



PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du

Diplôme d'Ingénieur d'Etat

Spécialité : **C**onception **M**écanique et **I**nnovation

**Conception du poinçon du moule CN30, et des moules
SN10, DALLE ALVEOLE**

Soutenu le 25 juin 2013

Par :

Mr. Gouiouez Mourad

Jury :

- Pr. Mr **A. SEDDOUKI** (FSTF)
- Pr. Mme **I. MOUTAWAKKIL** (FSTF)
- Pr. Mr **EL HAKIMI** (FSTF)
- Ing. Mr **OUARRIMCHI** (SEDRIC)
-

Encadrée par :

- Pr. Mr **A. SEDDOUKI** (FSTF)
- Ing. Mr **OUARRIMCHI** (SEDRIC)

Année universitaire : 2012-2013

Dédicaces

A mes parents

Je dédie mon travail à mes parents les deux personnes qui me sont les plus chères dans ce monde, qui m'ont donné la vie, le courage, et le soutien. Et qui ont enduré pour me voir la où je suis. Que dieu le tout puissant vous préserve et vous procure santé et longue vie.

A mes sœurs

Les mots ne sauraient pas exprimés mes sentiments et ma gratitude envers mes sœurs : Salma, Zineb, Ghita et Hiba. Ma source d'amour, confiance, soutien et de serviabilité. Que ce travail soit pour vous l'expression de ma gratitude.

Je dédie également ce travail à toute ma famille, mes amis et enfin à tous ceux qui ont contribué de prêt ou de loin à la réalisation de ce travail.

Remerciements

Au terme de mon projet de fin d'études, j'exprime ma profonde gratitude à Monsieur M. zouak, Doyen de la FST Fès et à tout le corps administratif et professoral pour leurs efforts considérables.

Je remercie chaleureusement M. A. SEDDOUKI professeur à la FST Fès et mon encadrant, pour son soutien et ses conseils judicieux qui m'ont été très utiles, ainsi les moyens qu'il a mis à ma disposition pour la réussite de mon projet de fin d'études.

Mes remerciements vont également à M. abdellah Elbarkany professeur et responsable de la filière conception mécanique et innovation à la FST Fès pour son encadrement pédagogique, ainsi que pour l'intérêt avec lequel il a suivi la progression de notre travail, pour ses conseils efficaces, ses judicieuses directives et pour les moyens qu'il a mis à notre disposition pour la réussite de ce travail tout au long de notre période de projet.

Je présente mes vifs remerciements et ma profonde gratitude à mon parrain industriel Mr. Ouarrimchi, pour m'avoir donné l'opportunité de passer ce stage dans les meilleures conditions de professionnalisme, matérielles et morales, et pour ses directives et conduites dont il m'avait prodiguées à chaque fois qu'il était sollicité.

Enfin je remercie l'ensemble du personnel de SEDRIC MAROC pour leur accueil et leur amabilité.

Merci !

Résumé

L'objectif de ce projet de fin d'études est l'amélioration de la conception du moule CN30 pour la presse à friction 350t, afin d'assurer la disponibilité des moyens de production, ainsi améliorer la cadence de production. Et pour atteindre ces objectifs j'ai adopté la démarche suivante :

Une analyse de l'existant : en utilisant le processus créatif de résolution de problèmes, qui me permet de bien définir le problème et rechercher toutes les données concernant le moule.

Une étude technique : dans cette étape on va faire une analyse fonctionnelle afin de définir le cahier des charges fonctionnelles, puis le choix du matériau convenable pour la conception, le calcul de structure avec le logiciel Abaqus, et élaborer toutes les spécifications fonctionnelles du moule. Finalement établir la gamme d'usinage du poinçon puisque le bureau de méthodes est en cours de construction.

Présentation des tâches effectuées à l'établissement d'accueil : la conception et la mise en plan des briques à partir du croquis fournis par le client, en précisant leur volume. La conception des moules SN10, DALLE ALVEOLE et autre ...

