toutes les pièces de l'outil pour qu'elles soient parfaitement montées, pour éviter les défauts d'emboutissages ou de découpes sur la pièce. Une fois que l'outil est complet, c'est-à-dire que toutes les pièces sont montées et ajustées, il est installé sur l'une des presses de MMO où l'un des metteurs au point va régler et vérifier que l'outil fonctionne parfaitement. Si ce n'est pas le cas, il va définir les problèmes de l'outil et dire quelles sont les améliorations à apporter. Lorsque l'outil est au point, les premières pièces embouties sont envoyées au contrôle. Un technicien à l'aide de deux machines de contrôle vérifie que les pièces sont bonnes, qu'elles correspondent au cahier des charges imposé par le client. Si les pièces ne sont pas bonnes, il faudra corriger les défauts sur l'outil. Si le contrôle des pièces s'avère concluant, l'outil peut être peint et envoyé chez le client.

### 3. Description de l'outil

Dans cette partie nous allons détailler le vocabulaire de chaque partie de notre outil de presse nécessaire à la compréhension du rapport.

Voici, ci-dessous en vert l'outil de presse au complet fermé et en gris la représentation numérique de la presse sur laquelle il est installé :

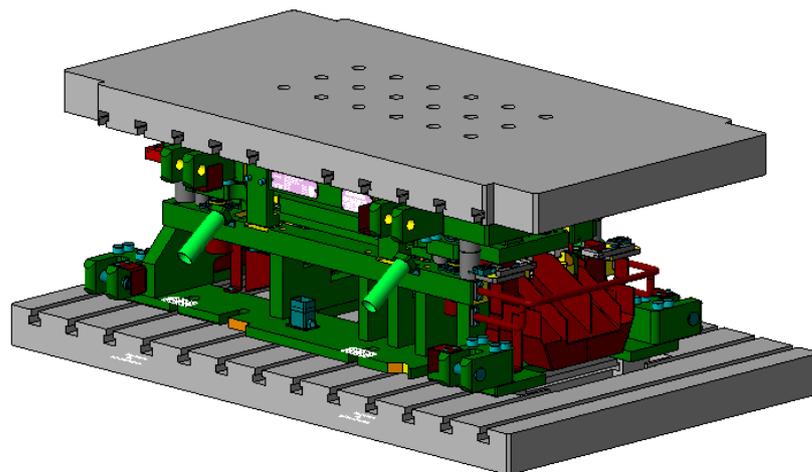


Figure 22 : outil complet

L'outil en vue éclaté :

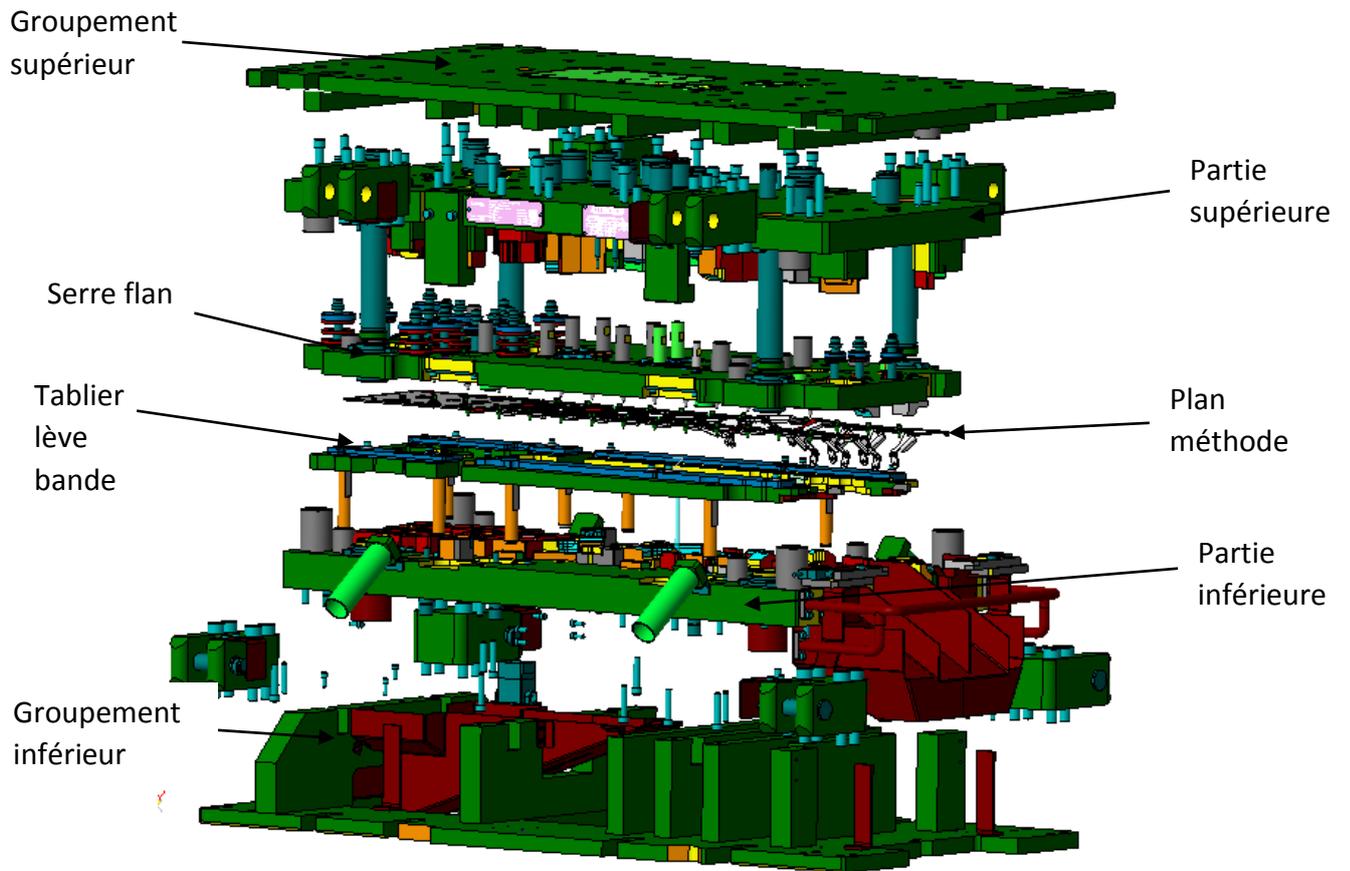


Figure 23 : outil éclaté

Nous allons à présent détailler les éléments que l'on retrouve dans chaque partie de l'outil.

## a. Groupement supérieur en vue isométrique de dessous:

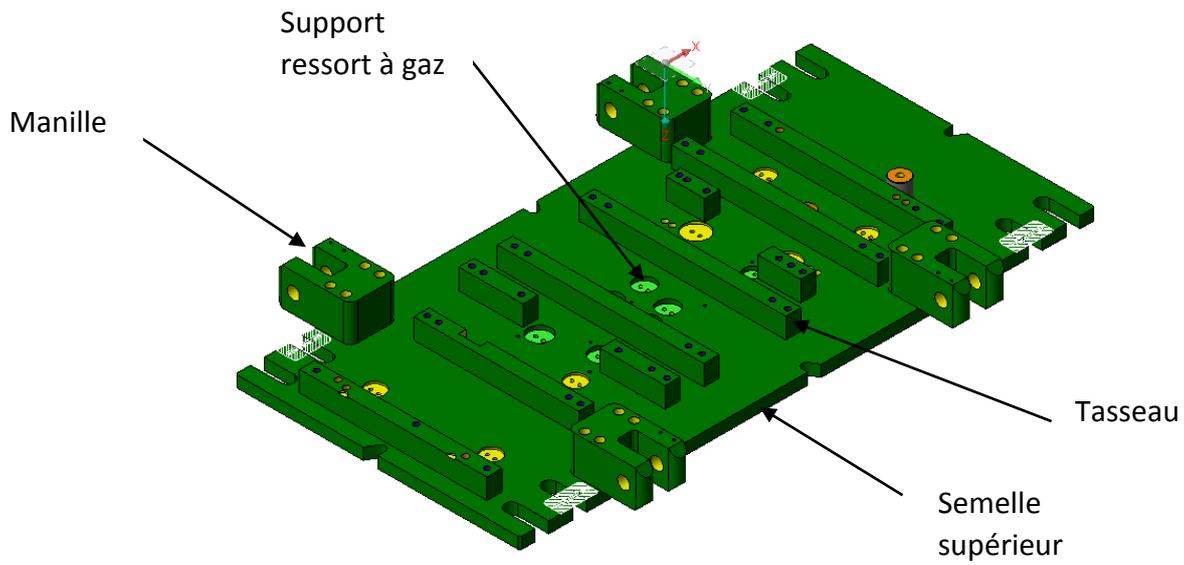


Figure 24 : groupement supérieur

- la semelle supérieure sert à relier l'outil à la presse de plus il forme en quelques sorte le châssis de l'outil
- les tasseaux contribuent au « châssis » de l'outil et font le relais entre le groupement supérieur et la partie supérieure
- les manilles permettent une manutention plus aisée de l'outil
- Support ressort à gaz assure la fixation des ressort du serre flan

b. Partie supérieur en vue isométrique de dessous:

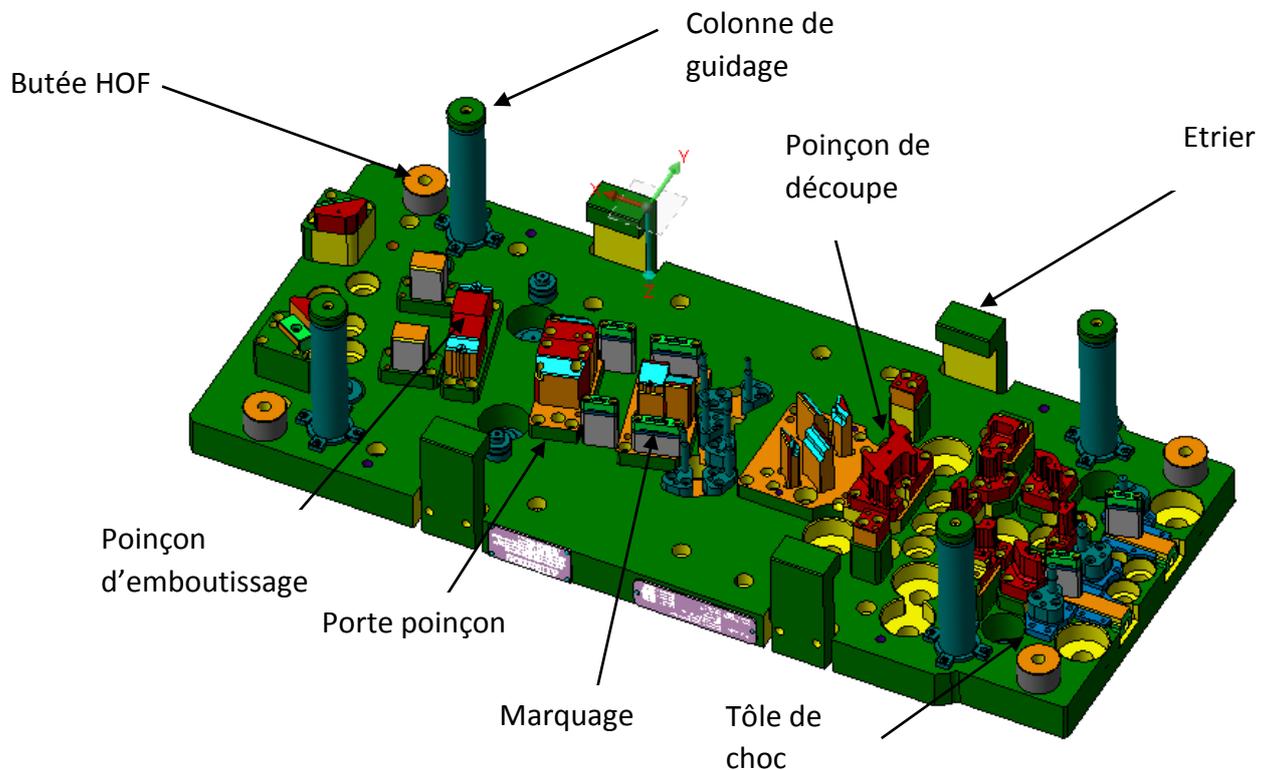


Figure 25 : partie supérieur

- les poinçons de découpe sont les poinçons qui vont découper la tôle pour former la pièce
- les poinçons d'emboutissage sont les poinçons qui vont déformer la tôle pour former la pièce
- les colonnes de guidages guident la partie supérieure pour quelle se positionne bien au-dessus de la partie inférieure lorsque la presse est en action
- les étriers servent à remonter le serre flan en phase de remontée du coulisseau de la presse
- les tôles de choc servent à amortir (répartir) l'effort des poinçons lorsqu'il découpe la tôle sur le bâti supérieur
- les portes poinçons permettent de consolider la position des poinçons
- les butées HOF (Hauteur Outil Fermé) servent à ce que la partie supérieure ne vienne pas s'engouffrer dans la partie inférieure
- les butées presseurs servent à ce qu'il est toujours une distance minimum entre le serre flan et la partie supérieure

- les marquages sont gravés dans la tôle et garantissent la traçabilité des pièces

Tous les outils doivent être équipés de minimum 4 cales (butée HOF) de réglage (différence de hauteur 10mm mini entre cale supérieur et inférieur) et fixés aux endroits des points durs.

- Butée d'HOF pour outil > à 400T, diam 100mm
- Butée d'HOF pour outil = à 400T, diam 80mm
- Butée d'HOF pour outil < à 400T, diam 60mm
- Butée de stockage, tube sur charnière
- Butée de stockage pour outil > à 400T, diam 90mm
- Butée de stockage pour outil = à 400T, diam 60mm
- Butée de stockage pour outil < à 400T, diam 50mm

### c. Le serre-flan

- Serre-flan en vue isométrique de dessous

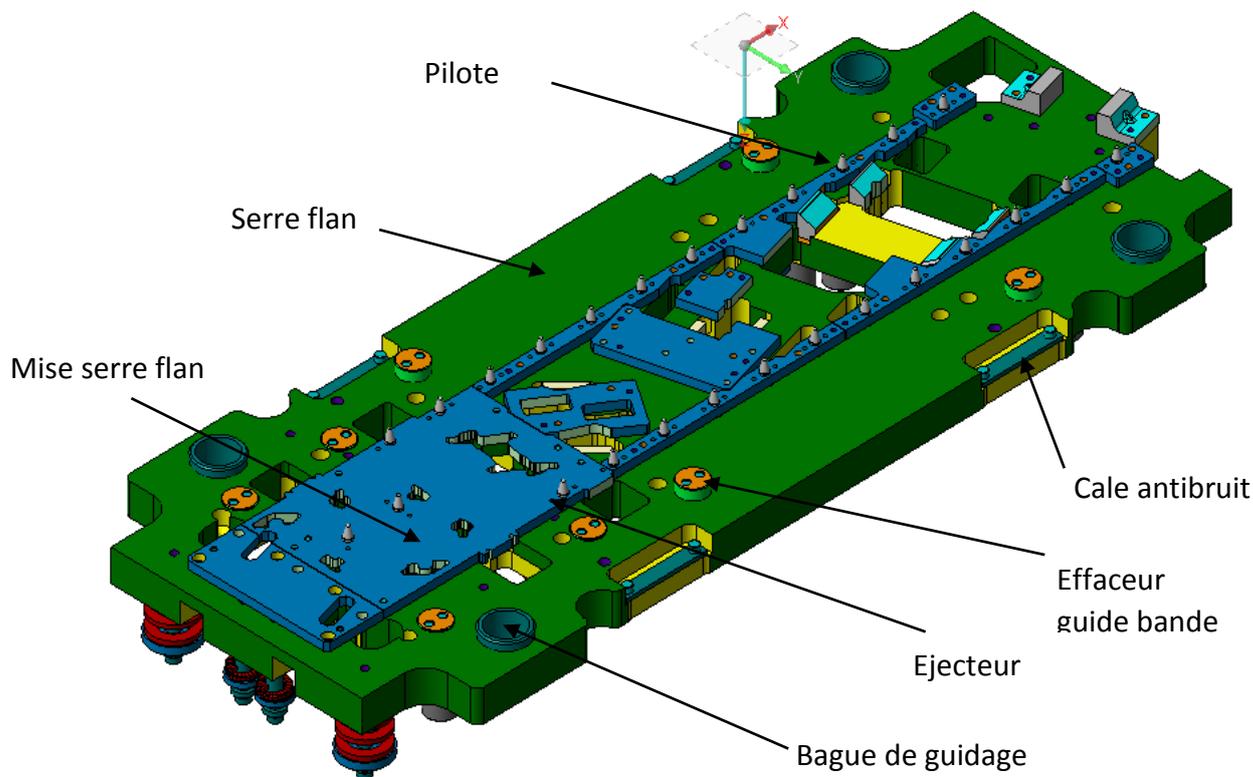


Figure 26 : serre flan en vue de dessous

- les cales anti-bruit servent à diminuer le bruit lorsque les étriers remontent le serre flan

- les mises serre flan sont les pièces qui viennent plaquer le plan méthode pour qu'il ne bouge pas lors des emboutissages et des découpes.
  - les pilotes permettent de bien positionner le plan méthode
  - les éjecteurs permettent d'éjecter le plan méthode (de bande) des mises serre flan
  - les bagues de guidages guident les colonnes de guidages de la partie supérieure
  - effaceur guide bande servent à ce qu'il est toujours une distance minimum entre le serre flan et le tablier
- serre-flan en vue isométrique de dessus :

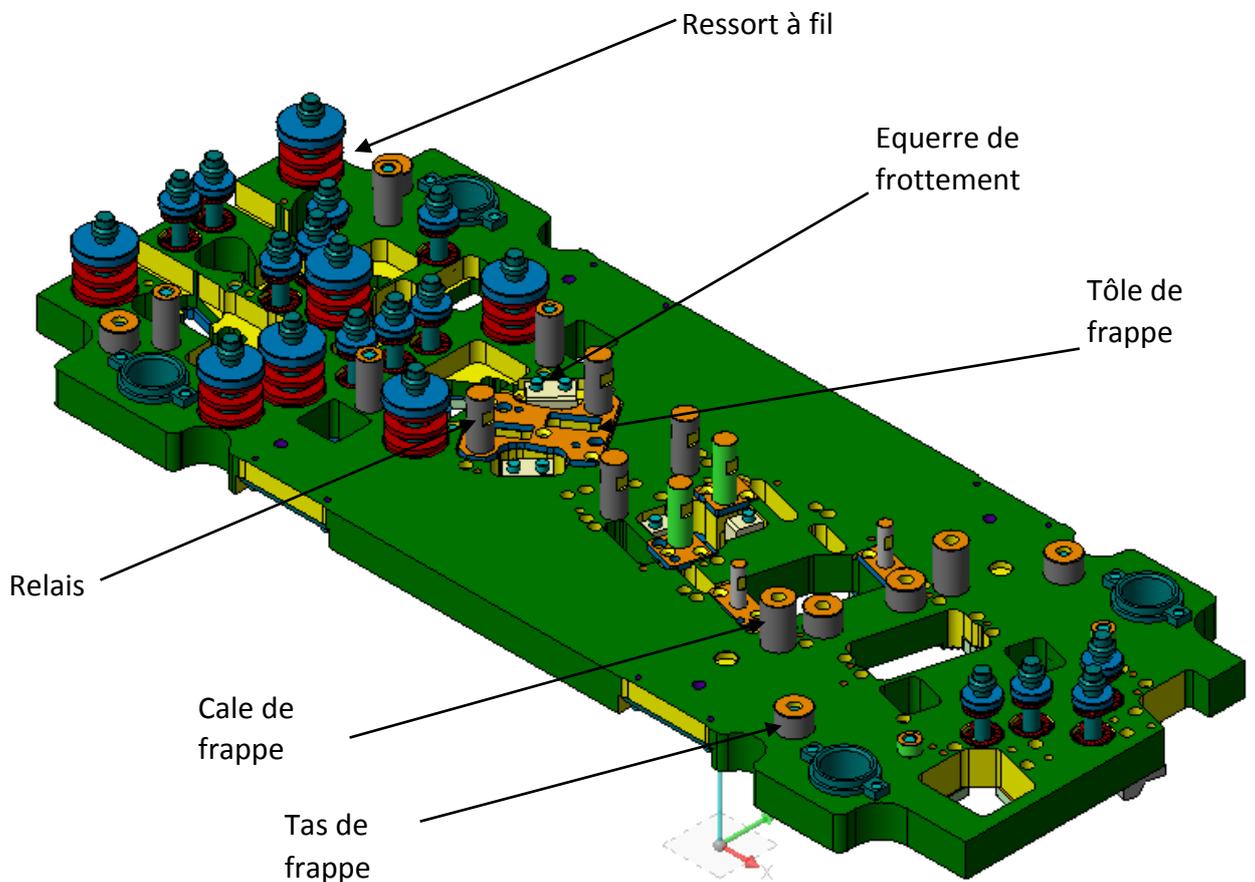


Figure 27 : serre flan en vue de dessus

- les ressorts fils et les ressorts à gaz servent à plaquer le serre flan sur le plan méthode (ce point est détaillé dans la suite de ce rapport)
- la plaque appui ressort sert à fournir un appui pour la tige des ressorts
- les relais servent à rallonger les tiges des ressorts à gaz, ils sont utilisés pour deux raisons, d'une part il ne sera pas nécessaire de fixer les ressort à l'intérieur de

l'outil, ils sont montés au support du groupement supérieur ce qui facilite le démontage et d'autre part les ressort avec des tiges courtes coûte moins chère

- tas de frappe assure la distance minimale entre le serre flan et la partie supérieure
- cale de frappe
- équerre de frottement permet d'équilibrer le poinçon on lui ajoutant une réaction

#### d. Tablier lève bande

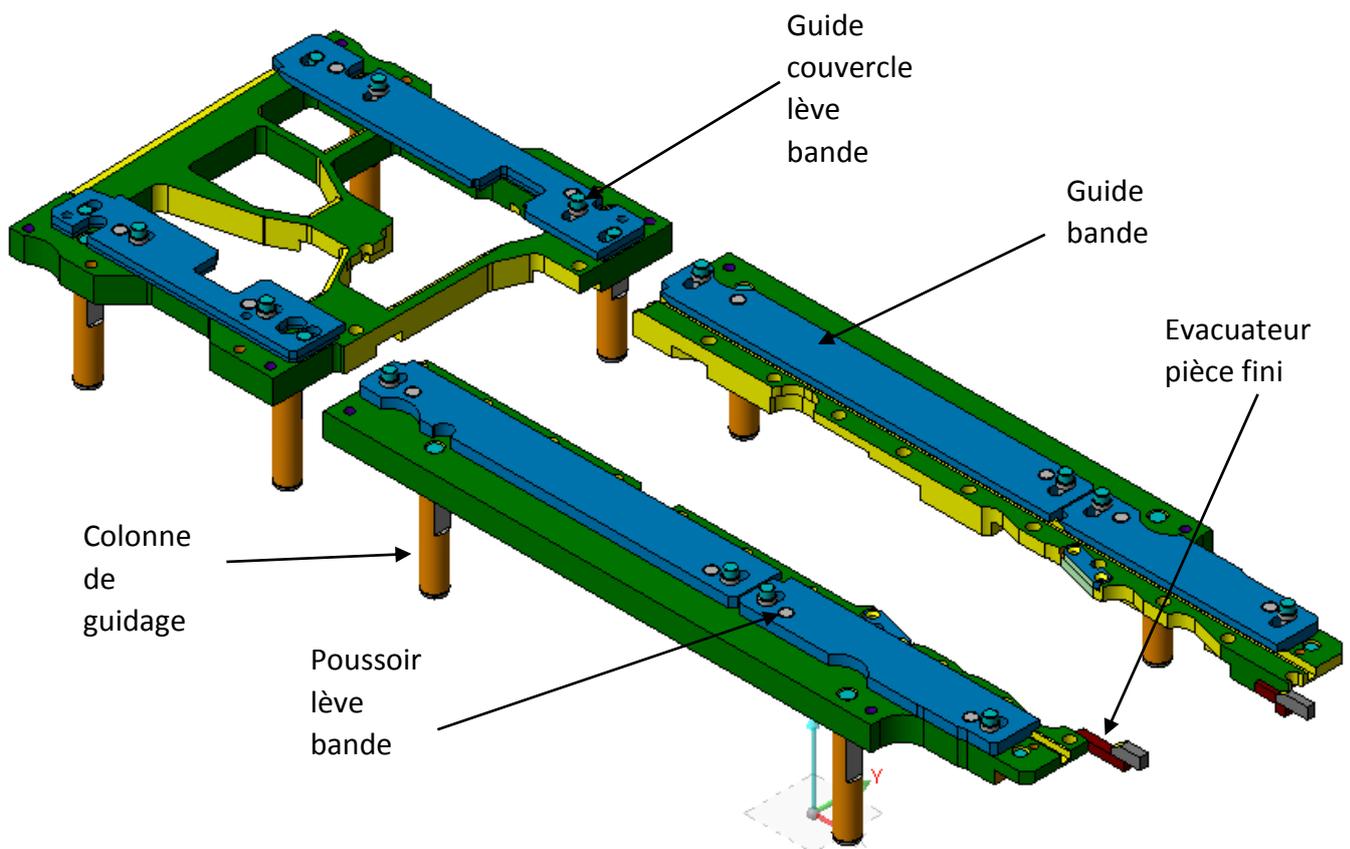


Figure 28 : tablier lève bande

- les guides bandes servent à guider le plan méthode et à lever celle-ci par passer d'un poste à un autre
- Evacuateur pièce fini servent à évacuer la pièce en fin d'emboutissage
- les colonnes de guidages servent à guider le tablier lève bande
- les poussoirs lève bande, une fois poussés ça annulent la fixation entre le guide bande et le tablier et on peut les translater vers l'extérieur à l'aide des Guides couvercle lève bande afin de dégager la bande

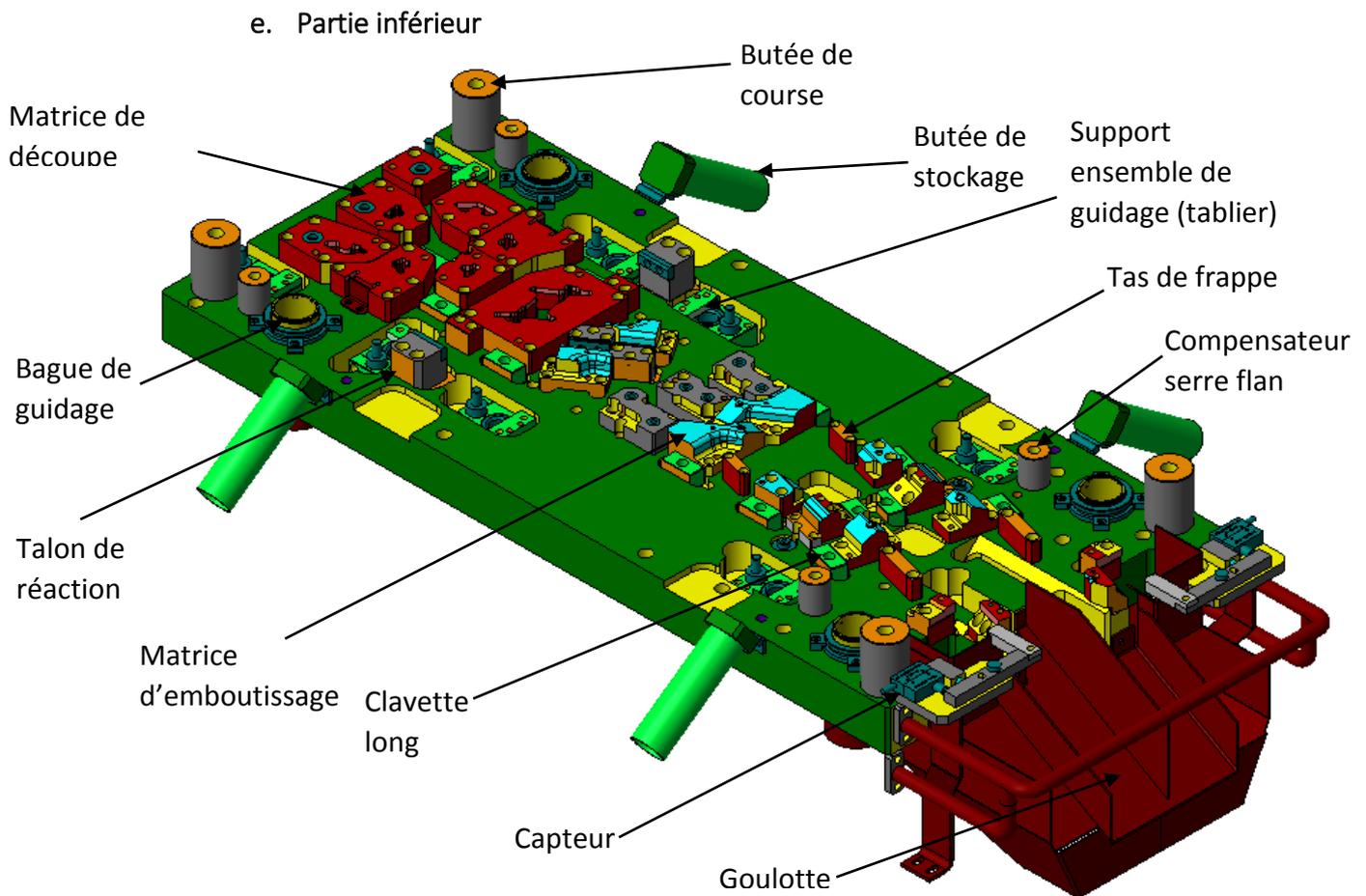


Figure 29 : partie inférieure

- les matrices de découpes sont les formes dans lesquels les poinçons viennent s'engouffrer pour découper la tôle
- les matrices d'emboutissage sont les formes sur lesquels le plan méthode est plaqué par les poinçons d'emboutissage pour former la pièce
- les capteurs sont des capteurs de sécurité (leur fonction sera détaillée plus tard)
- les butées de stockage servent à maintenir un écart entre la partie supérieure et la partie inférieure lorsque l'outil n'est pas en service pour éviter de contraindre les ressorts du serre flan et guide bande pour rien
- la goulotte sert à évacuer les pièces finies
- les bagues de guidages servent à guider les colonnes de la partie supérieure
- les tas de frappe servent à plaquer la tôle lorsque l'on effectue un marquage sur la tôle de façon à ce que le marquage soit bien gravé
- les clavettes longues servent à assurer la réaction aux matrices qui effectuent le pliage ou la découpe sur leurs bords pour qu'elles ne subissent pas une flexion

- les Talons de réaction jouent le même rôle que les clavettes sauf eux ils assurent la réaction aux poinçons
- Compensateur serre flan assure la distance minimale entre le serre flan et la partie inférieure
- Support ensemble de guidage (tablier) contient le micro ressort à gaz et la bague de guidage pour assurer la translation du tablier
- Butée de course inférieure sert à ce que la partie supérieure ne vienne pas s'engouffrer dans la partie inférieure

f. Groupement inférieur

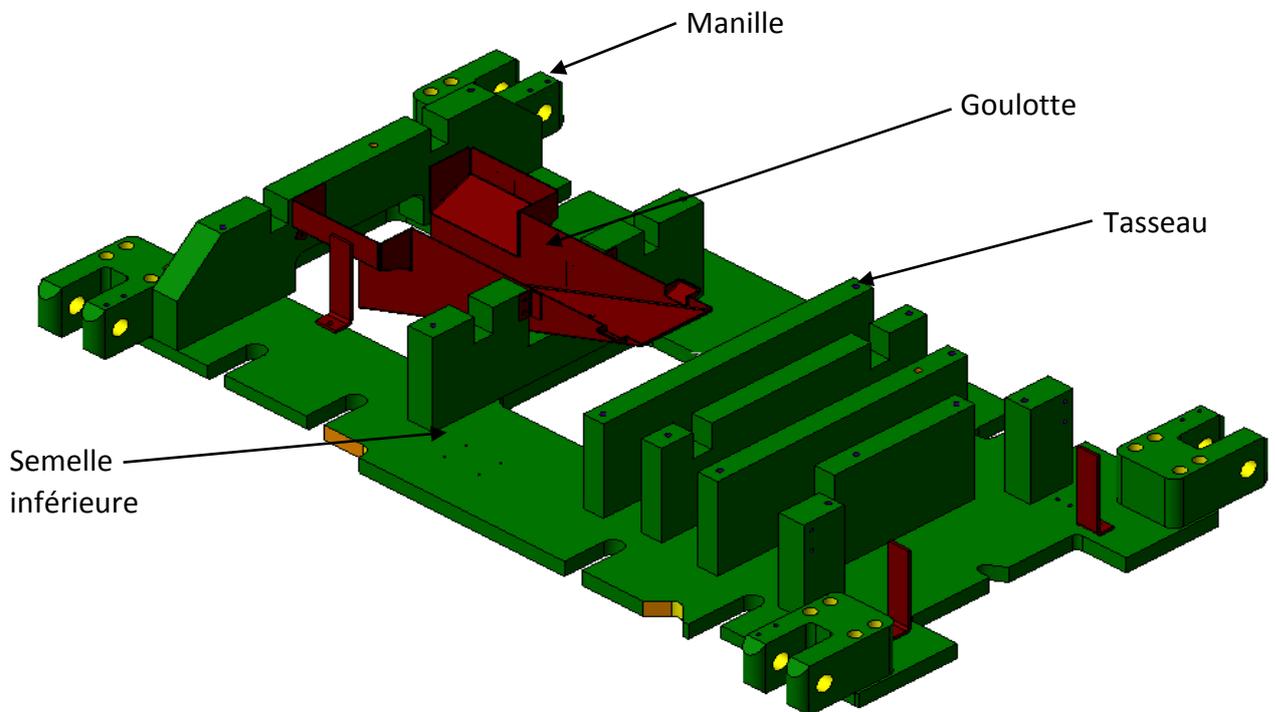


Figure 30 : groupement inférieur

- les manilles permettent une manutention plus aisée de l'outil
- les goulottes garantissent une bonne évacuation des déchets du plan méthode
- la semelle inférieure sert à relier l'outil à la presse
- les tasseaux font le relais entre la semelle inférieure et la partie inférieure, ils consolident tous l'outil également

## 4. Réalisation du plan méthode

### a. Définition du plan méthode

Le plan méthode d'une pièce est la façon selon laquelle nous allons emboutir en plusieurs étapes, une tôle plate pour obtenir une pièce finale, comme nous le montre l'image ci-dessous :

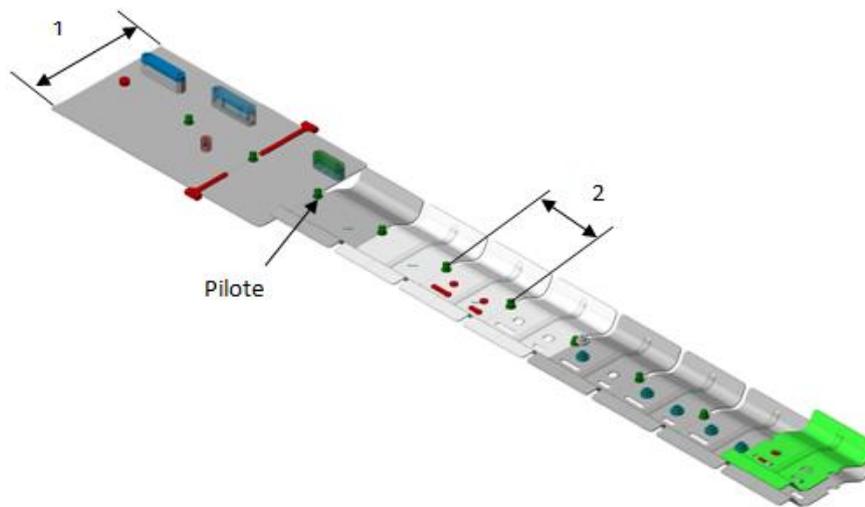


Figure 31 : plan méthode

La cote numéro 1 correspond à la largeur du plan méthode et la cote numéro 2 correspond à la longueur du pas. Un pas est une étape du plan méthode. Bien entendu le début du plan méthode est à la gauche de la figure et la fin est à la droite.

Le plan méthode peut également être appelé la mise en bande d'une pièce. C'est la première étape pour concevoir un outil de presse.

### b. Déroulement de la réalisation du plan méthode

Voici la DFN que j'ai reçu en début du projet:

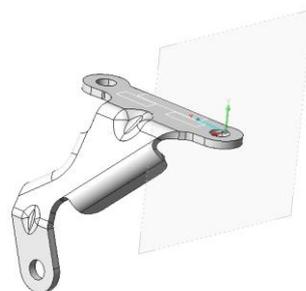


Figure 32 : DFN mission de stage

Et l'enregistrement de la commande :

**Support Pompe Injection  
Projet PSA Moteur**

**4758**

Type d'outil : OAS

Nbre d'outils : 1

Pièce/coup : 2 (81g/pièce)

Matière : S355MC - 3.00 mm



<i>CDE</i>	Mail d'affectation de M. El Messaoudi
<i>CLIENT</i>	<b>SNOP</b>
<i>CONTACT</i>	M. El Messaoudi
<i>N° PIECE</i>	<b>98 111 380 8A</b>
<i>N° FICHIER</i>	805IWSA0U
<i>N° FRAPPE</i>	<b>IW - / SA /SB</b>
<i>BE</i>	0
<i>MdC</i>	

**LdB 210 - Pas 85**

Presse 160T  
Cousance

Figure 33 : enregistrement de la commande

Mon but lors de la réalisation du plan méthode est de minimiser les déchets de matière, la largeur de bande et le nombre de pas. Ici, dans notre cas nous avons deux pièces à réaliser sur la même bande. En premier lieu, je dois établir le développé à plat de la pièce à partir de la DFN, car au début du plan méthode nous avons une tôle plate.

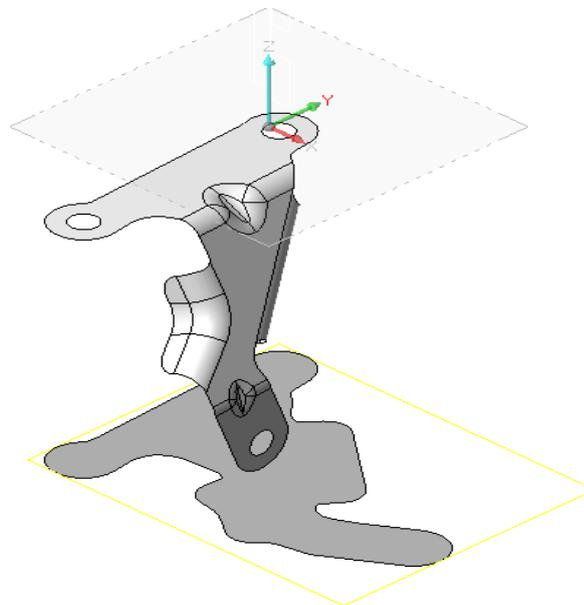


Figure 34 : Développé de la pièce de mission de stage

Ensuite, je dois trouver le meilleur moyen d'imbriquer les deux pièces pour limiter les déchets de matière. Tout en respectant deux éléments du cahier des charges de Merien c'est-à-dire l'implantation des trous de pilotes dans le plan méthode et le respect d'une distance de 6 mm entre les pièces. Il faut également être capable d'évaluer jusqu'ou peut-on gagner de la matière, tout en étant capable de réaliser l'outil après. En effet, si l'on serre de trop les pièces,

il est possible ensuite que l'outil soit irréalisable du fait qu'il n'y aura pas assez d'espace pour implanter les composants de celui-ci.

Si l'on respecte l'enregistrement de commande et le cahier des charges de Merien nous obtenons une disposition des pièces identique à la figure ci-dessous.

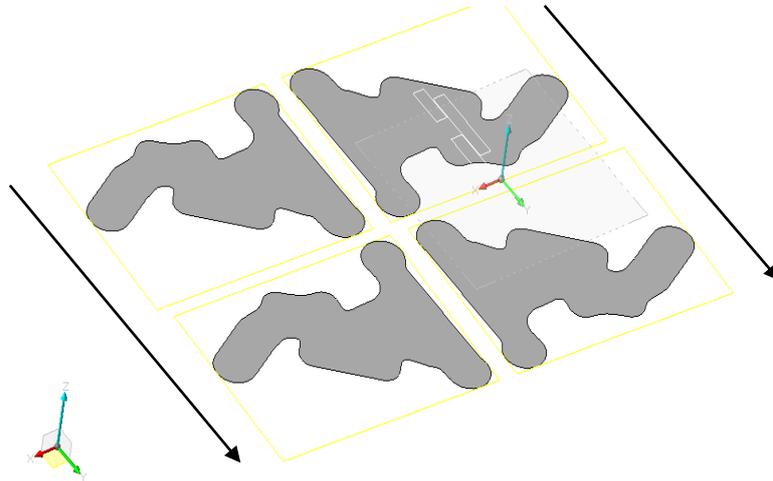


Figure 35 : Mise en bande de l'enregistrement de commande

Or, grâce à une réunion que j'ai effectuée avec le responsable du bureau d'étude, on a pu constater que si l'on dispose les pièces de la façon ci-dessous, les déchets seront minimisés même si la largeur de bande augmente.

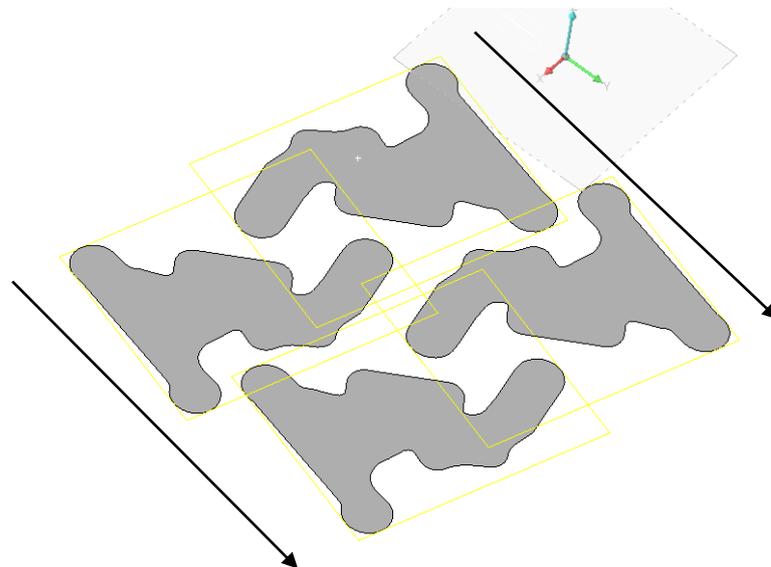


Figure 36 : Mise en bande finale

L'enregistrement de commande devait donc être modifié car la largeur de bande est devenue par conséquent plus importante pour gagner de la matière et ainsi baisser le coût de fabrication de la pièce.

Ensuite, le but est de donner à la tôle la forme de la pièce en un minimum de pas. Pour cela, j'ai établi sur la mise en bande les différentes étapes de poinçonnage de découpes, de pliages, de marquages et d'emboutissages. En début de bande, il y a toujours les marquages, puis viennent ensuite les découpes de trous de pilote, puis les découpes de détournage de la pièce, Ensuite, selon les pièces on retrouve les emboutissages après des poinçonnages de trous ou l'inverse.