Abstract

The objective of this project graduation is to improve the design of the CN30 mold for friction press 350t, to ensure the availability of means of production, and improve the production rate.

And to achieve these goals I have adopted the following approach:

An analysis of the current situation: using the creative process of problem solving, this allows me to define the problem and find all the information about the mold.

A technical study: In this step we will do a functional analysis to define the functional specifications, and the choice of suitable material for designing, and structure calculation with the Abaqus software. And develop all the functional specifications of the mold. Finally establish the machining of the punch since the office methods is under construction.

Presentation of the work performed at the host institution: design and drawing bricks from sketches provided by the client, specifying the volume. Design of SN10 mold, DALLE ALVEOLE and other...

ملخص

الهدف من هذا المشروع للتخرج هو تحسين تصميم القالب CN30 للضاغطة بالاحتكاك 350 طن. لضمان توفر وسائل الإنتاج، وتحسين معدل الإنتاج. ولتحقيق هذه الأهداف لقد اعتمدت النهج التالي:

تحليل الحالة الراهنة: باستخدام العملية الإبداعية في حل المشاكل، التي تتيح لي الفرصة لتحديد المشكلة، والعثور على جميع المعلومات حول القالب. دراسة تقنية للمشروع: في هذه الخطوة سوف نقوم بتحليل وظيفي لتحديد دفتر التحملات الذي يتناسب مع احتياجاتنا واختيار المادة المناسبة للتصميم، وحساب الهيكل مع ABAQUS، وتحديد كافة المواصفات التقنية للقالب. وأخيرا تحديد سلسلة القطع للضاغطة، بما أن مكتب الطرق ليس جاهزا بعد.

عرض للأعمال المنجزة في المؤسسة المضيفة: تصميم ورسم الطوب بناء على الرسومات التي يقدمها العملاء، مع تحديد حجم الطوب. تصميم قوالب SN10, DALLE ALVEOLE وغيرها ...

Liste des figures

Figure 1.1 : l'ensemble des presses à friction	12
Figure 1.2: l'organigramme de SEDRIC	13
Figure 1.3: les briques à l'étape de l'emballage	14
Figure 1.4: le séchage des briques	15
Figure 1.5: la cuisson des briques	15
Figure 1.6: les étapes de fabrication des produits réfractaires	16
Figure 2.1 : moule pour la presse 350 T	18
Figure 2.2 : Presse à friction T	19
Figure 2.3 : diagramme Ishikawa	20
Figure 2.4 : vue de face du poinçon cassé du moule CN30	21
Figure 2.5 : vue de dessus du poinçon cassé du moule CN30.....	21
Figure 2.6 : vue des deux surfaces de la rupture du poinçon du moule CN30.....	21
Figure 2.7 : amorçage sur défaut entouré avec le cercle	22
Figure 2.8 : la déformation en fonction de la contrainte (rupture fragile)	22
Figure 2.9 : la déformation en fonction de la contrainte (rupture ductile)	22
Figure 3.1 présentations des fonctions d'adaptation	35
Figure 3.2 présentations des fonctions d'interaction	36
Figure 3.3 ordonnancement des fonctions selon l'arbre fonctionnel	38
Figure 3.4 : cycle de chargement appliqué sur le poinçon inférieur.....	43
Figure 3.5 : Famille de courbe de fatigue pour différentes valeurs du facteur d'ondulation R et de la contrainte moyenne	43
Figure 3.6 : carte du logiciel CES représentant la ténacité en fonction de la densité.....	45
Figure 3.7 : carte du logiciel CES représentant le module de Young en fonction de la densité	45
Figure 3.8 : carte du logiciel CES représentant le classement des matériaux selon leur dureté.....	47
Figure 3.9 : carte du logiciel CES représentant le classement des matériaux selon leur prix	47
Figure 3.10: tableau du logiciel CES dans le module de sélection par encadrement.....	48
Figure 3.11: le module de sélection (arbre) du logiciel CES	49
Figure 3.12 : Diagramme d'équilibre des aciers au carbone.....	52
Figure 3.13 : structure cristalline de la maille cubique à faces centrées	53
Figure 3.14 : les sites interstitiels de la maille cubique à faces centrées	54
Figure 3.15 : diagramme de l'austénite en conditions isothermes	55
Figure 3.16 : l'évolution de la dureté selon les temps de refroidissement	55
Figure 3.17 : vue de face du poinçon du moule CN30	57
Figure 3.18 : fenêtre d'ABAQUS pour l'affectation de la section	59
Figure 3.19 : fenêtre d'ABAQUS pour la création d'un assemblage	59
Figure 3.20 : présentation des contraintes et des conditions aux limites appliquées sur le poinçon avec ABAQUS.....	60
Figure 3.21 : le maillage du poinçon sous le module (MESH)	60
Figure 3.22 : visualisation de l'état non déformé avec le module (visualisation)	61
Figure 3.23 : visualisation de l'état déformé avec le module (visualisation)	61
Figure 3.24 : visualisation des déplacements du à la contrainte appliqué au poinçon	62
Figure 3.25 : visualisation des concentrations des contraintes sur le poinçon	62
Figure 3.26 : visualisation de la déformation plastique effective	63
Figure 3.27 : graphe du mécanisme.....	64
Figure 3.28 : schéma cinématique d'une liaison glissière.....	64
Figure 3.29 : gamme de tolérances selon arbre ou alésage.	65
Figure 3.30 : la cage correspondant à la presse à friction 350 T	73
Figure 3.31 : le montage du moule sur la cage	74