A ce moment-là, j'ai établi une ébauche du plan méthode de ce type :

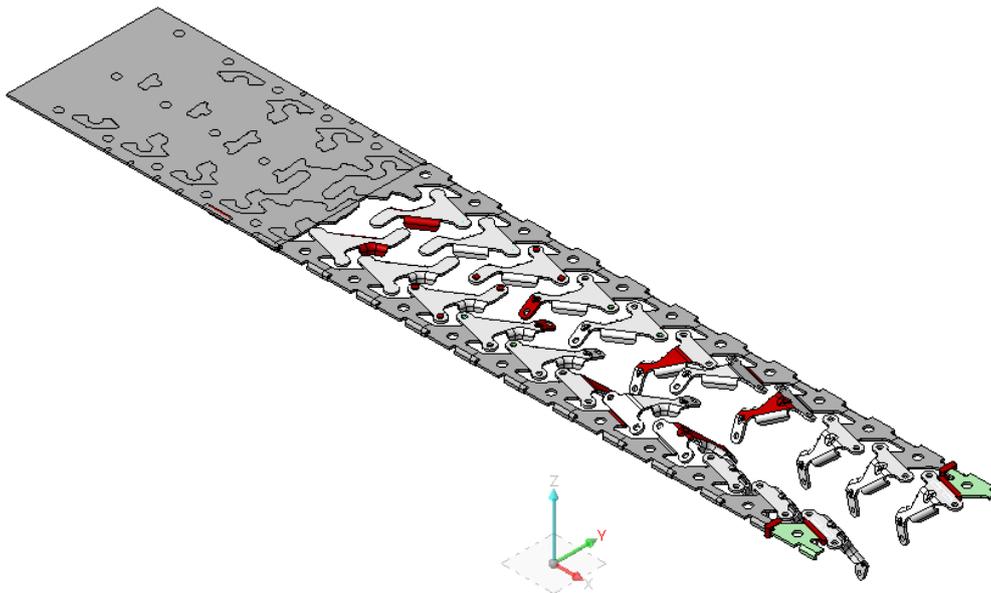


Figure 37 : Plan pré-process

On appelle ce plan le plan pré-process, c'est un plan méthode qui ne contient pas tous les détails à savoir les zones de découpe, les pilotes, les zones de marquage, on l'envoi au client pour qu'il valide les paramètres préliminaire : le pas entre deux poste, la largeur de la bande utilisé, la manière laquelle la pièce est emboutit d'un poste à un autre.

Suite à la validation du client on réalise un nouvel enregistrement de la commande de la pièce. Voici, ci-dessous une partie de l'enregistrement de la commande de la pièce et la DFN :

### Support Pompe Injection Projet PSA Moteur

**4758**

Type d'outil : OAS

Nbre d'outils : 1

Pièce/coup : 2 (81g/pièce)

Matière : S355MC - 3.00 mm



*CDE*

*CLIENT*

*CONTACT*

*N° PIECE*

*N° FICHER*

*N° FRAPPE*

*BE*

*MdC*

Mail d'affectation de M. El Messaoudi

**SNOP**

**M. El Messaoudi**

**98 111 380 8A**

**805IWSA0U**

**IW - / SA /SB**

**0**

**LdB 230 - Pas 75**

**Presse 160T  
Cousance**

Figure 38 : Enregistrement de commande final

Ce qui nous intéresse dans l'enregistrement de commande pour entamer l'étude, c'est la largeur de bande de 230 mm (la largeur de bande correspond à la largeur de tôle qu'il nous faut pour réaliser la pièce). Ensuite, nous avons la distance entre chaque pas qui est de 75 mm, le nombre de pas voulue qui est de 16, on retrouve également l'épaisseur de la tôle qui servira pour certains calculs plus tard dans le rapport ainsi que sa matière. On peut voir également le nombre de pièce par bande, qui correspond au nombre de pièces par coup. On constate qu'il y a deux pièces par bande.

Dans le cahier des charges de l'entreprise Merien, il est mentionné que lorsqu'il y a deux pliages à effectuer dont un à 90°, il faut le faire sur deux postes. C'est pourquoi le pliage de la tôle se fait en deux étapes.

Nous avons donc dans l'ordre pour chaque pièce trois marquages (exigence du client), un détournage extérieur, pliage, trois trous, deux postes d'emboutissage et un poinçon de découpe pour séparer chaque pièce.

On considère que les deux postes de pliages sont des postes d'emboutissages car les pliages sont effectués avec un jonc (bulldozer) à chaque rayon. Le jonc est le petit renforcement que l'on voit sur chaque pliage il sert à consolider la pièce. En effet, en l'implantant sur un rayon de pliage il condamne tout effet ressort aux pliages de la pièce. C'est

ici que se trouve la différence entre un pliage et un emboutissage puisque la pièce se trouve condamné de tout mouvement.

Le plan méthode final validé est le suivant :

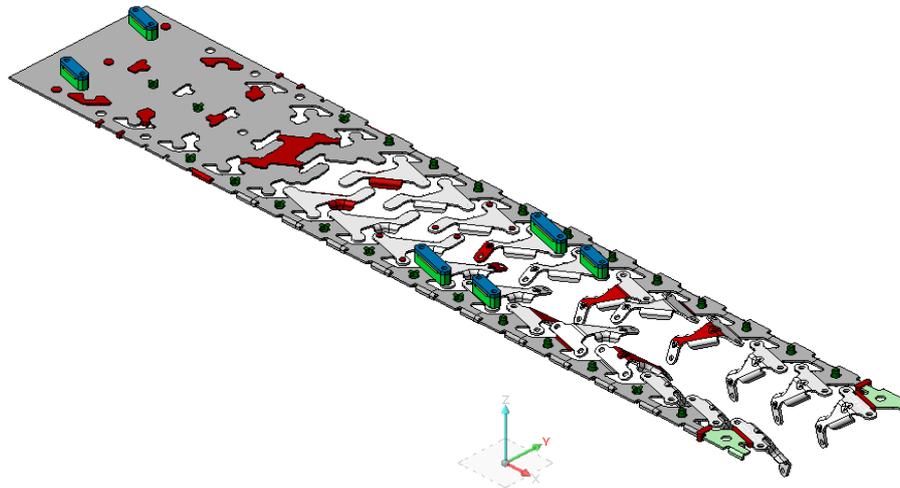


Figure 39 : Plan méthode final

On appelle poste tout ce qui se trouve entre deux pilotes, chacun contient des zones en rouge, ceci indique que dans ces zones y a un travail de découpe ou bien d'emboutissage

Comme on peut le voir sur le plan méthode final en illustration, j'ai laissé des postes à vides, c'est-à-dire des postes où la pièce n'évolue pas au niveau d'emboutissage. C'est dû au faible pas. Puisqu'il nous faut un certain périmètre autour du poste de pliage pour installer sur l'outil les matrices de pliages. Ces deux éléments font que le nombre de pas prévu ne peut être respecté pour la réalisation de ces pièces. Alors pour corriger ça on préfère ajouter des postes à vide au lieu d'augmenter le pas et perdre en termes de matière

### c. calcul des efforts

Le calcul pour trouver l'effort nécessaire à la découpe d'une tôle est le suivant :

$P = R \times e \times p$  avec : P= force nécessaire totale pour découper une pièce en Newton

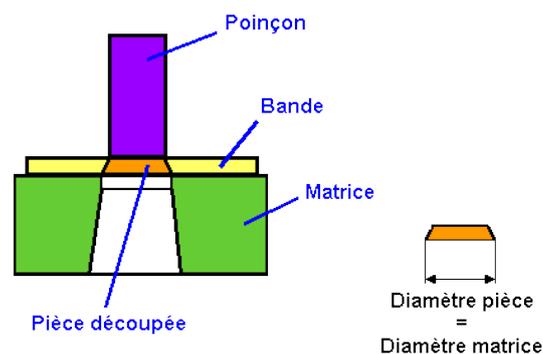
R= résistance mécanique (à la rupture) d'un matériau en Mpa

e= épaisseur de la tôle en mm

p= périmètre de la surface à découpée en mm

On ajoute à cette formule de base un coefficient multiplicateur qui varie selon les matériaux. Car lorsque que l'on découpe une tôle celle-ci va se déformer sur un tiers de son épaisseur par exemple pour un matériau peu élastique, et ensuite va lâcher (le claquage), c'est-à-dire qu'elle va se casser. Ainsi, il n'est pas nécessaire de mobiliser autant d'effort que la formule le prédit pour découper une tôle. C'est pourquoi Merien a décidé d'appliquer un coefficient réducteur. Ce coefficient va varier selon l'élasticité des matériaux. En effet, un matériau élastique pourra se déformer un peu plus qu'un matériau fragile et il y aura donc plus d'effort à produire avant qu'il ne casse. L'entreprise Merien considère qu'un matériau est relativement élastique lorsque sa résistance mécanique est de 500 Mpa. (Élasticité n'est pas le bon terme il s'agit de matériau tendre ou matériau dur, un matériau élastique est celui qui reprend sa forme initial après une déformation comme un ressort)

La formule devient alors :  $P = R \times e \times p \times c$ , avec :  $c$ =coefficient variable selon le matériau



Le coefficient instauré par Merien varie de la façon suivante si le matériau a une limite mécanique supérieur à 500 Mpa alors le coefficient sera de 0.7. A l'inverse, si le matériau a une limite mécanique inférieure à 500 Mpa alors le coefficient sera de 0.8.

Dans notre cas, la pièce est en tôle HE360D, elle a une résistance  $R_m$  de 550 Mpa, donc le coefficient choisi sera de 0.7.

Le calcul pour trouver l'effort nécessaire à l'emboutissage d'une tôle se base sur le calcul de la découpe au quel on ajoute un coefficient. En effet, lorsque l'on veut emboutir une tôle, on ne veut pas qu'elle se casse. Il faut donc un effort moins important qu'en découpe. Mais il est impératif que l'effort soit assez suffisant pour que le matériau dépasse sa limite élastique.



Sinon, la forme emboutie reviendrait dans sa position initiale. On applique donc à la formule précédente un coefficient de 0.8 défini par l'expérience de Merien en outillage de presse.

La formule pour emboutir une tôle est la suivante :

$Pe = (R \times e \times pe \times c) \times Ce$  avec :  $Pe$  = force nécessaire totale à l'emboutissage d'une pièce en Newton

$Ce$  = coefficient de l'emboutissage

$pe$  = périmètre surface emboutie

Ces calculs nous donnent l'effort total que la presse a à effectuer. Pour le serre flan, les efforts sont moindres. Lorsque l'on a un poste de découpe l'effort du serre flan doit être égale à 10% de l'effort de la presse et lorsque l'on a un poste d'emboutissage l'effort du serre flan doit être égale de 30% à 40% de l'effort totale de la presse. Ce sont deux règles qui m'ont été transmises et que l'on doit respecter pour une bonne mise en forme de la pièce.

Pour faciliter les calculs et soigner la présentation, Merien a réalisé une feuille de calcul Excel, où l'on entre toutes les valeurs nécessaires aux calculs. Ensuite, les formules rentrées dans la feuille réalisent les calculs et nous offrent directement les résultats.

La première étape est de renseigner les caractéristiques de la tôle comme suit :

---

#### **CALCUL DES EFFORTS OUTILS**

Matière Tôle :	<b>S355MC</b>	Résistance (Mpa) :	<b>550</b>
Ep. Tôle (mm) :	<b>3</b>	Coeff. :	<b>0,7</b> (0.7 ou 0.8 suivant tôle)

Figure 40 : Renseignement sur la matière à emboutir

Ensuite, on renseigne les périmètres des surfaces embouties ou découpées à chaque poste et l'action qui est effectuée pour cela j'ai utilisé les fonctions de mesure du logiciel de conception.

Voici, une image de la feuille de calculs :



<b>RECAP OUTIL</b>	<b>Effort Serre Flan TOTAL</b>	<b>27 T</b>					
	<b>Effort Découpe TOTAL</b>	<b>152 T</b>			<b>Déc. si poinçons étagés</b>	<b>106 T</b>	
	<b>Effort TOTAL</b>	<b>210 T</b>			<b>Effort TOTAL si poinç. Étagés</b>	<b>164 T</b>	

<b>Poste 1</b>	Méthode	Découpe			Effort Total	Eff. S.F. Total	Eff. S.F. Inf.	Eff. Découpe
	(mm)	341 mm						
	Effort	<b>39,4 T</b>			<b>39,4 T</b>	<b>3,9 T</b>		<b>39,4 T</b>

<b>Poste 2</b>	Méthode	Découpe			Effort Total	Eff. S.F. Total	Eff. S.F. Inf.	Eff. Découpe
	(mm)	247 mm						
	Effort	<b>28,5 T</b>			<b>28,5 T</b>	<b>2,9 T</b>		<b>28,5 T</b>

<b>Poste 3</b>	Méthode	Découpe			Effort Total	Eff. S.F. Total	Eff. S.F. Inf.	Eff. Découpe
	(mm)	165 mm						
	Effort	<b>19,1 T</b>			<b>19,1 T</b>	<b>1,9 T</b>		<b>19,1 T</b>

<b>Poste 4</b>	Méthode	Découpe	Pliage tombé		Effort Total	Eff. S.F. Total	Eff. S.F. Inf.	Eff. Découpe
	(mm)	154 mm	30 mm					
	Effort	<b>17,8 T</b>	<b>0,9 T</b>		<b>18,7 T</b>	<b>2,1 T</b>		<b>17,8 T</b>

<b>Poste 5</b>	Méthode	Découpe	Pliage tombé		Effort Total	Eff. S.F. Total	Eff. S.F. Inf.	Eff. Découpe
	(mm)	154 mm	30 mm					
	Effort	<b>17,8 T</b>	<b>0,9 T</b>		<b>18,7 T</b>	<b>2,1 T</b>		<b>17,8 T</b>

<b>Poste 6</b>	Méthode	Pliage tombé			Effort Total	Eff. S.F. Total	Eff. S.F. Inf.	Eff. Découpe
	(mm)	230 mm						
	Effort	<b>6,6 T</b>			<b>6,6 T</b>	<b>2,0 T</b>		

<b>Poste 7</b>	Méthode				Effort Total	Eff. S.F. Total	Eff. S.F. Inf.	Eff. Découpe
	(mm)							
	Effort							

<b>Poste 8</b>	Méthode	Découpe			Effort Total	Eff. S.F. Total	Eff. S.F. Inf.	Eff. Découpe
	(mm)	141 mm						
	Effort	<b>16,3 T</b>			<b>16,3 T</b>	<b>1,6 T</b>		<b>16,3 T</b>

<b>Poste 9</b>	Méthode	Pliage tombé			Effort Total	Eff. S.F. Total	Eff. S.F. Inf.	Eff. Découpe
	(mm)	216 mm						
	Effort	<b>6,2 T</b>			<b>6,2 T</b>	<b>1,9 T</b>		

<b>Poste 10</b>	Méthode				Effort Total	Eff. S.F. Total	Eff. S.F. Inf.	Eff. Découpe
	(mm)							
	Effort							

<b>Poste 11</b>	Méthode	Pliage tombé			Effort Total	Eff. S.F. Total	Eff. S.F. Inf.	Eff. Découpe
	(mm)	67 mm						
	Effort	<b>1,9 T</b>			<b>1,9 T</b>	<b>0,6 T</b>		

<b>Poste 12</b>	Méthode	Pliage relevé			Effort Total	Eff. S.F. Total	Eff. S.F. Inf.	Eff. Découpe
	(mm)	67 mm						
	Effort	<b>1,9 T</b>			<b>1,9 T</b>	<b>3,0 T</b>	<b>0,6 T</b>	

<b>Poste 13</b>	Méthode	Embout tombé			Effort Total	Eff. S.F. Total	Eff. S.F. Inf.	Eff. Découpe
	(mm)	115 mm						
	Effort	<b>10,6 T</b>			<b>10,6 T</b>	<b>3,2 T</b>		

Poste 14	Méthode	Pliage tombé			Effort Total	Eff. S.F. Total	Eff. S.F. Inf.	Eff. Découpe
	(mm)	67 mm						
	Effort	1,9 T			1,9 T	0,6 T		
Poste 15	Méthode				Effort Total	Eff. S.F. Total	Eff. S.F. Inf.	Eff. Découpe
	(mm)							
	Effort							
Poste 16	Méthode	Découpe			Effort Total	Eff. S.F. Total	Eff. S.F. Inf.	Eff. Découpe
	(mm)	113 mm						
	Effort	13,1 T			13,1 T	1,3 T		13,1 T

Figure 41 : Feuille de calcul des efforts

Cette feuille de calcul nous sera utile pour nous renseigner d'abord de l'effort total et le comparer avec l'effort de la presse, ensuite pour savoir la répartition des efforts et effectuer le centrage de la bande par rapport à la presse et enfin elle va nous aider pour effectuer le choix des ressorts du serre flan lors de sa conception.

L'effort total est de 210 tonnes, on pourra donc monter cet outil sur une presse d'au moins 220 tonnes. Dans notre cas, le client voulait monter l'outil sur une presse de 315 tonnes.

Cahier des charges presse - voir Annexe 2.

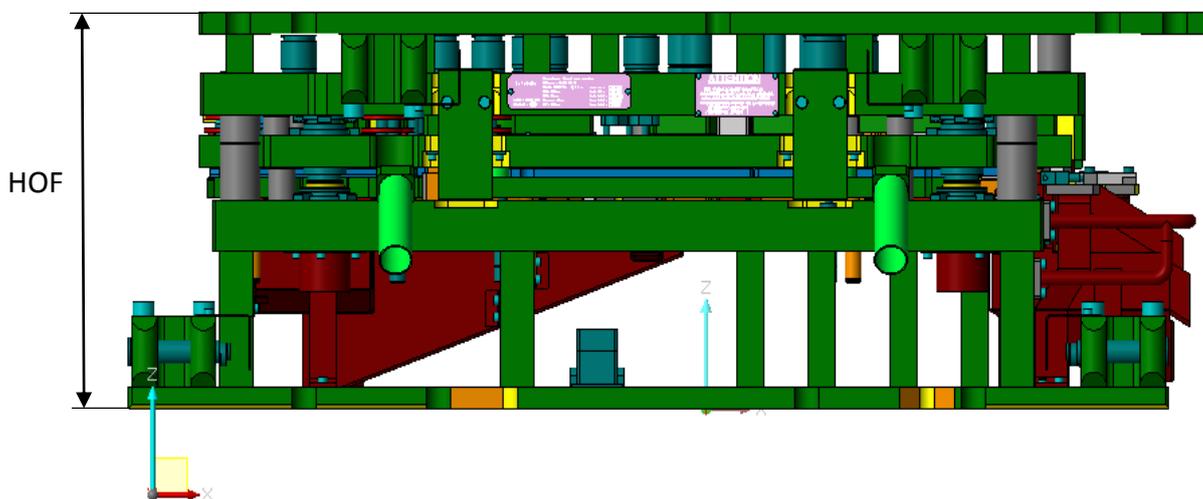


Figure 42 : Outil fermé

HOF : hauteur outil fermé, d'après le cahier de charge presse, on privilège une HOF de 550mm

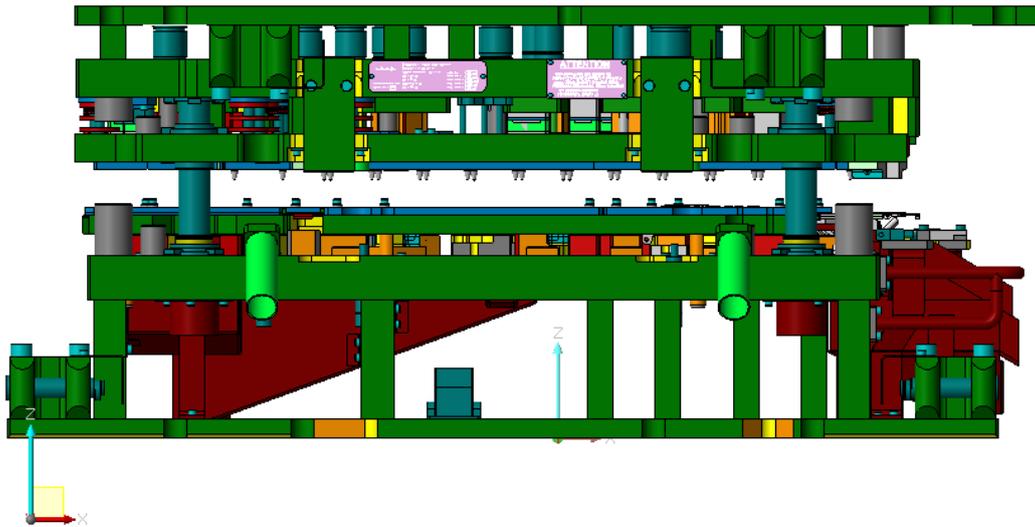


Figure 43 : Outil ouvert

#### d. centrage du plan méthode

La position de l'outillage sous le coulisseau de la presse est conditionnée par celle du barycentre des efforts de découpage, cette position assure la bonne répartition des efforts et l'équilibre de la presse.

A l'aide du logiciel de conception VISI 19 on trouve le barycentre des efforts, d'abord on dessine des volumes comme elle illustre la figure ci-dessous pour chaque poste, on leurs affecte la même largeur et la même épaisseur, par contre on affecte pour la hauteur l'effort du poste en question, ensuite le logiciel nous donne le barycentre de ces volumes.

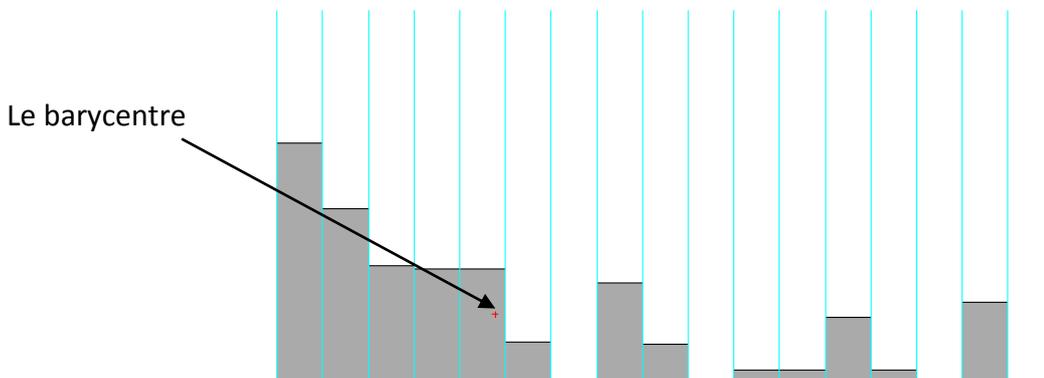
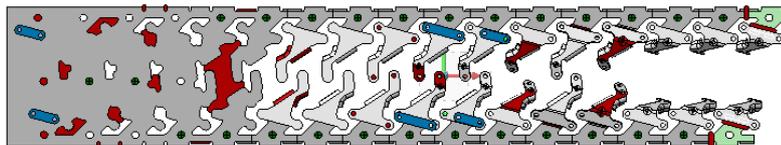


Figure 44 : centrage du plan méthode



Enfin, on coïncide le nez du coulisseau avec le barycentre trouvé.