Liste des tableaux

Tableau 2.1 : méthode des touches Tableau	23
Tableau 2.2 : composition chimique de l'acier XC48	24
Tableau 2.3 : propriétés mécanique du matériau existant	25
Tableau 2.4 : l'analyse comparé par paire des idées	29
Tableau 2.5 : la planification des tâches à effectuer durant la période de stage	31
Tableau 3.1 : le cahier des charges fonctionnelles correspondant au moule	40
Tableau 3.2 : choix du matériau avec la méthode d'Ashby.....	41
Tableau 3.3 : choix du coefficient de sécurité pour la charge appliqué	42
Tableau 3.4 : composition chimique de l'acier faiblement allié AISI 4340	50
Tableau 3.5 : propriétés mécanique de l'acier faiblement allié AISI 4340	50
Tableau 3.6 : table du choix de l'ajustement selon l'usage	67
Tableau 3.7 : choix de l'écart de l'alésage selon l'ajustement choisit	67
Tableau 3.8 : choix de l'écart de l'arbre selon l'ajustement choisit	68
Tableau 3.9 : choix du fini de surface selon la fonction et les conditions	69
Tableau 3.10 : choix du procédé de l'élaboration de l'état de surface	70
Tableau 3.11 : choix des tolérances géométriques	72
Tableau 4 : Comparaison des matériaux du poinçon	78

Sommaire

Introduction générale	10
Chapitre 1 : présentation de SEDRIC MAROC	11
1- Historique	12
2- Familles des produits fabriqués	14
3- Processus de fabrication	15
4- Conclusion	16
Chapitre 2 : analyse de l'existant	17
Introduction	18
1- Définition du problème	18
1.1- Précision du flou	18
1.2- Recherche des données.....	24
1.3- Enoncé du problème	27
2- La recherche d'idées.....	28
3- La mise en application	30
4- Conclusion	32
Chapitre 3 : amélioration de la conception du moule CN30	33
Introduction	34
1- La méthode d'innovation en entreprise	34
1.1- Analyse fonctionnelle du moule	34
1.2.1- 1ère étape : rechercher les fonctions	34
1.2.2- 2ème étape: ordonner les fonctions	37
1.2.3- 3ème étape: Hiérarchisation des fonctions	39
1.2- Le cahier des charges fonctionnel	40
2- Choix du matériau pour la conception	41
2.1- Sélection par les propriétés (filtration).....	41
2.2- Indices de performance (classification)	41
2.3- La sélection avec les cartes du logiciel CES	45
2.4- Sélection par encadrement	48
2.5- Sélection par arborescence	48
2.6- Traitement thermique des aciers faiblement alliés	52
2.7- L'austénitisation.....	52
2.8- La trempe	54
2.9- Le revenu	55
2.10- Conclusion	56