## IV. CONCEPTION DE L'OUTIL DE PRESSE

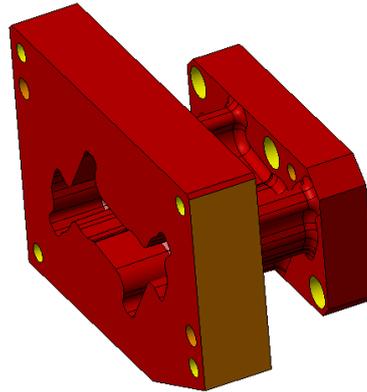
### 1. Contraintes générales de conception

La conception d'un outil de presse est avant tout contrainte au cahier des charges du client mais également à celui de Merien. De plus, il y a des règles générales qui doivent être respectées. Il faut utiliser au maximum des produits standards et réduire le volume de matière de l'outil pour en diminuer son coût. Il faut évidemment réaliser une conception simple si possible pour que le coût de main d'œuvre à la production ou au montage par exemple diminue. Lors, du dessin des pièces à assembler sur l'outil il est fortement conseiller de ne pas dessiner deux pièces différentes susceptibles de se monter à deux endroits de l'outil. Ainsi, cela évite certaines erreurs lors de la phase de montage. Les arêtes vives doivent être remplacées par des chanfreins ou des congés. Les poinçons et les pilotes doivent être accompagnés d'éjecteurs. Tous ces éléments sont à prendre en compte dès lors que l'on commence à dessiner l'outil.

### 2. Modélisation des poinçons et matrices

Lorsque l'on débute la conception des poinçons et des matrices de notre outil, il faut en premier lieu prendre le plan méthode de notre pièce. En effet, sur ce plan méthode il y a déjà les poinçons de découpe déjà dessiné. La conception des matrices de découpes se déroule de la façon suivante, on dessine un bloc puis à l'aide du logiciel on réalise l'empreinte du poinçon de découpe dans ce bloc. De façon, à ce que le poinçon puisse pénétrer dans la matrice pour bien découper la tôle.

Voici, la matrice et le poinçon de découpe en rouge que l'on obtient avec cette méthode.



**Figure 45 : Poinçon de découpe avec sa matrice de découpe**

De plus, le cahier des charges de Merien nous impose de concevoir les matrices avec une partie travaillante au minimum de 6 mm, c'est-à-dire que les poinçons devront pénétrer dans les matrices d'une distance d'au moins 6 mm. Au-delà de cette distance, il doit y avoir une dépouille dans la matrice pour que la tôle découpée de la forme du poinçon puisse bien s'évacuer. L'épaisseur des matrice de découpe imposé par le cahier de charge client est de 32mm.

Les autres contraintes concernent la mise en position et le maintien en position de la matrice. Selon, l'épaisseur de la tôle à découper il faut encastrer ou poser la matrice sur la semelle inférieure. La mise en position doit s'effectuer avec deux goupilles et le maintien en position avec des vis. Tous les lamages des trous de vis doivent permettre un affûtage de la matrice de 5 mm. En effet, au fur et à mesure de son utilisation l'arrête travaillante de la matrice est de moins en moins coupante. Or, ceci peut engendrer un défaut sur la pièce finale. C'est pourquoi on affûte de temps en temps les matrices et on ajoute sous les matrices des cales qui permettent au plan de travail de rester à la même en hauteur tout en ayant des matrices moins hautes dû à l'affûtage. La partie travaillante minimum en fin de vie d'une matrice est de 1mm.

Voici, deux schémas représentant les contraintes imposées à la réalisation de matrices de découpe :

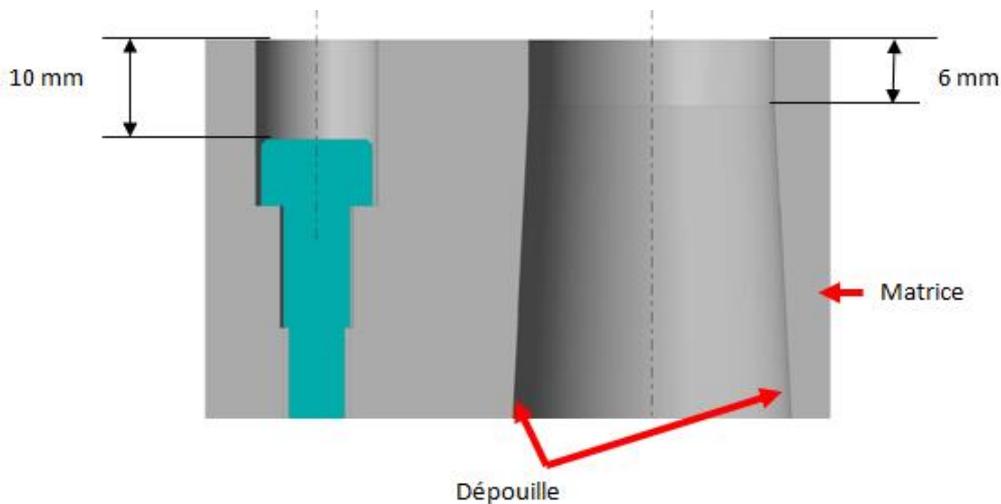


Figure 46 : Cahier des charges Merien

On a le lamage de 10 mm (5 mm), la partie travaillante de la matrice de 6mm ainsi que la dépouille pour l'évacuation des déchets.

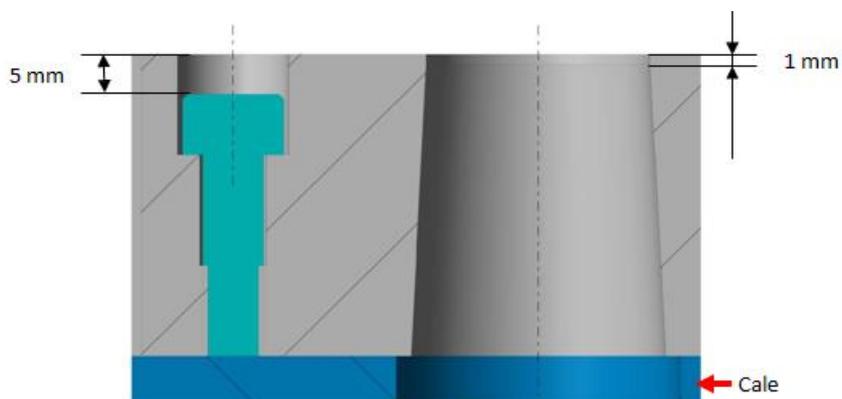
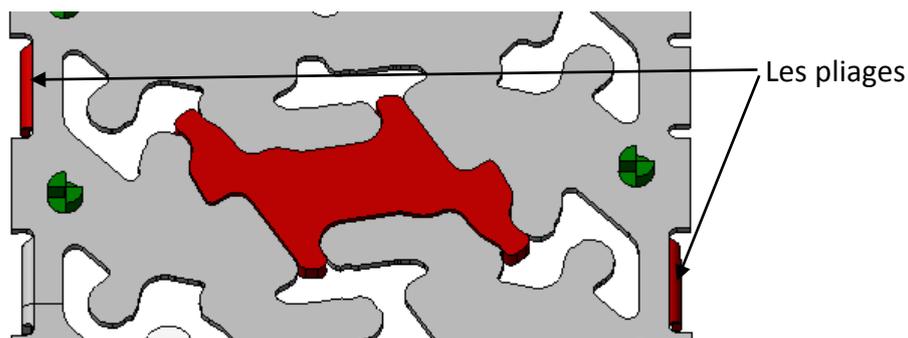


Figure 47 : Cahier des charges Merien

Pour effectuer les pliages de la figure suivante :



On a besoin de deux poinçons placés comme la montre la figure ci-dessous, leurs efforts de pliage vont engendrer deux forces opposés de direction horizontales qui vont résulter à leurs tours un moment sur la matrice, ce qui est indésirable, alors pour en remédier j'ai ajouté deux clavette long (en vert) de 25 mm de hauteur dont 12,5 mm est ancré dans le bâti de la partie inférieur.

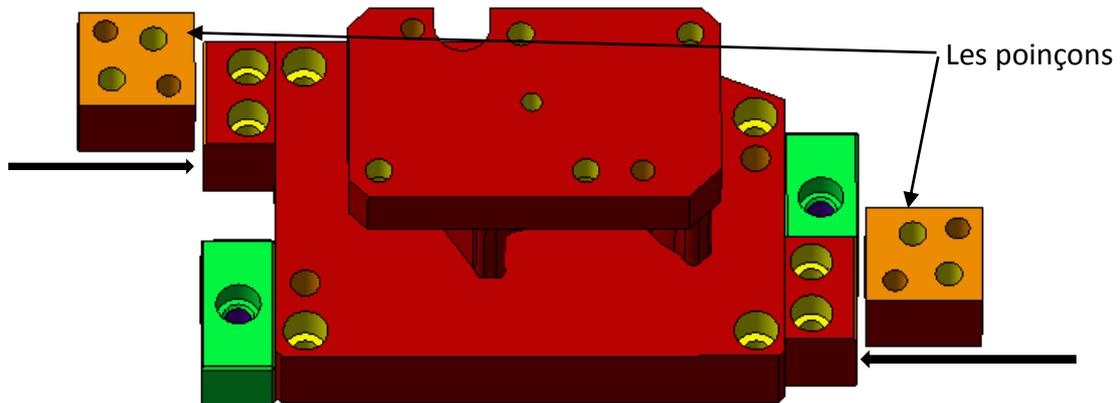


Figure 48 : réalisation des réactions forme simple

On utilise cette solution pour toutes les matrices qui ont une partie travaillante sur une de leurs côtes et qui réalisent des formes simple.

Pour les formes complexes, les forces horizontales engendrées par l'effort du poinçonnage ont plusieurs directions. Pour des raisons d'optimisation, on préfère ne pas mettre des clavettes tout autour de la matrice, par contre on réalise une ébauche dans le bâti où on fixe la matrice, par conséquent elle sera encastré. Comme elle illustre la figure suivante :



Figure 49 : réalisation des réactions forme complexe

Pour les poinçons standards, c'est-à-dire ceux qui découpent un simple rond par exemple, il existe des matrices standards à utiliser pour minimiser les coûts.

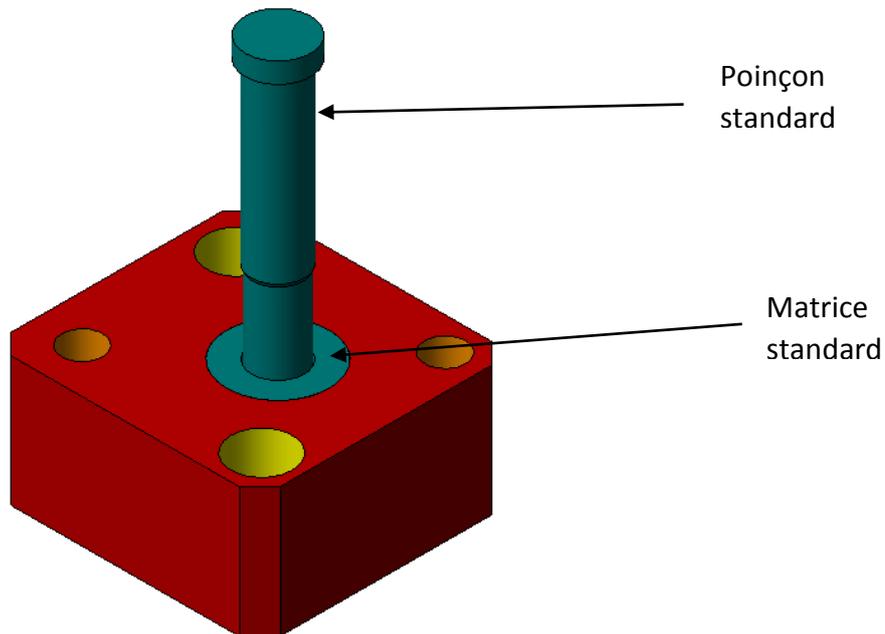


Figure 50 : Matrices et poinçons standard

De la même manière que pour les matrices, on réalise la réaction des poinçons sauf que pour les poinçons longs, afin d'éviter la flexion on ajoute des équerres de réaction

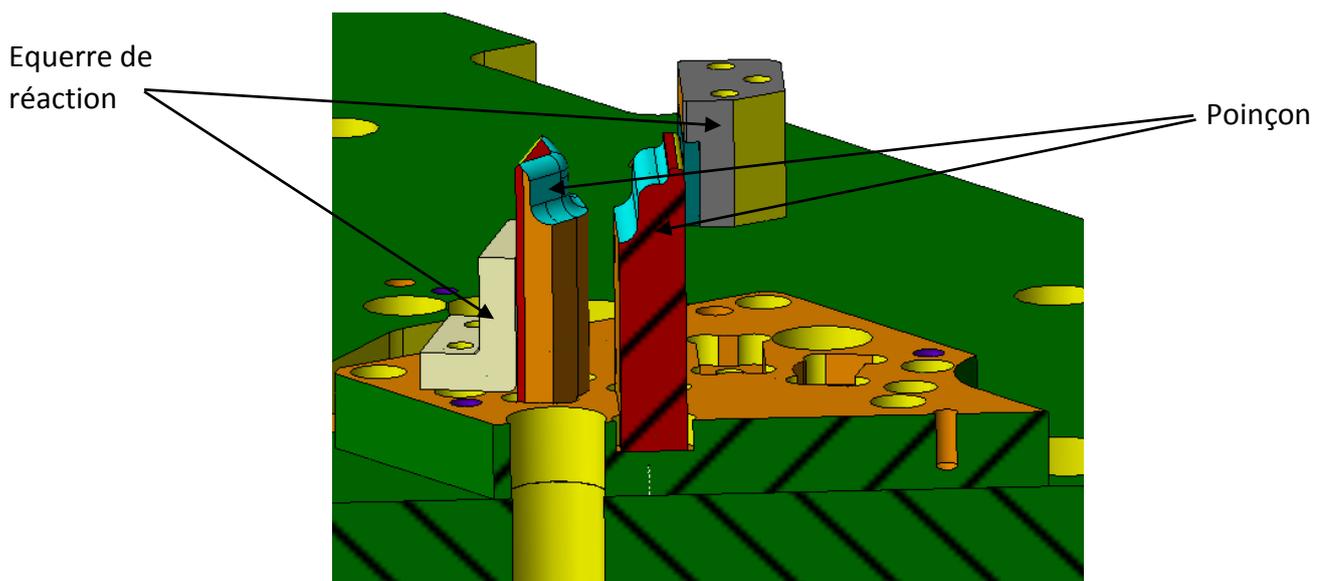


Figure 51 : réalisation de la réaction des poinçons

La conception des matrices et des poinçons de pliage se réalise en faisant, comme pour les matrices de découpe, un bloc puis en imprimant l'empreinte de la pièce dans le bloc.

Dans l'exemple ci-dessous on retrouve la matrice d'emboutissage, la tôle à plier en gris et le poinçon d'emboutissage.

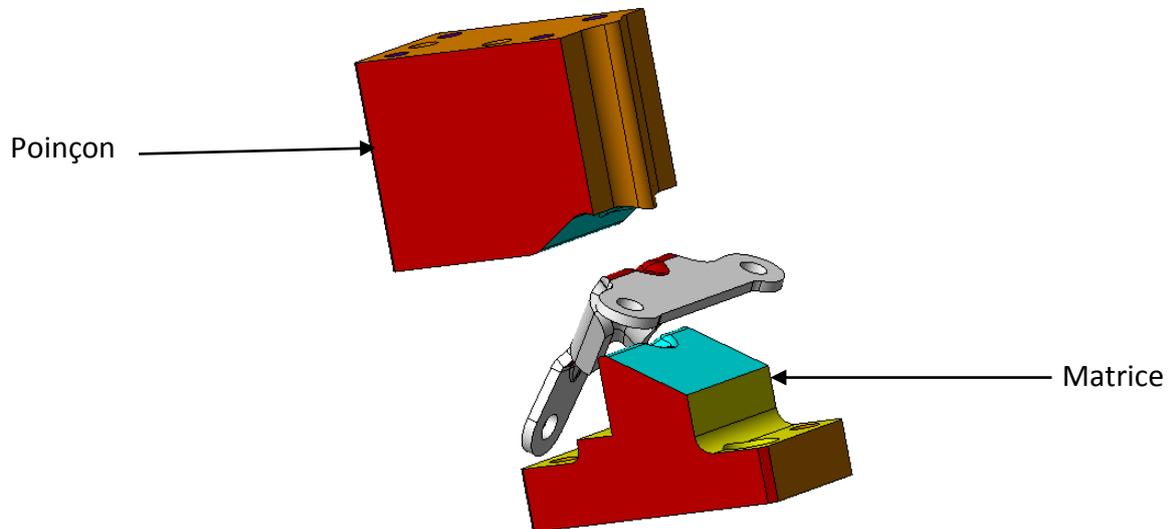


Figure 52 : Matrices et poinçons d'emboutissage

Ces méthodes de dessin par empreinte permettent de faire rapidement les poinçons et matrices. Ainsi, on gagne du temps sur le nombre d'heure de dessin et donc de l'argent sur le coût final de l'outil.

### 3. Conception des parties inférieure et supérieure de l'outil

#### a. La partie supérieure

La partie supérieure est le bâti sur lequel vont se fixer tous les poinçons. On installe entre ces poinçons et le bâti supérieur une tôle de choc. Cette tôle permet d'amortir (répartir) l'effort de compression entre le bâti et le poinçon lorsque celui-ci vient découper la bande. Ainsi, on limite les déformations sur le poinçon et le bâti. On retrouve sur la partie supérieure de l'outil les quatre colonnes de guidage. Ces colonnes sont à placer au près des quatre angles de la partie supérieure pour garantir un bon guidage de celle-ci. En effet, les colonnes lors de la descente du coulisseau viennent pénétrer dans les bagues de guidages de la partie inférieure pour garantir la bonne position entre la partie supérieure et la partie inférieure. On a également ce que l'on appelle des tas de frappe, Ceux-ci plaquent la bande contre les marquages. Ainsi, les marquages sont gravés dans la tôle. D'après le cahier des charges Merien la partie supérieur doit avoir 60mm d'épaisseur.

### b. La partie inférieure

La partie inférieure est le bâti sur lequel vont se fixer toutes les matrices et les marquages, Merien a fixé dans le cahier de charge pour la partie inférieure d'une longueur supérieure à 1m (notre outil a 1,3m) une épaisseur de 70mm.

Il faut réussir à agencer toutes les matrices de découpes et de pliages tout en gardant leurs contraintes de mise et maintien en position dans un espace souvent réduit. Une fois que les matrices de découpe sont installées, il faut prévoir dans le bâti des ouvertures assez grandes pour laisser passer la tôle découpée. J'ai pour cela utilisé une fonction du logiciel de conception qui permet de reproduire l'ouverture d'une matrice dans le bâti et de l'agrandir de 4mm pour être sûr que les déchets s'évacuent bien.

Comme nous le montre la vue en coupe ci-dessous d'une matrice en rouge et d'une partie inférieure en vert.

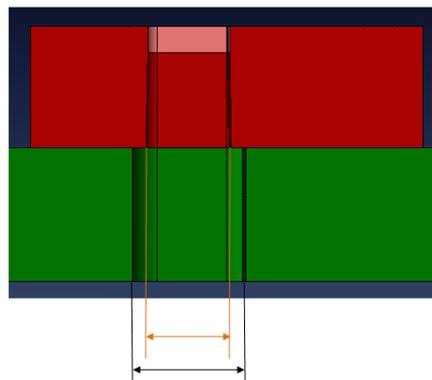


Figure 53 : Evacuation déchets

Sur cette partie inférieure on retrouve également les marquages utiles à la traçabilité d'une pièce. Ceux-ci peuvent être changeables en fonction des séries de pièces qui seront produites. Pour cela, il faut installer ces marquages sur tirettes accessibles au devant de l'outil pour que l'on puisse les changer à tout moment. Il existe également des marquages fixes qui ne changeront pas au cours de l'utilisation de l'outil. Ceux-ci ne nécessitent aucun montage particulier, il faut juste les fixer directement au bâti.

Il faut prévoir l'installation de goulottes d'éjection des pièces en fin de partie inférieure pour l'évacuation des pièces. Il faut prévoir pour ce type de trous une ouverture plus importante que celle nécessaire pour palier à tout problème d'implantation. L'installation des bagues de guidages des colonnes de la partie supérieure doit se faire bien évidemment en coaxialité avec ces colonnes. Les capteurs de sécurité doivent être installés avec les montages



standards à Merien. Et enfin, il ne faut pas oublier les butées de stockages de l'outil qui sont à implanter en partie inférieures.

#### 4. Conception du serre-flan

Le serre flan doit plaquer la bande de tôle contre le tablier lève bande. Pour être sûr que celui-ci remplisse son rôle, on installe des ressorts pour faire pression dessus. Ces ressorts sont soit fixer au serre flan ou à la partie supérieur, il arrive parfois qu'ils soient fixés au groupement supérieur s'ils sont trop grands. Pour calculer l'effort nécessaire à appliquer sur le serre flan, il faut tenir compte des actions que l'outil effectue sur la bande. On retrouve comme actions dans cette pièce de la découpe et de l'emboutissage.

Comme on peut le constater selon les postes, il y a des efforts plus ou moins importants. En additionnant tous les efforts de chaque poste, on obtient le résultat suivant :

<b>RECAP OUTIL</b>	<b>Effort Serre Flan TOTAL</b>	<b>27 T</b>
	<b>Effort Découpe TOTAL</b>	<b>152 T</b>
	<b>Effort TOTAL</b>	<b>210 T</b>

Figure 54 : Récapitulatif des efforts

Il nous faudra donc réaliser à l'aide des ressorts un effort d'au moins 27 tonnes sur le serre flan.

On remarque sur la feuille de calcul (figure n°38) que selon les postes l'effort varie. Lorsque que l'on remplit toute la feuille on s'aperçoit que si l'on sépare l'outil en deux, d'un côté les premiers postes et leur découpe et de l'autre les derniers postes et leur emboutissages, on a beaucoup plus d'effort à fournir aux derniers postes. En effet, les 27 tonnes d'efforts total se répartisse de la façon suivante avec 12,9 tonnes d'efforts aux premiers postes et 14,1 tonnes d'efforts aux derniers postes. Par conséquent, on devra lors de la conception installer plus de ressorts aux derniers postes qu'aux premiers si l'on a des ressorts de mêmes forces partout.

Il existe .deux types de ressorts, les ressorts à fil, et les ressorts à gaz. Les ressorts à fil sont plus économiques que les ressorts à gaz mais moins puissants. Il est recommandé de les utiliser pour réduire le coût de l'outil.

Pour le choix des ressorts, de préférence on commence à essayer d'utiliser des ressorts à fil parce qu'ils coutent moins cher, le seul problème qu'ils présentent c'est qu'ils nécessitent une surface d'installation plus grande que les ressorts à gaz, par exemple pour assurer un effort de 2 tonnes, un seul ressort à gaz suffit par contre il faut installer trois ressort de taille différentes pour assurer cet effort.

Pour la zone de découpe on doit assurer un effort presseur de 12,9 tonnes, on doit le répartir à l'aide des ressorts par les 5 postes de découpe en utilisant la feuille de calcul (figure n°38), de tel façon que les ressorts d'un poste soient le plus près possible des poinçons en question

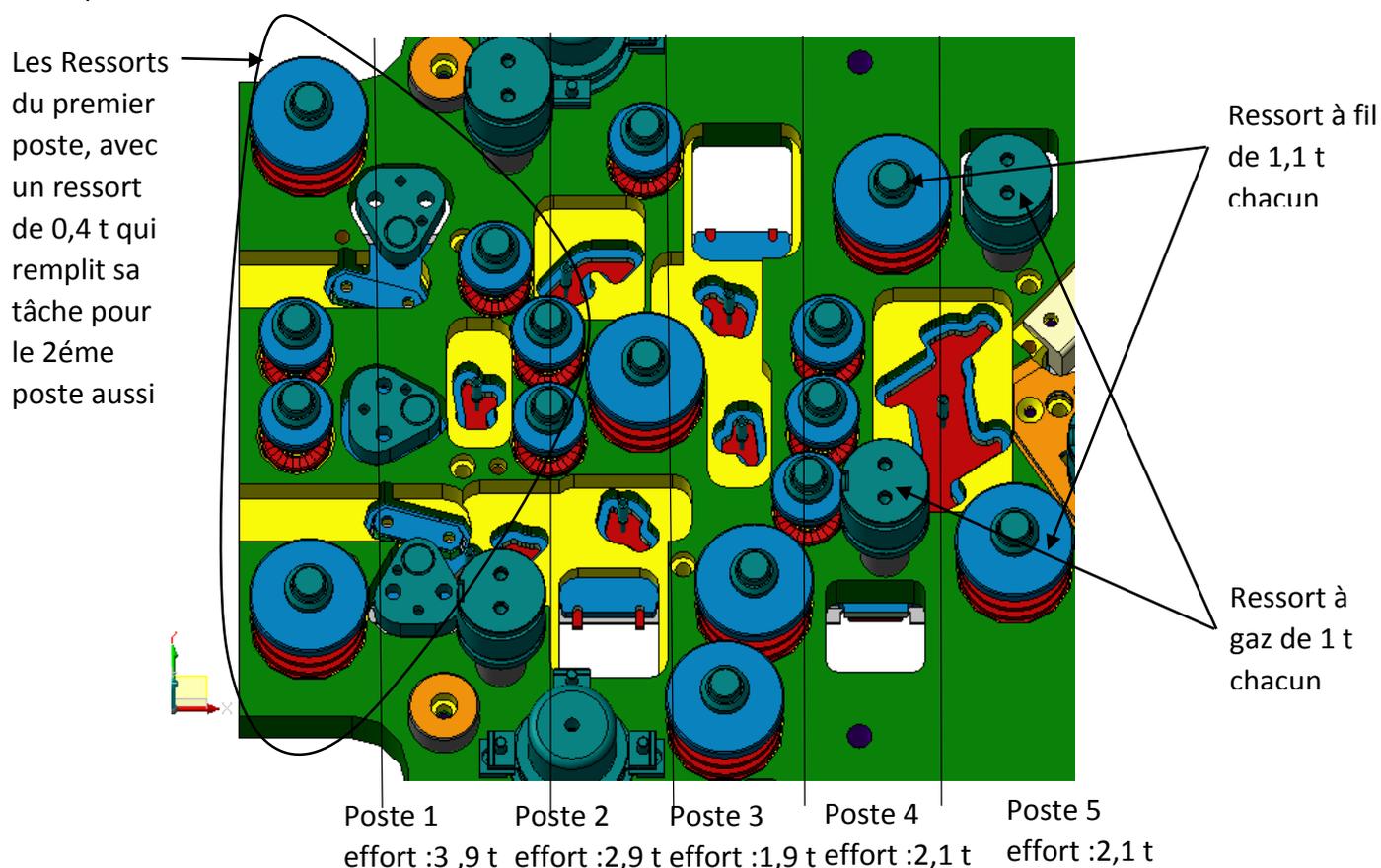


Figure 55 : installation des ressorts

Dans la zone d'emboutissage on peu de place et beaucoup d'effort à assurer, donc on se trouve dans l'obligation de choisir des ressort à gaz.

En effet, pour que le serre flan se plaque le plus uniformément possible sur la bande, il faut placer un ressort à gaz dans chaque coin de celui-ci. on place 1 ressort proche de chaque colonage pour assurer un meilleur guidage

Maintenant il faut choisir la course des ressorts. La course est la longueur sur laquelle un ressort peut se compresser. Comme nous l'avons vu précédemment le serre flan vient d'abord appuyer sur la bande et seulement après la partie supérieure vient poinçonner la bande. On rappelle que les ressorts sont soit liés au serre flan ou à la partie supérieure. Les poinçons de découpe doivent pénétrer de 6 mm au maximum en dessous de la tôle on peut donc considérer que les ressorts pour ces postes là devront avoir une course d'environ 15 mm. Les poinçons d'emboutissage doivent eux descendre au maximum de 30 mm en dessous du plan de travail. Il nous faudra donc des ressorts dont la course est d'au moins 30 mm.

Pour mieux expliquer ces propos voici deux schémas des différentes positions des ressorts.

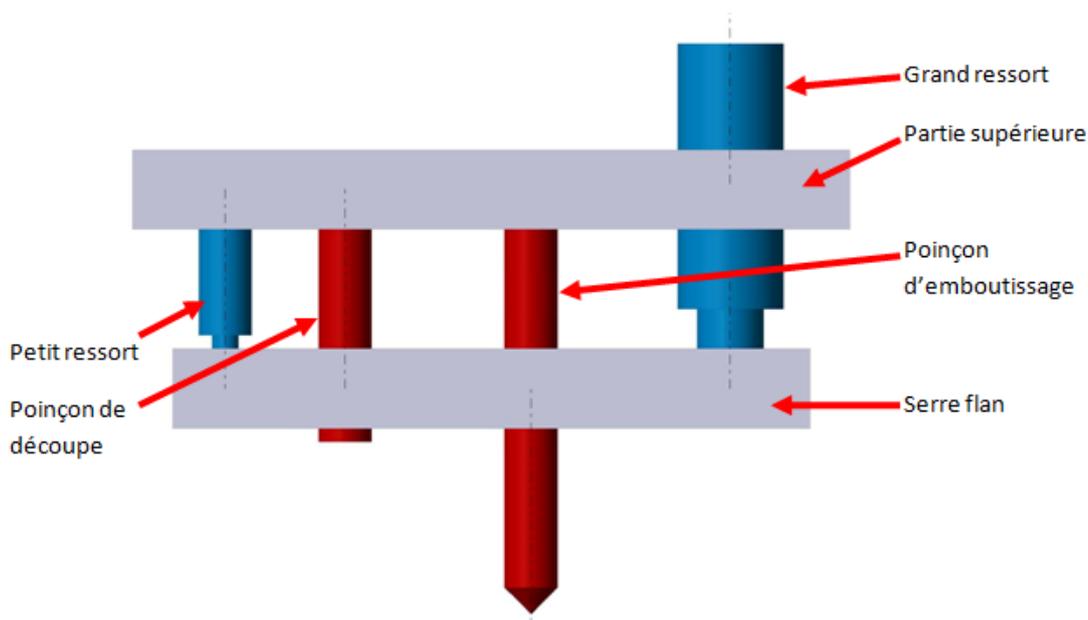


Figure 56 : Ressorts comprimés

Dans ce premier schéma, nous sommes dans une situation de découpe et d'emboutissage. Le grand ressort est fixé sur la partie supérieure et le petit ressort est fixé sur le serre flan. Les poinçons sont enfoncés au maximum et les ressorts sont comprimés. Comme on peut le constater le poinçon d'emboutissage est plus grand que le poinçon de découpe il faut donc lui associer un ressort avec une grande course.

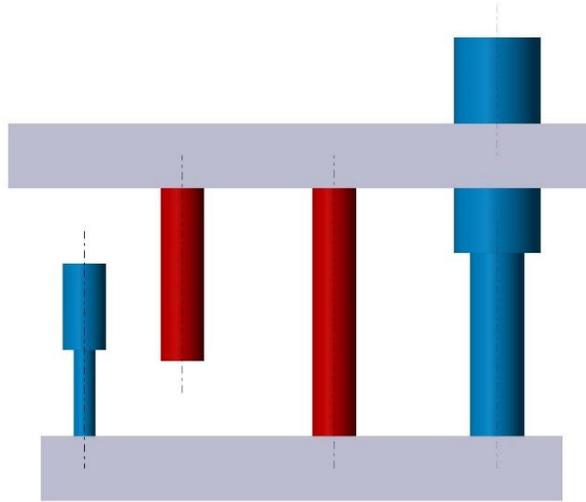


Figure 57 : Ressorts détendus

Dans ce deuxième schéma, nous sommes en position haute de la partie supérieure. Ainsi, les poinçons sont remontés. Comme on le constate le poinçon de découpe est largement relevé puisqu'il ne pénètre que de quelques millimètres en dessous du serre flan. C'est pourquoi nous lui avons associé un ressort avec une faible course. A l'inverse, le poinçon d'emboutissage qui descendait plus en profondeur devait avoir un ressort avec une grande course pour qu'il soit relevé suffisamment au-dessus du plan méthode.

Une fois que j'avais réuni toutes les caractéristiques des ressorts, il me suffit juste de choisir, dans les catalogues des fournisseurs de Merien, des ressorts qui répondent à nos exigences. Le facteur de la durée de vie des ressorts entre en compte également dans notre choix. Ainsi, nous choisissons pour tous les ressorts à fil la moyenne durée de vie ( $15 \cdot 10^3$  cycle en utilisant 25% de leur course) avec 16 mm de course pour les ressorts à fil de 0,4 t, 19 mm de course pour les ressorts de 1,1 t. Pour les ressorts à gaz on choisit une course de 38mm. Les diamètres sont les mêmes pour les deux types de ressorts.

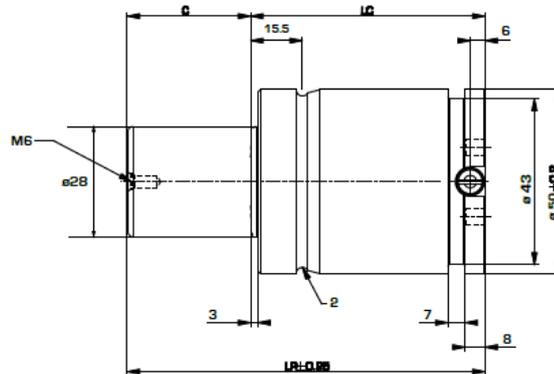
D <sub>H</sub>	D <sub>d</sub>	L <sub>0</sub>	N. di catalogo Catalogue No. Bestellnummer N° de catalogue	Rigidità Rate Rigidez Raideur	20%		25%		30%		D	
					3.000.000	1.500.000	Max. Defl.	Approx.	Durée de vie à 25% de course			
b x h				N / mm	mm	N	mm	N	mm	N	mm	N
40	20	51	R 40 - 051	350	10.2	3570	12.8	4480	15.3	5355	17.0	5950
		64	R 40 - 064	269	12.8	3443	16.0	4304	19.2	5165	21.9	5891
		76	R 40 - 076	219	15.2	3329	19.0	4161	22.8	4993	26.7	5847
		89	R 40 - 089	190	17.8	3382	22.3	4237	26.7	5073	31.3	5947
		102	R 40 - 102	163	20.4	3325	25.5	4157	30.6	4988	37.1	6047
		115	R 40 - 115	142	23.0	3266	28.8	4090	34.5	4899	41.0	5822
		127	R 40 - 127	128	25.4	3251	31.8	4070	38.1	4877	46.5	5952
		139	R 40 - 139	115	28.0	3220	35.0	4025	42.0	4830	53.1	6107
		152	R 40 - 152	105	30.4	3192	38.0	3990	45.6	4788	56.1	5891
		178	R 40 - 178	89	35.6	3168	44.5	3961	53.4	4753	67.4	5999
		203	R 40 - 203	77	40.6	3126	50.8	3912	60.9	4689	76.2	5867
		254	R 40 - 254	61	50.8	3099	63.5	3874	76.2	4648	96.2	5868
		305	R 40 - 305	51	61.0	3111	76.3	3891	91.5	4667	114.8	5855
8.4 x 6.2												
50	25	64	R 50 - 064	413	12.8	5286	16.0	6608	19.2	7930	22.4	9251
		76	R 50 - 076	339	15.2	5153	19.0	6441	22.8	7729	26.5	8984
		89	R 50 - 089	288	17.8	5126	22.3	6422	26.7	7690	31.5	9072
		102	R 50 - 102	245	20.4	4998	25.5	6248	30.6	7497	37.6	9212
		115	R 50 - 115	215	23.0	4945	28.8	6192	34.5	7418	42.7	9181
		127	R 50 - 127	192	25.4	4877	31.8	6106	38.1	7315	47.5	9120
		139	R 50 - 139	168	28.0	4704	35.0	5880	42.0	7056	51.8	8702
		152	R 50 - 152	154	30.4	4682	38.0	5852	45.6	7022	57.8	8901
		178	R 50 - 178	134	35.6	4770	44.5	5963	53.4	7156	68.5	9179
		203	R 50 - 203	117	40.6	4750	50.8	5944	60.9	7125	77.6	9079
		254	R 50 - 254	89	50.8	4521	63.5	5652	76.2	6782	97.9	8713
		305	R 50 - 305	73	61.0	4453	76.3	5570	91.5	6680	120.7	8811
		11.1 x 7.6										
63	38	76	R 63 - 076	618	15.2	9394	19.0	11742	22.8	14090	24.7	15265
		89	R 63 - 089	515	17.8	9167	22.3	11485	26.7	13751	30.0	15450
		102	R 63 - 102	438	20.4	8935	25.5	11169	30.6	13403	35.1	15374
		115	R 63 - 115	370	23.0	8510	28.8	10656	34.5	12765	37.5	13875
		127	R 63 - 127	333	25.4	8458	31.8	10589	38.1	12687	45.9	15285
		152	R 63 - 152	269	30.4	8178	38.0	10222	45.6	12266	56.5	15199
		178	R 63 - 178	226	35.6	8046	44.5	10057	53.4	12068	66.8	15097
		203	R 63 - 203	198	40.6	8039	50.8	10058	60.9	12058	78.8	15602
		254	R 63 - 254	155	50.8	7874	63.5	9843	76.2	11811	101.7	15763
		305	R 63 - 305	128	61.0	7808	76.3	9766	91.5	11712	122.4	15667
11.6 x 12.3												

Durée de vie à 25% de course

Ressort de 0,4 t

Ressort de 1,1 t

Figure 58 : catalogue des ressorts à fil ENOMAX





Lors de l'installation des ressorts, j'ai du prévoir une précontrainte de 3 ou 4 mm. En effet, lorsque le serre flan commence à peine à toucher la bande, les ressorts doivent déjà être un peu compresser pour bien plaqué le serre flan contre la bande dès le départ (et surtout obtenir l'effort optimum le plus tôt possible).

Dans le serre flan on installe également les mises serre flan. Ce sont les éléments qui vont directement appuyer sur la bande, On retrouve dans ces éléments les pilotes pour maintenir en position la bande ainsi que les éjecteurs pour bien la décoller des pilotes lorsque le serre flan remonte.

Merien a fixé dans le cahier de charge pour le serre flan une épaisseur de 45mm et une épaisseur de 11,5mm pour le mise serre flan.

## 5. Conception du tablier lève bande

Le tablier doit être un appui pour la bande lors des découpes et des emboutissages. Il doit également bien la maintenir. C'est pourquoi lors de la conception on insère des guides bandes sur le tablier pour que la bande reste en position lors d'une production de pièces. De plus, on doit faire des trous de passages pour les matrices ou autres tout en gardant le maximum de matière pour fournir un bon appui au plan méthode.

Lors de la phase de montée du coulisseau le tablier doit remonter la bande pour qu'elle puisse défiler au-dessus des matrices, après une simulation manuelle sur le logiciel, on s'est aperçu que la bande doit monter d'une hauteur de 25 mm pour qu'elle puisse se défiler sans rencontrer aucun obstacle, pour des raisons de sécurité on ajoute 5mm à la hauteur trouvé ce qui nous donne 30 mm qui sera la course du tablier.

Pour le guidage il faut placer aux quatre coins du tablier des ressorts et des colonnes de guidages avec butées pour définir la hauteur de remontée. Pour choisir les ressorts, on demande au logiciel de conception de calculer la masse du tablier. Ensuite, lorsque l'on obtient cette masse on la multiplie par la force de gravité de  $9.81 \text{ m/s}^2$  et on obtient la force en Newton nécessaire pour soulever le tablier. On surdimensionnera volontairement les quatre ressorts car au poids du tablier s'ajoute celui de la bande, il faut être sûr que les ressorts puissent remonter l'ensemble.

On a la masse du tablier avec le plan méthode est de 168Kg, donc sa force de gravité est de 168daN, qu'on la divise par 8 le nombre de colonne de guidage et bien évidemment le nombre de ressort, donc ça nous donne 21daN par ressort, vu le grand effort de la presse qui arrive à 315 tonnes, Merien utilise un facteur de sécurité de 10 afin d'éviter tout endommagement possible du tablier ou des ressorts, par conséquent on utilise des ressort de 200daN.

Type	Force daN	Course C mm	Référence	Pression MPa (bar)	Force F1 N★	Force F2 N★	LR mm	LC mm	Couleur
RMGE	50	25	442063/30S	4,5 (45)	500	666	110	85	vert
		50	442064/30S			686	160	110	
		80	442065/30S			220	140	140	
		125	442069/30S			696	310	185	
	100	25	442073/30S	9 (90)	1000	1333	110	85	bleu
		50	442074/30S			1372	160	110	
		80	442075/30S			1392	220	140	
		125	442079/30S			1402	310	185	
	150	25	442083/30S	13,5 (135)	1500	2010	110	85	rouge
		50	442084/30S			2070	160	110	
		80	442085/30S			2098	220	140	
		125	442089/30S			2118	310	185	
	200	25	442093/30S	18 (180)	2000	2687	110	85	jaune
		50	442094/30S			2755	160	110	
		80	442095/30S			2794	220	140	
		125	442099/30S			2814	310	185	

Ressort de 0,2 t et 50mm de course

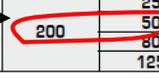


Figure 60 : choix des ressorts pour le tablier

Positionnement du plan méthode en hauteur :

Afin d'éviter l'endommagement de l'aménage qui aide à défiler la bande pour entrer dans la presse ou la déformation de la tôle, il faut que cette dernière soit à peu près dans le même niveau de celui de l'aménage, Merien utilise la méthode suivante pour définir la hauteur :

Après avoir défini la course du tablier lève bande qui est de 30 mm, on positionne 1/3 de cette course au dessous de la hauteur de l'aménage qui est donné par le cahier des charges presse (HDB presse = 330mm), et qui sera la hauteur du plan de travail où la bande sera en contact avec les matrices (HPT outil = 320mm).

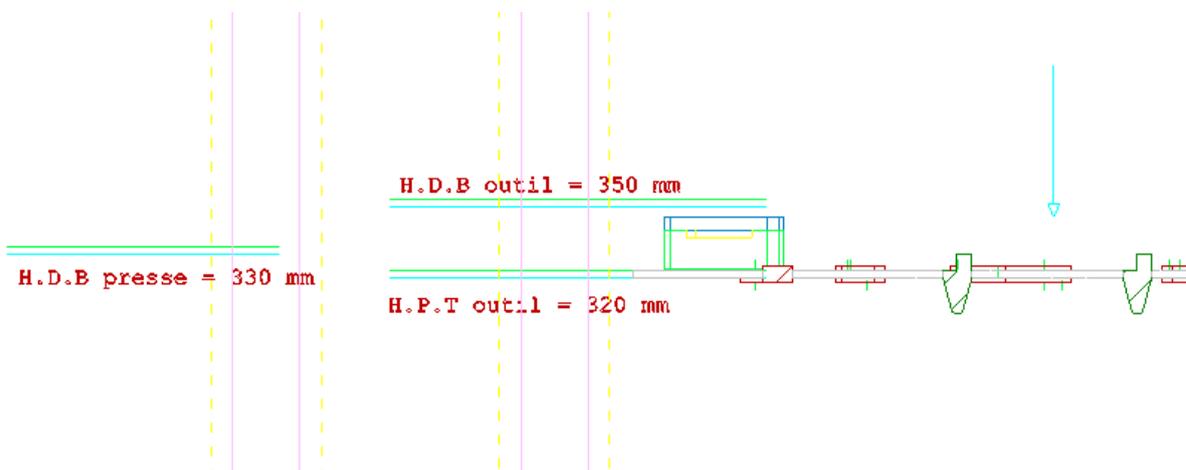


Figure 61 : positionnement de la bande



## 6. Conception des groupements inférieurs et supérieurs

### a. Conception groupement inférieure

Le groupement inférieur doit être dessiné de façon à ce qu'il puisse se monter sur la presse du client. Pour cela, les centreurs de la table de la presse doivent pouvoir s'intégrer dans le groupement inférieur. Et pour le maintien en position, des rainures doivent être dessinées dans le groupement inférieur. En effet, on retrouve ces rainures dans la table de la presse on peut ainsi grâce à des écrous assembler ces deux parties. Il faut également prévoir des manilles de manutention pour pouvoir déplacer l'outil car son poids est trop important pour être déplacé à la force des bras. Dans le groupement inférieur, on doit prévoir des goulottes d'évacuation des déchets de la bande. Ces goulottes amènent les déchets dans les trous de la table de la presse prévue pour l'évacuation des pertes. Puis on ajoute des tasseaux de 40mm d'épaisseur on les positionne là où il y a un effort ponctuelle important pour éviter la flexion de la semelle de la partie inférieure et faire la jonction entre la partie inférieure et le groupement inférieur.