Calcul de la structure avec le logiciel ABAQUS.....	57
3.1- Définition de la géométrie du poinçon.....	58
3.2- Définition des propriétés du matériau	58
3.3- affecter les propriétés de la section	58
3.4- Création d'un assemblage	59
3.5- Création d'un Set.....	59
3.6- Application des conditions aux limites et du chargement	60
3.7- Le Maillage du poinçon	60
3.8- Création et lancement du calcul	61
3.9- Conclusion	63
3- Spécifications fonctionnelles du moule	64
4.1- Etude cinématique	64
4.2- Système ISO des tolérances	65
4.3- Ajustements	66
4.4- Etat de surface	69
4.5- Procédés d'élaboration de l'état de surface	72
4.6- Calcul des tolérances géométriques	71
4.7- Le montage de l'empreinte du moule sur la cage	73
4.8- Conclusion	74
4- le dessin de définition du poinçon du moule CN30 avec SOLIDWORKS.....	75
5- Gamme d'usinage du poinçon du moule CN30	76
1- Gamme d'usinage du poinçon supérieur	76
6- Présentations des différentes tâches effectuées à la société	77
7.1- Conception du moule DALLE ALVEOLE	77
7.2- Conception du moule SN10	77
7.3- Conception des briques	77
Conclusion et perspectives	78
Bibliographie et webographie	79
Annexes	80

Introduction générale

Vu la compétitivité acharnée que connaît le milieu industriel, l'entreprise se trouve aujourd'hui dans l'obligation d'améliorer sa performance industrielle. Afin d'atteindre ce but elle doit agir sur la capacité des moyens de production pour garantir le suivi de la montée en cadence, supprimer les opérations sans valeur ajoutée, réduire les dysfonctionnements, éviter les gaspillages et assurer la continuité et la permanence du consommable.

C'est dans ce contexte que s'inscrit ce projet de fin d'études, dont l'objectif est d'améliorer la conception du moule et éliminer les problèmes qui s'opposent au bon fonctionnement de ce dernier. Afin d'assurer la disponibilité des moyens de production.

Le présent rapport explicite la démarche adoptée afin de répondre à l'objectif de ce sujet. Il est structuré en 3 chapitres :

- Le premier chapitre présente l'établissement d'accueil et le contexte du sujet.
- Le deuxième chapitre vise à analyser l'état actuel du moule, et chercher toutes les informations concernant le moule et trouver la source du problème en utilisant le processus créatif de résolution de problème.
- Le troisième chapitre sera consacré à une analyse fonctionnelle, afin de générer le cahier des charges fonctionnel, et d'avoir les fonctions importantes du moule, puis faire un choix convenable du matériau, ensuite faire un calcul par éléments finis, et établir toutes les spécifications fonctionnelles du moule pour assurer son bon fonctionnement. On va présenter aussi le dessin de définition du poinçon avec le logiciel Solidworks. J'ai établi la gamme d'usinage du poinçon du moule CN30, puisque le bureau de méthodes est encore en cours de construction, j'ai jugé que l'atelier de fabrication a besoin de la gamme d'usinage. Et finalement une présentation des différentes tâches effectuées au sein de la société.

Chapitre 1

Présentation de SEDRIC MAROC

- 1- Historique
- 2- Familles des produits fabriqués
- 3- Processus de fabrication
- 4- Conclusion

I. Historique :

SEDRIC, Société d'Etude et Développement et de Représentations Industriels et Commerciales, est le leader sur le marché marocain de la fourniture des produits et solutions pour le réfractaire, l'isolation et l'étanchéité. Créée en 1985, basée à Casablanca capitalisée plus de 20 ans d'expérience dans son domaine. Dispose de plus de **20 000 m²** d'entrepôts répartis sur 2 sites stratégiquement situés dans les Zones Industrielles de **Aïn Sebâa** et de **Had Soualem**.