### b. Conception groupement supérieure

Le groupement supérieur doit être dessiné pour pouvoir s'adapter à la presse du client. On doit prévoir, comme pour le groupement inférieur, des tasseaux pour consolider l'outil et relier le groupement supérieur à la partie supérieure. De plus, des manilles de manutentions sont à installer pour déplacer l'outil plus facilement.

## 7. Fin de conception

### a. Visseries

C'est généralement en fin de conception que l'on installe toutes les vis et goupilles nécessaires à la mise et au maintien en position des composants de l'outil. Merien utilise toujours les mêmes vis, ainsi j'ai utilisé une petite bibliothèque qui a été créé avec toutes les tailles de vis nécessaires à la fabrication d'un outil de presse.

### b. Couleurs et arêtes vives

Merien a instauré un code couleur pour différencier les différents matériaux et les usinages précis ou non d'un outil-. J'ai donc dû mettre les bonnes couleurs pour chaque composant. En fin de conception, le dessinateur doit s'assurer qu'il y est le moins d'arêtes vifs possibles dans tous les composants du matériau.

Code couleur - voir Annexe 3.

### c. Grappe

La grappe est un bloc dans lequel on insert tous les poinçons qu'il faut réaliser en électroérosion. C'est le dessinateur qui doit la réaliser pour que l'érodeur puisse usiner chaque poinçon. Ci-dessous, on peut voir la grappe des poinçons d'un outil.

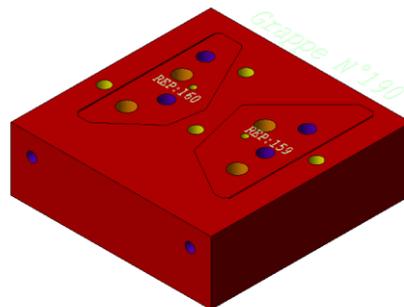


Figure 62 : Grappe

### d. Les matériaux utilisés

FORMAGE		DECOUPE	
Poinçon	FGS 600 Z160CDV12 FGL240 HB 50C.D.4.M	Poinçon	FGS 600 Z160CDV12 FGL240 HB ACIER RAPIDE
Matrice	FGL240 Z160CDV12 50C.D.4.M	Matrice	FGL240 Z160CDV12 50C.D.4.M Z100
Serre-flan Et mise serre-flan	A60 XC70	Serre-flan Et mise serre-flan	A60 XC70
Tablier	A60 XC70	Tablier	A60 XC70
Semelles	A60 ou XC48 ou E36	Semelles	A60 ou XC48
Bâti	A60 - FGL215 FGL240	Bâti	A60 - FGL215 FGL240

Traitement thermique:

- Dureté des matrices :

Z160C.D.V.12 .....58H.R.c à 60H.R.c

- Dureté des poinçons :

Z160C.D.V.12 .....58H.R.c à 60H.R.c

### e. Mise en plan

La dernière étape dans la conception d'un outil de presse pour le dessinateur est de faire ce que l'on appelle les plans d'ajustages comme ci-dessous :

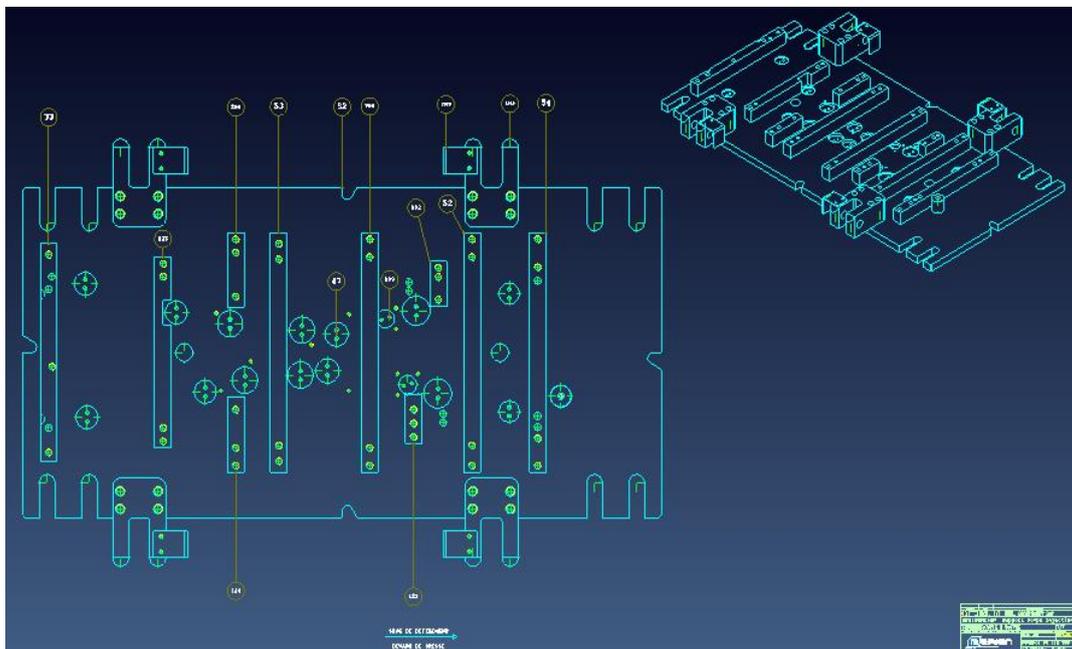


Figure 63 : Plan d'ajustement

Chaque partie de l'outil a son plan d'ajustage. Lors de la conception de l'outil, le dessinateur enregistre un repère pour chaque composant de l'outil. Un repère est un numéro. Ces plans permettent ensuite aux ouvriers de l'atelier montage d'assembler toutes les pièces en les lisant simplement. Il est important de bien repérer les pièces car ensuite c'est le bureau de la fabrication assistée par ordinateur puis les ateliers qui se fient à ces repères pour réaliser leur travail.



## V. CONCLUSION

A la fin de cette conception, mon outil était en manque que de quelque modification en terme de forme et dimension de quelque pièce secondaire à savoir les portes poinçons et quelque ébauche du serre flan pour satisfaire le client et le responsable du bureau d'étude, comme ceci n'a pas influencé sur le fonctionnement de l'outil, il a été simulé sans trouvé d'erreur et peut être opérationnel. Par contre, ma conception a été un peu moins compact par rapport à la solution d'un concepteur d'outillage expérimenté.



# CHAPITRE 3

## *Description du projet d'amélioration du processus*

*Ce chapitre présente en premier lieu le contexte général et le cahier des charges du projet, et en second lieu la démarche suivie pour la résolution du problème.*

*Vous trouverez dans cette partie :*

- ✘ Contexte général du projet ;*
- ✘ Problématique et cahier de charge ;*
- ✘ Démarche suivie ;*



## I. PRESENTATION DU PROJET

L'atelier de fabrication est donc la phase la plus importante dans la création de la valeur ajoutée dans l'outillage de presse. Vu son importance dans le processus de l'entreprise et dans une recherche de performance maximale et durable de ce processus, j'ai visé l'ancrage des méthodes d'amélioration continue et d'ajustement du fonctionnement interne par le déploiement de la logique du Lean Manufacturing, plus souvent exploitée comme une réponse aux dysfonctionnements et gaspillages qui jalonnent la chaîne de valeur de manière curative. De ce fait, ce processus nécessite une analyse adéquate puisqu'il constitue le point de déclenchement du flux de production.

## II. CAHIER DE CHARGE

Dans le contexte économique actuel, le secteur industriel est soumis à une pression concurrentielle très forte. MMO, dans le cadre d'une politique générale, a initié des programmes de retour à la performance opérationnelle et à l'élimination des gaspillages. Plusieurs projets ont été lancés afin d'assurer cette politique à long et moyen terme, parmi ces projets, on estime que le Lean Manufacturing nous permettra d'éliminer les sept mudas.

### 1. Objectif du projet

Mon projet de stage rentre dans le cadre des activités du service fabrication de l'outillage de presse, l'un des services du département de production qui se charge de garantir à ses clients une production continue et de qualité.

Le problème principal de l'atelier mécanique est que le taux du retard et du gaspillage est légèrement élevé. Alors à travers les outils d'amélioration et de gestion de production, je dois identifier, éliminer les pertes et améliorer le rendement au niveau de l'atelier.

Donc pour avoir une idée claire sur l'état des rebuts, les défauts majeurs ainsi que les zones critiques où les pertes sont énormes il faut faire une analyse pour la gestion de flux de production.

### 2. Six-Pack Projet

Le document Six Pack permet de revoir et faire voir en six cases l'ensemble de l'étude du projet - voir Annexe 4.



### 3. Outils du travail

Etant donné que le Lean Manufacturing s'attaque aux gaspillages qui jalonnent la chaîne de production, il convient d'adopter ses outils afin d'augmenter la productivité de toute la zone étudiée. Pour remédier aux problèmes de la situation actuelle de l'atelier, je vais proposer les méthodes de résolution et d'amélioration suivantes :

- Des outils qui concernent le suivi et l'amélioration des flux physiques tels que :
  - VSM: Value Stream Mapping.
- Des outils qui visent l'analyse de l'état actuel de l'atelier :
  - ISHIKAWA.
  - AMDEC.

### 4. Contraintes à respecter

- 1.** Les solutions proposées doivent être rentables et efficaces.
- 2.** Les solutions proposées doivent avoir des résultats à court terme et durables.
- 3.** L'investissement demandé pour mettre en place la solution doit être réduit le maximum possible.

## III. LEAN MANUFACTURING

Le Lean Manufacturing est un système de gestion de la production, souvent expérimenté comme une réponse à des dysfonctionnements par la recherche de meilleures performances dans un système existant, de manière "curative", il est ainsi dans sa forme la plus élémentaire, l'élimination systématique des pertes d'efficacité qui jalonnent la chaîne de valeur, et la mise en œuvre des concepts visant l'augmentation de la qualité et la réduction des coûts et des délais.

### 1. Objectifs de la méthode Lean Manufacturing

#### a. En termes de qualité

L'accroissement du niveau de qualité du processus de travail se traduit par la diminution du nombre d'erreurs, de retouches et de rejets. D'où une moindre utilisation des ressources de l'entreprise, et donc une réduction du coût total des opérations.



**b. En termes de coût**

A l'entrée d'une usine de production, on trouve les ressources humaines, les installations et les matières premières. A la sortie, se trouvent les produits finis. La productivité s'accroît lorsque des ressources identiques à l'entrée génèrent davantage de produits finis à la sortie, ou lorsqu'à un volume de produits finis identique, les facteurs d'entrée diminuent.

**c. En termes de délais**

Réduire le temps d'exécution : Le temps d'exécution se définit par l'intervalle de temps entre la réception des matières premières et la réception par l'entreprise du paiement des produits vendus. La réduction de cet intervalle signifie davantage de produits fabriqués dans le même temps, une meilleure rotation des ressources et une plus grande réactivité et flexibilité à la satisfaction du besoin des clients.

## **2. Principes du Lean Manufacturing**

Le Lean Manufacturing s'articule sur les 5 principes suivants :

**a. Définir la valeur**

Ce principe consiste en la définition de la valeur ajoutée, qui en terme de produits spécifiques avec des caractéristiques précises offertes à un prix choisi satisferont une cible client bien identifiée. Car développer des caractéristiques supplémentaires du produit et non exigées par le client n'est qu'un gaspillage.

**b. Identifier le flux de valeur**

Identifier la chaîne de valeur dans l'entreprise, c'est identifier les enchaînements des opérations à valeur ajoutée servant à l'élaboration du produit ou service, et c'est également l'identification des opérations à non-valeur ajoutée, qui ne sont que des gaspillages. Ces gaspillages supposent toutes les attentions car les gaspillages sont des gains potentiels que l'on réalise si on les supprime !

**c. Favoriser l'écoulement du flux**

Favoriser l'écoulement du flux, c'est s'assurer que les opérations créatrices de valeur s'enchainent sans interruption le long du processus, que les produits porteurs de cette valeur ne subissent pas d'attentes ni de retours en arrière, ni de circulation erratique.



**d. Tirer les flux**

Tirer les flux signifie ne produire des biens ou des services que si le client les a explicitement demandés et diminuer par suite les frais de stockage.

**e. Viser la perfection**

Une fois la dynamique de la transformation lancée, les opportunités d'éliminer de nouveaux gaspillages se dégagent chemin faisant, de nouvelles idées d'amélioration émergent. On rentre ainsi dans les cycles vertueux du progrès permanent, qu'il faut néanmoins s'employer à pérenniser.

### **3. Les sources de gaspillage ou mudas**

Les gaspillages, ou mudas en japonais, auxquels s'attaque le Lean Manufacturing sont en nombre de sept, et ils proviennent de la surproduction, du temps d'attente, du transport, des stocks inutiles, du processus de fabrication, des mouvements inutiles et des pièces défectueuses. On définira et évaluera la présence de chaque source de gaspillage dans la chaîne de production.

**a. Gaspillages provenant de la surproduction**

Toute matière ou ressource mal affectée à une production non vendue, risque de conduire à un stockage, c'est-à-dire à un revenu différé et amoindri. Ceci entraîne un surplus de marchandise, de main d'œuvre, de machines, d'espace et de manutention.

**b. Gaspillages occasionnés par les transports**

Le transport d'une pièce d'une machine à l'autre ne lui confère aucune valeur ajoutée. Il faut donc éliminer les opérations de transport sinon réduire leur temps.

**c. Gaspillages dus aux stocks inutiles**

La définition des stocks doit être comprise au sens large, car les pièces en attente sont un stock comme les pièces en cours d'acheminement sont un stock. L'élimination de cette source de gaspillage permet de diminuer le stock de matières premières et des produits en cours ainsi que les frais de stockage.

#### d. Gaspillages dans le processus de production

La recherche de la valeur est indispensable dans chaque étape du processus. L'analyse de la valeur se fait donc sur la conception du produit et sur chaque opération de transformation, afin d'éradiquer tous les actions à non-valeur ajoutée.

#### e. Gaspillages provenant des temps d'attente

Les attentes intolérables sont les arrêts dus à : l'attente de matériel, de la fin d'un cycle d'une machine, d'une décision, des défaillances d'équipements ou aux changements de séries.

#### f. Gaspillages dus aux mouvements inutiles

Les mouvements inutiles et sans valeur ajoutée doivent être éliminés en réexaminant l'ergonomie des postes et les déplacements inutiles des personnes.

#### g. Gaspillage dus aux pièces défectueuses

La non-qualité génère des pièces défectueuses, nécessitant d'autres actions chronophages (contrôle, retouches, rebut) que le client final ne veut pas payer.

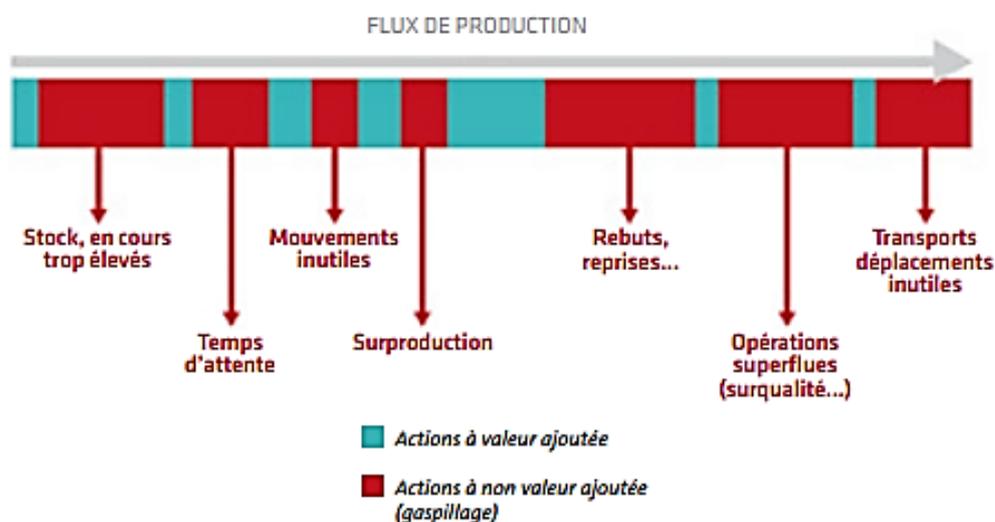


Figure 64: Types de gaspillage

## IV. DEMARCHE SUIVIE

Pour obtenir des résultats pérennes, le Lean manufacturing est fondé sur la stratégie des petits pas, aussi appelée KAIZEN- analyser pour rendre meilleure-, il s'appuie alors sur

l'amélioration continue avec une forte implication de tout le personnel impliqué dans le processus étudié.

Avant de démarrer le traitement de la problématique et des propositions des solutions, il est souhaitable de rappeler la finalité de la démarche suivie du concept Lean Manufacturing adopté, à savoir le DMAIC<sup>1</sup>.

## 1. DMAIC

La démarche DMAIC est utilisée dans le cadre des projets Lean pour améliorer la performance opérationnelle d'un processus, pour ce projet, il s'agit d'un processus de fabrication de l'outillage de presse. Elle se décompose en 5 étapes principales, comme est représenté sur la figure 64, qui impliquent les opérationnels impliqués dans le processus étudié.

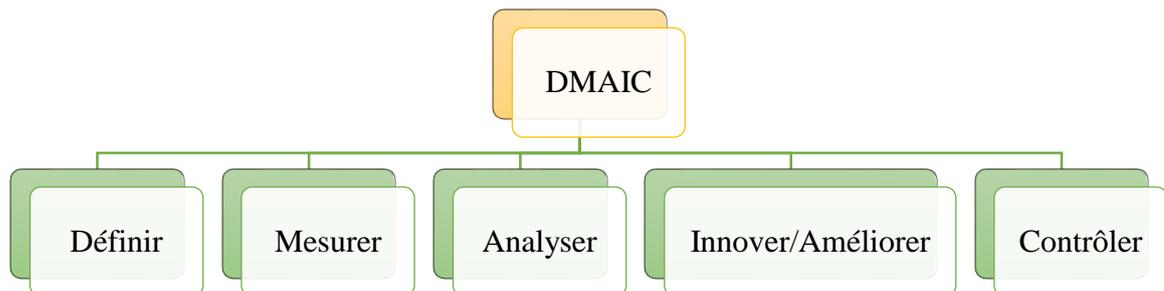


Figure 65: Démarche DMAIC

### a. Définir

- Phase d'observation et de familiarisation avec le processus afin de formuler une problématique, impliquer la direction et élaborer le plan management.

### b. Mesurer

- Phase de mesure de l'existant, des performances actuelles, des états des lieux et des comparaisons à une cible afin de dégager un écart.

<sup>1</sup> DMAIC : Définir, Mesurer, Analyser, Innover ou bien Améliorer et Contrôler.



c. Analyser

- Phase d'identifications des causes potentielles du problème, leurs évaluations, leurs criticités et les sources d'amélioration.

d. Innover/Améliorer

- Trouver les solutions "faisables " par rapport aux objectifs fixés par la direction, et identifier un plan d'action pour l'amélioration de la performance.

e. Contrôler

- Le suivi des actions proposées vient en dernier lieu, en effet, par des inspections (généraux, des audits, pilotages des chantiers et la revue de direction.

## V. CONCLUSION

Après avoir présenté le contexte du cahier de charge et la démarche suivie, on va entamer par la suite l'élaboration de la démarche DMAIC pour aboutir au choix des solutions pertinentes pour la résolution de notre problème.



# CHAPITRE 4

## *Diagnostic et analyse de l'existant*

*Vous trouverez dans cette partie :*

- ✘ *Phase 1 : Définir ;*
- ✘ *Phase 2 : Mesurer ;*
  - *Temps standards ;*
  - *Identification des pertes ;*
- ✘ *Phase 3 : Analyser ;*



## I. INTRODUCTION

Un projet d'amélioration continue ne peut pas être conduit sans une étude afin de détecter les points défaillants. Le diagnostic de la ligne de production va me permettre de relever quelques problèmes à savoir les problèmes liés aux moyens matériels, humaines et aux méthodes de travail.

Des actions qui visent l'amélioration du processus de production seront réalisées en adoptant une des méthodes disponibles. En effet, une multitude de méthodes se présentent pour remédier ces problèmes et instaurer une démarche d'amélioration continue qui servira à contrôler en permanence l'état de processus et d'agir dès qu'un dysfonctionnement est détecté.

## II. DEFINE

Cette étape comprend deux sous-étapes majeures. La première consiste à déterminer le sujet de travail dans le cadre de la stratégie de la société Merien Maroc outillages, et la seconde vise, une fois le projet démarré, à réaliser les énoncés préliminaires du projet en choisissant des outils management adéquats et en se posant les questions suivantes :

- Quel est l'objectif que l'on recherche ?
- Quel est le périmètre du projet ?
- Qui doit travailler sur ce projet ?
- Quel est le planning du projet ?

### 1. Charte du projet

Pour obtenir l'approbation officielle de la structure et des paramètres généraux du projet proposé, il est indispensable d'établir une Charte Projet, en guise de récapitulation des principaux points du projet - voir Annexe 5.

### 2. Planification du projet (Gantt)

Les missions de mon projet sont enchaînées selon les processus management de projet, les différentes actions de ces processus sont rassemblées en utilisant le logiciel EDRAW MAX pour générer le graphique de Gantt- voir Annexe 6.

### 3. Analyse des risques du projet

Le risque dans un projet est un élément très important à identifier, car il peut avoir de lourdes conséquences sur le déroulement du projet et sur sa réussite. Pour cela il faut identifier les risques au plus tôt, très en amont dans le cycle projet- voir Annexe 7.

- **Indice de fréquence**

Il s'agit de coter la probabilité qu'un défaut se réalise pour une cause donnée à partir de l'expérience de chaque équipe :

Valeur de F	Fréquence d'apparition de la défaillance
1	<b>Défaillance pratiquement inexistante</b> sur le processus en exploitation.
2	<b>Défaillance rarement apparue</b> sur le processus en exploitation.
3	<b>Défaillance occasionnellement apparue</b> sur le processus en exploitation.
4	<b>Défaillance fréquemment apparue</b> sur le processus en exploitation.
5	<b>Défaillance systématique</b> sur le processus en exploitation.

Tableau 1: Fréquence d'apparition de la défaillance.

- **Indice de gravité**

Il s'agit de coter la gravité des effets du défaut pour l'utilisateur aval et final :

Valeur de G	Gravité des défaillances
1	<b>Défaillance mineure</b> , aucun dysfonctionnement notable.
2	<b>Défaillance moyenne</b> , nécessitant une remise à niveau de courte durée
3	<b>Défaillance majeure</b> nécessitant une intervention de longue durée

<b>4</b>	<b>Défaillance grave</b> très critique nécessitant une grande intervention
<b>5</b>	<b>Défaillance catastrophique</b> nécessitant une grande précaution préventive

**Tableau 2:** Gravité des défaillances.

### III. MESURER

#### 1. Mesure du temps

La prise du temps de travail sert à déterminer la durée d'une tâche dans le but de définir le temps standard pour produire un harnais.

Cette durée doit tenir compte du niveau de qualité requis, des moyens utilisés, de la main d'œuvre, du mode opératoire et des conditions de travail.

Il existe plusieurs méthodes qui aident à déterminer le temps des opérations :

- **Par similitude** : il est fréquent d'être conduit à réaliser un travail analogue à un autre qui a déjà été effectué dans l'entreprise. L'estimation du temps s'effectuera par référence aux temps passés pour cette réalisation. Cette méthode laisse une grande part à l'arbitraire mais est très rapide.

- **Par temps standards** : cette méthode consiste à décomposer le cycle total d'une séquence en mouvements essentiels successifs dont les durées ont été déterminées préalablement. La méthode la plus utilisée est la méthode MTM2 qui propose dix mouvements de base (atteindre, saisir, mouvoir, tourner, mouvement de manivelle, appliquer une pression, positionner, lâcher, mouvement visuel, mouvement du corps ou des membres).

Pour obtenir la durée de référence de la tâche, il suffit de faire la somme des temps correspondant aux mouvements de base composant la tâche.

- **Par observations instantanées** : c'est une méthode de mesurage par sondage pour le travail en série. Elle consiste à faire des observations du poste de travail à intervalles de temps

---

<sup>2</sup> MTM : Motion Time Measurement.



aléatoires afin d'en déterminer la nature du travail effectué (activité ou repos) et de calculer le pourcentage d'activité, ou d'inactivité, du poste. Pour que le résultat soit révélateur de la réalité, il est nécessaire d'effectuer un très grand nombre d'observations.

– **Par chronométrage** : cette méthode consiste à décomposer le cycle total d'une séquence en opérations élémentaires et à mesurer le temps nécessaire à la réalisation de chacune d'elles.

Cette méthode s'applique lorsque le travail au poste est stabilisé. Des valeurs obtenues pour chaque opération élémentaire, on détermine un temps relevé qu'il faudra pondérer en fonction d'un jugement d'allure (opérateur débutant ou expérimenté) pour obtenir le temps correspondant à une réalisation par un opérateur « moyen ».

Pour le cas de mon projet j'ai opté pour la méthode du chronométrage par vidéo qui est la plus adapté pour le processus de travail dans l'atelier.

## 2. Préparation à la collecte des données

« Le gaspillage est tout sauf la quantité minimum requise de machines, de matériaux, de pièces et de temps de travail, absolument essentielle à la création de produit ou service »

Un muda est donc une activité improductive, qui n'apporte pas de valeur aux yeux du client mais tout le monde accepte et pratique cette activité, sans la remettre en question, néanmoins, certaines tâches sans valeur ajoutée sont obligatoires (archivage, sauvegarde...)

La pensée lean suggère que pour créer efficacement de la valeur, il est indispensable d'identifier les gaspillages et de les éliminer ou de les réduire, afin d'optimiser les processus de l'entreprise

## 3. Cartographie du processus

- Méthode développée par Toyota au début des années 80.
- Outil du Lean Manufacturing (PVA):
- vise la création de valeur.
- vise la réduction du gaspillage.
- innove dans la relation avec les fournisseurs.



- mise sur la relation avec le client.

a. Notions sur le VSM

La VSM est un outil fondamental dans une démarche Lean. C'est le meilleur moyen de pouvoir visualiser les différents flux au sein d'une production (matière et information). Il est facile de mettre en avant les tâches à valeur ajoutée et d'identifier les différents types de gaspillages comme les stocks et en-cours. C'est un outil qui, s'il est bien utilisé, est compréhensible par tous et qui offre la possibilité d'amener différentes personnes à s'investir pour améliorer l'état actuel.

- **Les informations nécessaires à la VSM**

La VSM demande à ce que l'on collecte des informations fiables et au plus proche de l'état actuel du processus. Différentes notions sont décrites dans cet outil, comme :

- les différentes tâches qui composent le processus ;
- les différents stocks et en-cours ;
- les flux d'informations et de matières ;
- les tailles des lots de transfert ;
- les temps de cycle ;
- les temps des changements de séries ;
- le délai d'exécution, temps de valeur ajouté...etc.

- **Les temps utilisés à la VSM**

Le formalisme du dessin sera détaillé plus loin. Avant tout, il est nécessaire d'introduire plusieurs types nécessaires pour la construction de la carte VSM.

- **Le temps de cycle(TC)**

Il s'agit du temps qui s'écoule entre la production de deux pièces par un processus. Il se calcule en divisant une durée par le nombre d'éléments produit par le processus pendant ce

laps de temps (pour le câblage dans un poste on fabrique un seul produit donc le temps de cycle c'est la durée d'exécution du travail dans ce poste)

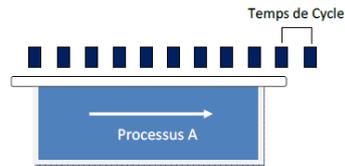
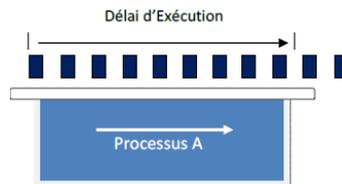


Figure 66 : Schéma du temps de cycle

### ➤ Le délai d'exécution (DE)

C'est le temps qu'il faut pour une pièce pour parcourir un processus dans sa totalité. Pour le mesurer, il suffit de choisir une pièce et de la suivre du début à la fin comme l'illustre la figure 65



### ➤ Le temps de valeur ajoutée (TVA)

Le temps de travail consacré aux tâches de production qui transforment le produit de telle façon que le client accepte de payer pour l'avoir. Il se calcule en faisant la somme des temps dits «Vert» (aussi appelés temps de valeur ajoutée). par opposition au temps « Rouges » qui sont des temps de non-valeur ajoutée.

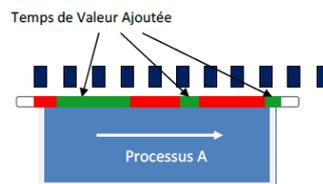


Figure 67 : Schéma du temps de valeur ajoutée

La relation entre le délai d'exécution et le temps de valeur ajoutée est la suivante :

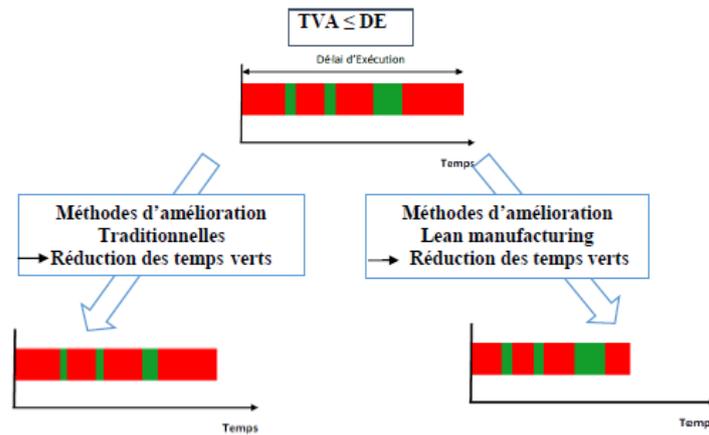


Figure 68 : Mode d'action des différentes méthodes

### b. Réalisation du VSM

Avant de commencer la construction de la carte VSM, il est nécessaire de choisir quel sera l'objet de l'étude. Lorsque l'entreprise est de taille modeste et possède un portefeuille de produits restreint, le choix se porte habituellement sur le produit phare, c'est-à-dire celui qui représente les plus grosses ventes. Pour notre cas, la société MMO a une production unitaire, son produit principal est l'outillage de presse.

Après avoir conçu l'outil du client, on imprime les plans de détail avec la nomenclature et on les dépose à l'atelier, donc il sera préférable de savoir comment se fait la production de cet outil ainsi de définir chaque type de processus et cartographier le processus par le temps planifié et le temps réel.

Dans le service de planification, on estime par expérience le prix de l'outil pour en déduire ensuite le temps total de sa fabrication, dans notre cas l'outil a une longueur de 1,30m donc son cout de fabrication s'élève à 11000 € donc son temps de fabrication est 480h qu'on la divise de la manière suivante :

- 8% pour le découpage de la matière : 38,4 h.
- 7% pour la préparation des pièces standards : 33,6 h.
- 20% pour les pièces obtenus par oxycoupage : 96 h.
- 5% pour la rectification : 24 h.
- 40 % pour l'usinage : 192 h.
- 20% pour le montage : 96 h.



## Value Stream Mapping Template

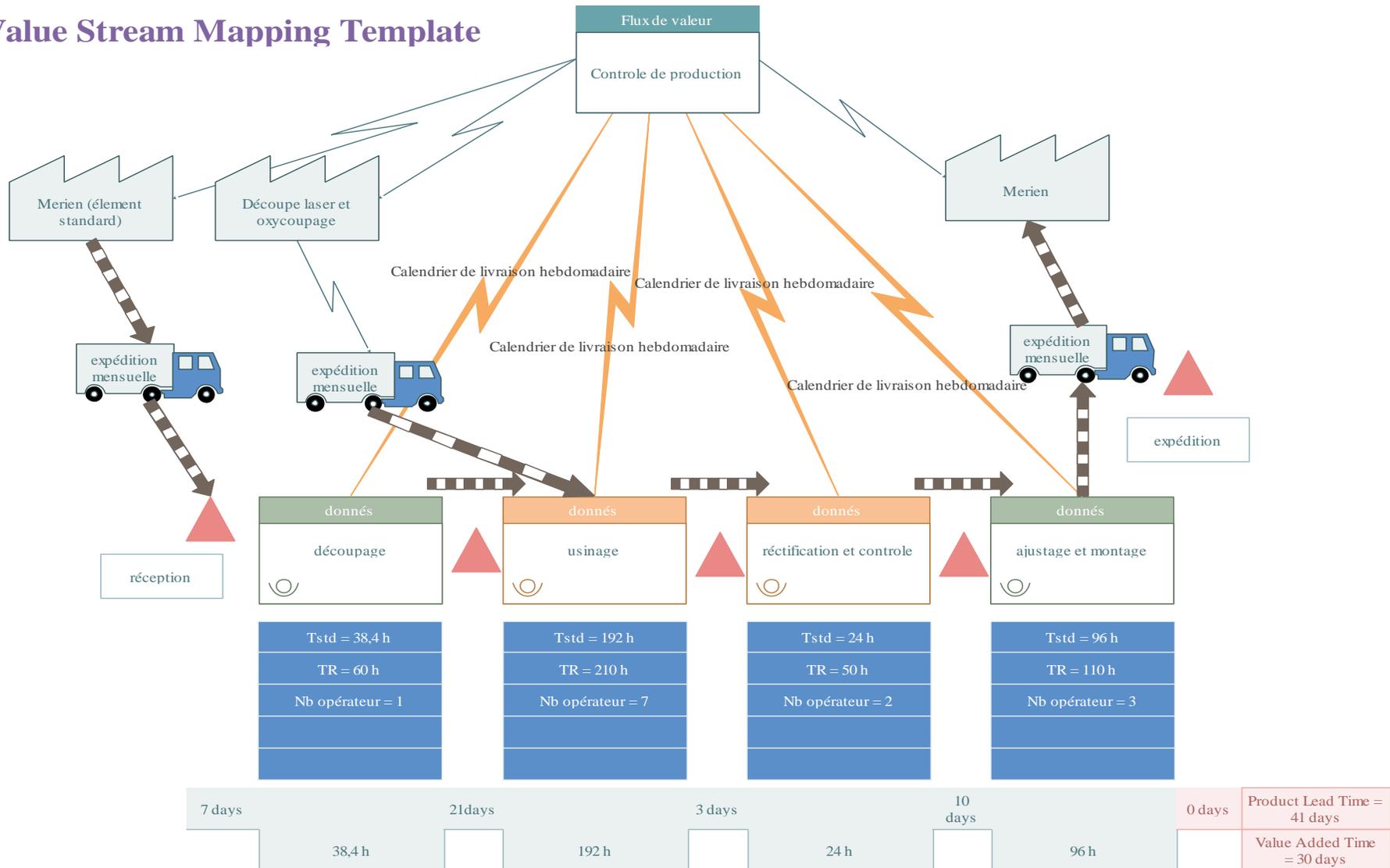


Figure 69 : VSM



Pour trouver les temps réels de fabrication, j'ai utilisé les fiches de pointage des opérateurs, les bons de commande et de livraison des pièces standards et des pièces obtenus par oxycoupage.

#### IV. ANALYSER

L'analyse des données peut contribuer à déterminer la cause profonde des problèmes existants ou potentiels et servir ainsi de guide pour les décisions concernant les actions correctives et préventives nécessaires à l'amélioration.

Notre objectif est d'augmenter notre connaissance du procédé de fabrication, afin de découvrir les causes racines des gaspillages. A la fin de cette étape, on doit avoir une idée très précise des sources des anomalies qui devront être corrigées pour atteindre l'objectif attendu.

Par cette phase de recherche de données, on vise à :

- ✗ Définir les diverses sources de gaspillage.
- ✗ Décrire et utiliser une variété de méthodes et de techniques pour générer, analyser et vérifier les données relatives à notre problème.
- ✗ Utiliser le sens d'observation ainsi que les autres sens pour décortiquer les causes racines.

Cette étape a pour objectif de nous placer au centre du problème afin de bien le comprendre, tout en saisissant les différents paramètres et en s'assurant que l'on travaille bien sur le bon problème.

##### 4.1 Méthode des 3QOPC

Cet outil consiste en un questionnement approfondi basé sur les mots clef suivants : **Qui, Quoi, Quand, Où, Pourquoi, Comment**. Au regard de chacun des mots clef, on peut se poser une série de questions, la méthode est très efficace pour faire ressortir une multitude de données dans un laps de temps très court.

**Qui** : *Personnes concernées par le problème*

- Qui a le problème ?



✓ Département de Production, Service méthode, atelier de fabrication;

• Qui est intéressé par le résultat ?

✓ Directeur Général, Responsable de production, Chef d'équipe de fabrication, techniciens;

• Qui est concerné par la mise en œuvre ?

• Directeur Général, Responsable de production, Chef d'équipe de fabrication, techniciens;

**Quoi : Nature et conséquence du problème**

• De quoi s'agit-il ?

✓ Il s'agit d'une mal organisation et d'un taux de gaspillage élevé ;

• Quelles sont les conséquences ?

✓ un taux de gaspillage élevé engendre :

- Un faible rendement ;
- Une faible productivité ;
- Heures supplémentaires ;
- Coût de revient du produit plus élevé ;
- Retard de livraison ;

**Où : Localisation et périmètre du problème**

• Quels sont les secteurs concernés ?

- ✓ Le service Production ;
- ✓ Tous les postes de travail sans exception ;

**Quand : Caractéristique temporelle du problème, Moment de l'occurrence**

- Quelle est sa fréquence d'apparition ? Aléatoire.
- Depuis combien de temps le problème existe-t-il ? Depuis les deux dernières années.
- Quand est ce qu'il faut réagir ? Le plus rapidement possible.

**Comment : Mode d'occurrence du problème**



- Comment le problème se révèle-t-il? Aléatoire.
- Comment réagir? en élaborant un plan d'actions et en le mettant en œuvre.

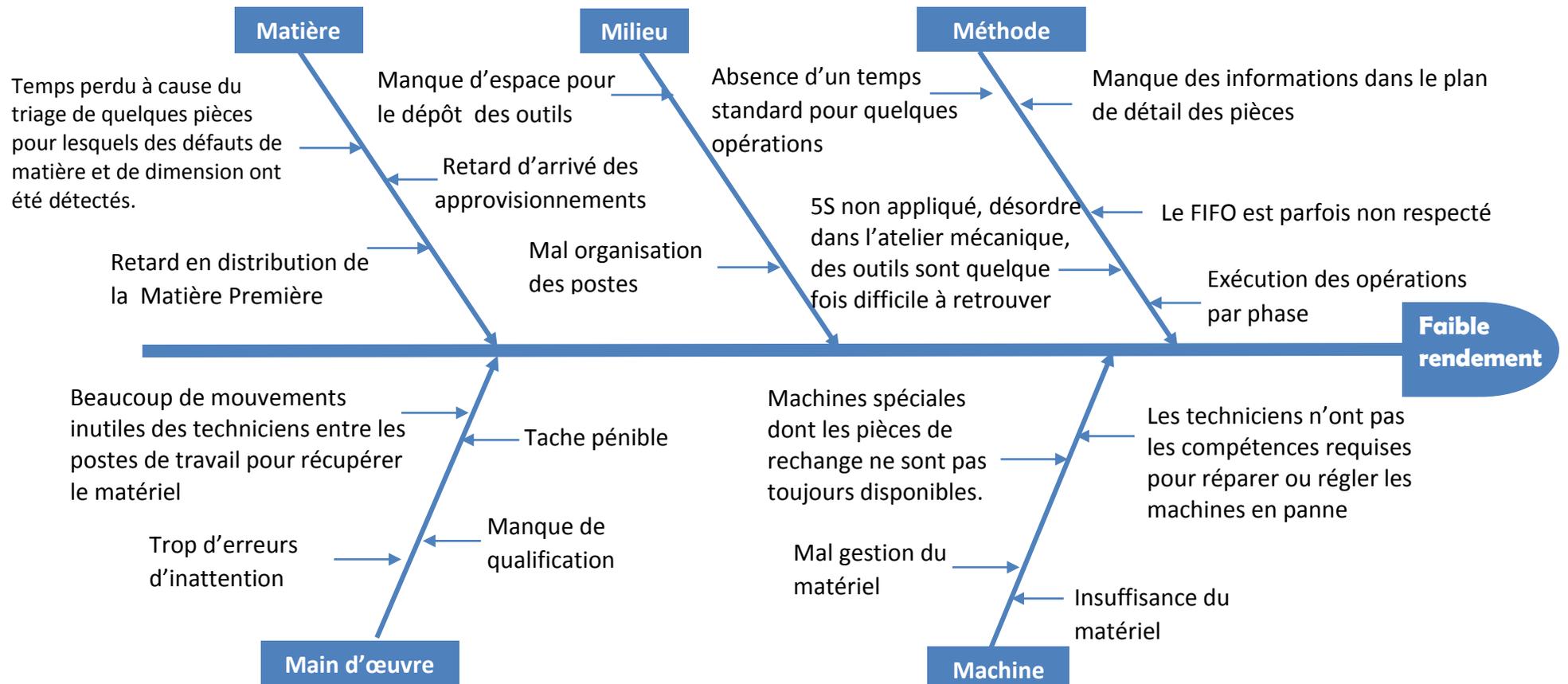
***Pourquoi : Objectif poursuivi par la résolution du problème***

- Identifier les zones critiques ;
- Identifier le taux de gaspillage dans chaque zone ;
- Identifier les causes et les conséquences du phénomène ;
- Réduire le taux de gaspillage ;

#### 4.1 Diagramme ISHIKAWA

Le diagramme d'Ishikawa est un outil qui permet d'identifier les causes possibles d'un effet constaté et donc de déterminer les moyens pour y remédier. Ce diagramme a été fondé par Ishikawa, dit encore en arête de poisson.

En effet, après la synthèse qu'on a élaboré, on peut résumer les causes racines ayant un grand impact sur le rendement, et à l'aide du diagramme cause à effet on peut avoir des idées sur les solutions.





## 4.1 AMDEC

L'AMDEC<sup>3</sup> Processus est une analyse portant sur les risques engendrés par le processus et non ceux du à la conception. Il s'agit de repérer la défaillance dans chaque opération, d'évaluer son effet, sa cause possible et enfin coter ces défaillances pour chaque cause.

Les indices de cotation sont, la fréquence, la gravité et la non-détection. La criticité est obtenue par le produit de ces trois coefficients.

- **Indice de fréquence**

Il s'agit de coter la probabilité qu'un défaut se réalise pour une cause donnée à partir de l'expérience de chaque équipe :

Valeur de F	Fréquence d'apparition de la défaillance
1	<b>Défaillance pratiquement inexistante</b> sur le processus en exploitation.
2	<b>Défaillance rarement apparue</b> sur le processus en exploitation.
3	<b>Défaillance occasionnellement apparue</b> sur le processus en exploitation.
4	<b>Défaillance fréquemment apparue</b> sur le processus en exploitation.
5	<b>Défaillance systématique</b> sur le processus en exploitation.

Tableau 3: Fréquence d'apparition de la défaillance.

- **Indice de gravité**

Il s'agit de coter la gravité des effets du défaut pour l'utilisateur aval et final :

---

<sup>3</sup> AMDEC : Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité

Valeur de G	Gravité des défaillances
1	<b>Défaillance mineure</b> , aucun dysfonctionnement notable.
2	<b>Défaillance moyenne</b> , nécessitant une remise à niveau de courte durée
3	<b>Défaillance majeure</b> nécessitant une intervention de longue durée
4	<b>Défaillance grave</b> très critique nécessitant une grande intervention
5	<b>Défaillance catastrophique</b> nécessitant une grande précaution préventive

Tableau 4: Gravité des défaillances.

- **Indice de non détection**

Il s'agit de coter la probabilité de ne pas détecter un défaut à une opération donnée pour une cause donnée à partir des contrôles et détrompeurs prévues :

Valeur de N	Non détection des défaillances
1	<b>Très faible probabilité</b> de ne pas détecter le défaut (contrôle parfait)
2	<b>Faible probabilité</b> de ne pas détecter le défaut (Défaut évident)
3	<b>Probabilité modérée</b> de ne pas détecter le défaut (ex: Contrôle manuel)
4	<b>Probabilité élevée</b> de ne pas détecter le défaut (Le contrôle est subjectif)
5	<b>Probabilité très élevée</b> de ne pas détecter (Pas de contrôle)

Tableau 5: Non détection des défaillances.

Après avoir défini les causes qui engendrent un faible rendement par le diagramme des causes à effet, on va maintenant établir une AMDEC pour analyser ces causes. L'Analyse des

Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité a pour objectif d'éliminer et/ou minimiser toutes les causes potentielles de défaut ou de défaillance.

Défaillance			Cotation			
Mode de défaillance	Effet potentiel	Cause possible	F	G	N	C
Mal organisation des postes	-Perte du temps à chercher le matériel nécessaire. -mouvement inutile.	-Absence d'un dispositif qui permet aux techniciens d'arranger leur matériel.	5	4	2	<b>40</b>
Tâche pénible (déplacement de grandes pièces)	-Perte du temps à réaliser la tâche. -Risque de se blesser. -Engagement de plusieurs gens pour faire la tâche demandée.	-pont roulant mono-poutre est souvent en panne.	3	5	3	<b>45</b>
Non-respect des règles du travail et le manque de qualification	-Travailler dans le désordre. -Non-respect de la chronologie de la mise en œuvre. -Perte du temps dans les changements d'outil.	-Absence des fiches rappelant les règles 5S. - Absence d'un mode opératoire qui décrit en détail la mise en œuvre et la chronologie des étapes à suivre pour chaque opération.	4	3	3	<b>36</b>
Mal gestion du matériel	-Perte du temps à chercher le matériel. -Occupation des outils par plusieurs opérateurs.	-Absence d'une fiche d'identification d'outils pour chaque opération.	4	3	3	<b>36</b>
Incertitude du temps alloué	-Incertitude des objectifs fixés par la direction. -Non maîtrise des gaspillages.	-Temps standard mal estimé. -Absence d'un temps standard pour quelques opérations.	5	3	3	<b>45</b>
Méthode de travail	-Perte du temps dans la recherche de plus d'informations dans les plans de détail. -Réexécution de quelques opérations. -Perte du temps pour corriger les erreurs commises par le bureau d'étude.	-l'inattention des responsables du bureau d'étude -manque de la qualité.	4	3	2	<b>24</b>

**Tableau 6:** Analyse des modes de défaillances de l'atelier.

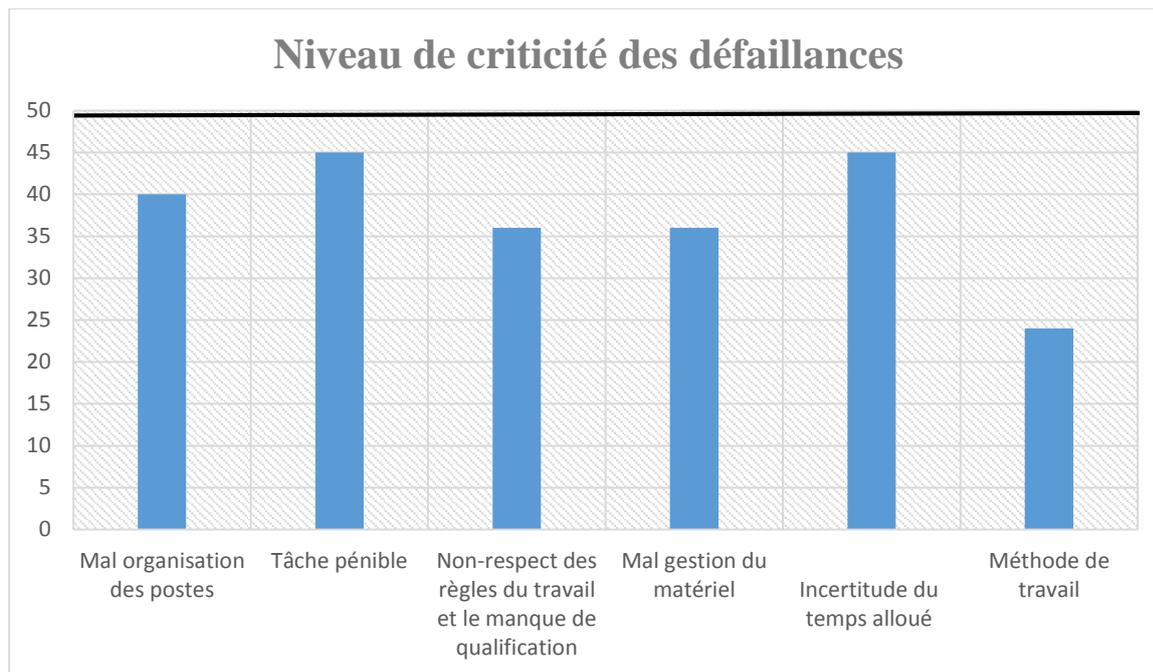


Figure 70: Graphe de criticité des défaillances

Ce graphe présente tous les défaillances trouvées, ils vont être traités selon leurs degrés de criticité et leurs temps de réalisation.

## V. CONCLUSION

Après une analyse AMDEC et avoir élaboré un graphe de criticité de défaillance qui nous a démontré les problèmes selon leur degré de criticité, on peut maintenant passer à l'élaboration du plan d'action tout en respectant la chronologie des interventions qu'on doit programmer afin de corriger les anomalies ayant un effet sur la diminution du rendement.



# CHAPITRE 5

## *Plan d'action*

*Vous trouverez dans cette partie :*

- ✘ *Phase 4 : Innover/ Améliorer ;*
  - *Plan d'action ;*
  - *Classification des actions selon le temps d'exécution ;*



## I. INNOVER/AMELIORER

### 1. Le plan d'action

Les diverses solutions ou options possibles pour résoudre notre problème ont été analysées, comparées et isolées.

Les solutions que j'envisage implanter vont nécessairement entraîner des changements dans l'organisation. Alors que le succès de cette phase finale peut dépendre de plusieurs facteurs, dont on peut citer :

- ✗ La nature des changements impliqués ;
- ✗ Le nombre de personnes impliquées, et leur provenance ;
- ✗ La complexité des changements envisagés.

<b>Action N°1:</b> garder le pont roulant en état de disponibilité;	<b>Avec qui :</b> Service de production;
<b>Mesure de succès :</b> la réduction du mouvement et le confort des techniciens;	<b>Comment :</b> En réalisant une AMDEC et un plan de maintenance préventif.

<b>Action N°2:</b> Correction et standardisation des temps alloué à chaque opération ;	<b>Avec qui :</b> Service de production, Service planification ;
<b>Mesure de succès :</b> La qualité de la mesure et la fiabilité des données ;	<b>Comment :</b> En chronométrant chaque opération à plusieurs reprises.

<b>Action N°3:</b> Conception d'un dispositif ergonomique d'arrangement du matériel poste ;	<b>Avec qui :</b> Service de production ;
<b>Mesure de succès :</b> Facilité d'utilisation et le non encombrement ;	<b>Comment :</b> En identifiant les outils nécessaires dans chaque poste et en respectant les contraintes ergonomiques.



<p><b>Action N°4:</b> Elaborer un mode opératoire ;</p> <p><b>Mesure de succès :</b> La qualité de la mesure et la fiabilité des données ;</p>	<p><b>Avec qui :</b> Service de production ;</p> <p><b>Comment :</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Réaliser et Coller le mode opératoire sur chaque poste de travail ;</li><li>- Faire un suivie pour vérifier la bonne estimation du temps alloué à chaque phase ;</li></ul>
<p><b>Action N°5:</b> Organiser une formation aux techniciens sur les 5'S ;</p> <p><b>Mesure de succès :</b> La qualité de la formation et la participation du personnel ;</p>	<p><b>Avec qui :</b> Service de production;</p> <p><b>Comment :</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Elaborer une fiche de sensibilisation sur les 5S ;</li><li>- Informer le chef d'atelier de faire un suivie sur le degré d'application des 5'S ;</li></ul>
<p><b>Action N°6:</b> Amélioration et organisation des plans de détail et des nomenclatures ;</p> <p><b>Mesure de succès :</b> Le bon enregistrement des défauts ;</p>	<p><b>Avec qui :</b> Service de production, Service de méthode, bureau d'étude ;</p> <p><b>Comment :</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- L'identification des anomalies provenant du service de méthode ;</li><li>- Remonter ces anomalies aux agents du bureau d'étude ;</li></ul>

## 2. Classification des actions selon le temps d'exécution

Pour que le délai soit bien respecté, nous avons opté pour une planification des actions selon leur temps d'exécution même si le degré de criticité de quelques une nécessite une intervention rapide, mais le temps pour qu'elles soient réalisées est un peu long.



Cette classification des actions en court, moyen et long terme va nous servir à l'organisation de déroulements des travaux et optimisant par la suite l'exploitation de l'ensemble des ressources.

	Action 1	Action 2	Action 3	Action 4	Action 5	Action 6
<b>Court terme</b> (2 mois max)			X	X	X	
<b>Moyen terme</b> (4 mois max)		X				X
<b>Long terme</b> (8 mois max)	X					

Tableau 3: Classification des actions selon le temps d'exécution .

## II. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Au niveau de ce projet, j'avais comme objectif visé, l'augmentation du rendement et la diminution des pertes. Le bilan concernant ces objectifs est plus ou moins positif. En effet, l'élaboration du plan d'action n'est qu'un début de la voie d'amélioration.

Les principales perspectives qui apparaissent à l'issue de ce projet concernent l'amélioration du rendement de l'atelier, j'envisage de mettre en œuvre mon plan d'action et de refaire la cartographie du processus « VSM » pour contrôler si les actions effectuées ont contribué d'une manière efficace dans l'amélioration sinon refaire le diagnostic d'une autre façon plus détaillé.



## *CONCLUSION GENERALE*

Un bref récapitulatif de mon projet de fin d'études permet de dresser le bilan du travail effectué pour la Conception d'outillage de presse et l'élaboration d'un plan d'action pour l'amélioration de son processus de fabrication.

En effet, au niveau de la première étape, dans la phase de la conception de l'outil on a modélisé tous ses composants, et déterminé tous les paramètres qui le définissent et qui aident à sa conception avec une coordination entre le cahier des charges client et celui de MMO, enfin avec quelque modification de plus pour optimiser la conception et satisfaire le client, l'outil peut être fabriqué et opérationnel.

Quant à la deuxième étape est celle du suivi de son processus de fabrication, dont il s'agit de discriminer l'essentiel où j'ai fait une analyse et une identification des sources des pertes et des gaspillages.

En ce qui concerne la dernière phase celle d'amélioration, j'ai pu élaborer un plan d'action de telle sorte à améliorer le flux de production, optimiser le potentiel humain et assurer aux opérateurs de bonnes conditions de travail, ce qui va permettre une augmentation immédiate du rendement de l'atelier une fois que ce plan est mis en place.

Mon séjour à MMO m'a permis d'apprendre beaucoup de choses sur le plan professionnel. La confiance et le soutien de mes encadrants, ainsi que ma forte implication et dévouement m'ont poussés à contribuer pleinement au développement du projet. En outre, Il fallait s'intégrer le plus rapidement possible avec le potentiel humain pour pouvoir bénéficier de sa collaboration, ses conseils et sa convivialité.

Durant ces 4 mois de stage, j'ai pu appliquer et développer mon savoir-faire en terme de la conception et surtout en outillage qui était pour moi une toute nouvelle expérience. Ainsi étaler la philosophie du Lean Manufacturing dans le processus de fabrication, chose qui m'a permis d'adopter un nouveau mode de gestion de production bien adapté aux exigences du marché.



Cette période avait été sûrement marquée par quelques contraintes et difficultés, toutefois je reconnais que c'était une expérience très enrichissante et une opportunité à saisir dans la société : MERIEN MAROC OUTILLAGE.



## *BIBLIOGRAPHIE*

- L'outillage de découpage - cambrage Microtech L. ARAGON
- Travail des métaux en feuilles-complément au précis de construction mécanique tome 2
- Formation VISI progress-VERO VISI
- Management de la production : Concepts, méthodes, cas de Pierre Médan et Anne Gratacap
- Gestion de production Auteur(s) : Alain Courtois, Maurice Pillet, Chantal Martin-Bonnefous
- Consortium de recherche FOR@C, Value Stream Mapping, Formation, Université de LAVAL.



## *ANNEXES*





## Annexe 2: Cahier des charges presse

### DIAGRAMME COURSES

	HOF	COURSE	REGLAGE coulisseau	HDB	NB cps/mn
mini	518		0		20
maxi	630		112		60
fixe		130		330	
standard	550	130	80	330	

**HOF 550mm STANDARD A PRIVILEGIER**

**Toujours prévoir des cales pour subvenir aux incidents sur presse (hauteur 50, largeur 80 et distance entre elles 300mm)**

### TABLE ET COULISSEAU

	table	coulisseau	entraxe bras de chargement	distance entre montant coté aménagement coté chargement	
longueur	2150 mm	1800 mm	660 mm		1760mm
largeur	1200 mm	1550 mm		1140 mm	

**Attention partie supérieure longueur outil 1560mm (polyvalence avec 400T ERFURT)**

**POIDS MAXI DE L'OUTIL 3T (chariot élévateur)**

### EVACUATION PIECES ET DECHETS

	EN BOUT DE TABLE	COTE PRESSE	OUVERTURE TABLE
<b>pièces</b>	<b>oui</b>	<b>non</b>	<b>non</b>
<b>déchets</b>	<b>oui</b>	<b>non</b>	<b>oui</b>

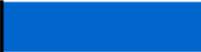
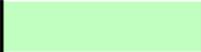
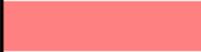
**Evacuation pièces en bout de table à privilégier**

page 2/2

OR	Création		P NOUVELOT	C.BONNET	07/07/2003
Ind	Objet		Auteur	Approbateur	Date
	SNOP 118, Grande rue -BP13 39190 COUSANCE	<b>STANDARD PRESSE AUTOMATIQUE</b>			
<b>MUL03101</b>			<b>MODELE: MULLER 315T</b>		
			<b>TYPE: ARCADE</b>		



### Annexe 3: Code couleur VISI

N° COULEUR VISI	CODE ROUGE	CODE VERT	CODE BLEU	COULEUR	DESIGNATION
0	0	255	255		DFN OU 3D
1	255	255	0		USIN. NON PRECIS
2	0	128	0		A 60
3	128	0	0		E 24
4	192	192	192		110 KG
5	128	128	128		XC 48
6	128	128	0		PROFILE ACIER
7	255	255	255	Blanc	PLAN METHODE
8	0	128	128		STAND. + GOUP.
10	0	255	0		ETIRE
11	255	0	255		FORGE FGL 240
12	0	128	192		VISSERIE
14	192	255	192		JEUX : INSERTS SERRE-FLAN & FOND MOBILE
21	255	128	128		ZONE DECOUPE
27	255	0	0		Z 160
31	96	0	192		TARAUDAGE
33	255	128	0		USIN. PRECIS
36	0	128	255		XC 70
37	255	255	128		AMPCO 21
42	128	255	0		FORGE FGL 215

Annexe 4: Six pack projet

Merien Maroc outillages	Six-Pack Projet	Responsable: DARROUS Yassine
Atelier mécanique		Stagiaire : GAYAL Yazid
Origine de l'action de progrès		Titre du projet
Taux de retard et de gaspillage légèrement élevé		Amélioration du rendement au niveau de l'atelier mécanique
Impact du projet sur le business		Description du problème
L'objectif de Merien Maroc outillage est d'améliorer le rendement ainsi la productivité pour minimiser le coût de fabrication et respecter les délais de livraison.		L'industrie automobile et aéronautique évolue, le marché est de plus en plus exigeant en terme des impérativités du développement durable et les exigences clients, c'est dans cette optique que ce travail a été focalisé, il vise à augmenter le rendement de production en minimisant le coût et le temps de fabrication et en améliorant la qualité du produit.
Objectifs		Périmètre du projet
Mettre en œuvre une démarche Lean Manufacturing et l'implémentation des outils de gestion de production pour augmenter le rendement.		Processus à améliorer : Minimiser la valeur non ajoutée et éliminer le gaspillage. Inclus : Equipe de l'atelier. Exclu : __
Planning		Equipe
avril-mai-juin 2014		DARROUS Yassine AIT BRAHIM OUALI Mohamed GAYAL Yazid FARNADI Mariam Techniciens

## Annexe 5: Charte du projet

Merien Maroc outillage	<b>Charte Projet</b>	Responsable: DARROUS Yassine
Atelier Mécanique		Stagiaire: GAYAL Yazid

**Nom du Projet** Amélioration du rendement au niveau de l'atelier mécanique

Processus/Secteur	Production	Site	Merien Maroc outillage - TANGER
Responsable projet	DARROUS Yassine	N° Projet	1

Date de création de la Charte	Mise à jour du	Date de clôture du Projet
20/04/2015	05/05/2015	17/06/2015

**Comité de pilotage**

Rôle	Secteur	Prénom	Nom	Date Validation
Manager	MMO	Yassine	DARROUS	20/02/2015
Chef d'atelier	Service de production	Younes	RAYAN	20/02/2015
Stagiaire Ingénieur	Génie mécanique	Yazid	GAYAL	20/02/2015

**L'équipe projet**

Rôle	Secteur	Prénom	Nom
Chef de projet (stagiaire)	Production	Yazid	GAYAL
Chef d'atelier	Service de production	Younes	RAYAN
Chef d'équipe de Fabrication	Service de production	Yassine	DARROUS
Techniciens	Service de production	ALL	ALL

**Description du problème et/ou de l'opportunité d'amélioration (du point de vue des clients)**

Pour attester sa crédibilité, et dans le cadre de sa démarche de performance et d'amélioration continue, Merien Maroc outillages doit s'engager à développer une



culture de satisfaction du client, préserver la continuité de production et conserver la qualité du produit en respectant les exigences des clients

***Description du problème et/ou de l'opportunité d'amélioration (du point de vue de l'entreprise)***

Depuis les deux dernières années, l'atelier de fabrication connaît beaucoup de problèmes en termes de rendement et de productivité. L'objectif Merien Maroc outillages est d'améliorer le rendement ainsi la productivité de l'atelier pour minimiser le coût de fabrication et respecter les délais de livraison.

***Objectif du Projet (Niveau actuel / objectif)***

Niveau actuel : Taux du retard et du gaspillage est légèrement élevé  
Objectif : Mettre en œuvre une démarche Lean Manufacturing et l'implémentation des outils de gestion de production pour éliminer tout sorte de perte et de gaspillage

***Périmètre / limites du Projet***

Processus à améliorer : Minimiser la valeur non ajoutée et éliminer le gaspillage.  
Inclus : Equipe de l'atelier  
Exclu : \_\_

***Bénéfices du Projet (hors impact économique) et lien avec la stratégie de l'Entreprise***

Satisfaction client, Réduction des coûts, Diminution des délais, Amélioration Continue, Amélioration de la qualité, Optimisation de la performance et du rendement de la zone.

***Risques principaux***

Délai insuffisant pour perfectionner le projet, Rejet de l'étude par inquiétude sur la remise en cause des compétences, Direction non sensibilisée par la méthode, Manque d'expérience lean-manufacturing.



## Annexe 6: Planification Gantt

ID	Task Name	Start	Finish	Duration	2/2/2015				1/3/2015				1/4/2015				1/5/2015			
					2/2/2015	8/2/2015	15/2/2015	22/2/2015	1/3/2015	8/3/2015	15/3/2015	22/3/2015	29/3/2015	5/4/2015	12/4/2015	19/4/2015	26/4/2015	3/5/2015	10/5/2015	17/5/2015
1	Journée d'accueil	2/2/2015	4/2/2015	3.0 d.																
2	Intégration et documentation	5/2/2015	6/2/2015	2.0 d.																
3	initiation au logiciel et autoformation sur l'outillage	9/2/2015	20/2/2015	10.0 d.																
4	préconception de l'outillage de presse	23/2/2015	10/3/2015	12.0 d.																
5	conception des composants de l'outil	11/3/2015	16/4/2015	27.0 d.																
6	finalisation et choix des ressorts et éléments standards	17/4/2015	28/4/2015	8.0 d.																
7	suivi de la fabrication dans l'atelier	29/4/2015	1/5/2015	3.0 d.																
8	présentation de la problématique	4/5/2015	8/5/2015	5.0 d.																
9	réalisation du VSM (collecte des info)	8/5/2015	13/5/2015	4.0 d.																
10	analyse du VSM	14/5/2015	22/5/2015	7.0 d.																
11	elaboration du plan d'action	22/5/2015	28/5/2015	5.0 d.																
12	présentation du projet au responsable	29/5/2015	29/5/2015	1.0 d.																

## Annexe 7: Analyse des risques

Merien Maroc outillages	Analyse des risques					Responsable: DARROUS Yassine
Atelier mécanique						Stagiaire: GAYAL Yazid
Type	Risque	Impact sur	F	G	C	Alternative
<b>Technique études</b>	Manque d'expérience sur le Lean management	La pertinence de l'étude	2	3	6	Faire une autoformation sur le Lean Manufacturing
<b>Technique réalisation</b>	Délais insuffisant pour la réalisation du projet	L'efficacité et l'impact de l'étude	3	4	12	Se focaliser sur l'essentiel de la méthode
<b>Technique mise en œuvre</b>	Incohérence avec les procédures existantes	L'intégration au processus	1	3	3	S'adapter avec l'environnement existant
	Manque de communication interne	Le bon déroulement de l'étude	2	3	6	Convenir à des rencontres fréquentes avec toute entité concernée par le projet
<b>Organisationnel</b>	Absence de coordination entre les équipes concernées	La pertinence et l'efficacité de la démarche	3	3	9	Définir les responsabilités de chacun et renforcer le travail en équipe
<b>Humain et social</b>	Manque d'intérêt sur le projet	La motivation du personnel	3	3	9	Montrer et expliquer l'intérêt et les bénéfices de la méthode
	Rejet de l'étude par inquiétude sur la remise en cause des compétences	L'implication des intervenants concernés	4	3	12	Assumer les responsabilités, éviter l'accusation directe d'un employé. Dégager les causes au lieu de juger chacun
<b>Sécurité</b>	Modification inadéquate ou Mauvais changement de méthodes	Le respect du délai de livraison	2	4	8	Etudier les suggestions d'amélioration avec la présence et l'approbation de toutes les parties impliquées



<b>Environnement</b>	Altérer l'environnement de l'entreprise à cause d'une intervention	L'environnement naturel	1	3	3	Avoir à l'esprit l'aspect environnemental dans toute action critique
<b>Economique</b>	Manque de moyens de financement pour ce projet	La motivation des hommes	4	3	12	Donner plus d'intérêt financier et récompenser les efforts de chacun.
<b>Politique</b>	Direction non sensibilisée par cette méthode	L'ensemble de la démarche	3	4	12	Convaincre la direction générale de l'intérêt de ce type de démarches