1. Les activités :

La principale activité consiste en l'importation et en la fabrication de produits réfractaires, isolants, de solutions d'étanchéité industrielle et d'accessoires de mise en œuvre de ces produits.



Figure 1.1 : l'ensemble des presses à friction

Elle

ie

gamme
- De
matières
premières, de

matériaux réfractaires et isolants de -200 °C à $+2000\text{ °C}$, de produits d'étanchéité.

- D'équipement et accessoires nécessaires pour les travaux de fumisterie, d'étanchéité, de calorifugeage et d'isolation.
- De solutions :
 - D'isolation et d'étanchéité des bâtiments (agricoles, industriels, tertiaires, hôtels,...).
 - De revêtement des sols industriels.
 - De revêtements antiacides.
 - D'études de plans d'exécution dans le réfractaire et l'isolation, soit localement, soit en association avec nos partenaires étrangers.

Elle dispose également d'une offre de produits développés et fabriqués "sur mesure" par leurs soins (briques, bétons, coulis, joints d'étanchéité...).

2. Fiche technique :

raison Sociale	SEDRIC
statut Juridique	Société Anonyme
secteur d'activité	Produits et solutions pour applications réfractaires, l'étanchéité et l'isolation industrielle et du bâtiment
effectif	Entre 70 et 100 agents dont 30 cadres
emplacement	Casablanca et Had Soualem
adresse	Sis à Rue 2, N°24 – Résidence El Mouahidine – Bd La Grande Ceinture 20350 Casablanca
tél.	0522 66 46 28
fax.	0522 66 46 33
chiffre d'affaire (HT)	38.000.000, 00 Dhs

3. Organigramme de SEDRIC :

Actuellement **SEDRIC** emploie 70 à 100 personnes, dont 30 cadres, lui assurant un taux d'encadrement très supérieur à la moyenne. Ceux-ci disposent pour la plupart d'une longue expérience dans leurs domaines respectifs.

Il est à noter que la grande majorité de ses collaborateurs dispose d'un niveau de formation supérieur. De plus, la société investit régulièrement et sélectivement dans la formation et dans les systèmes d'informations

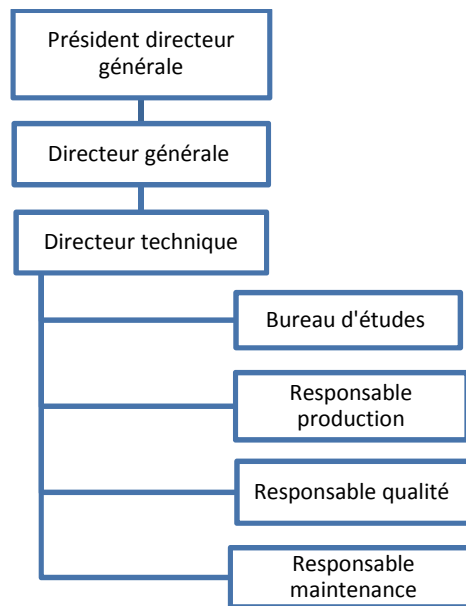


Figure 1.2: l'organigramme de SEDRIC

II. Familles des produits fabriqués :



1. Produits réfractaires :

1.1. Briques réfractaires :

- Les briques réfractaires à hautes teneurs en alumine, silico-alumineuses et argileuses.
- Les briques et dalles isolantes.
- Les briques et briquettes décoratives pour cheminées et parements.
- Les briques et carreaux antiacides.

2. Matériaux d'isolation et de calorifugeage :

- 2.1. Produit de laine de roche.
- 2.2. Produit de laine de verre.
- 2.3. Isolent fibreux céramique.

3. Articles d'étanchéité :

- En feuilles de joints en matière chrysolite de différentes épaisseurs.

- En cartons et papiers multifibres sans amiante.
- En papiers à joints.
- En feutres et feutrines.
- En joints trous d'hommes.
- En bobines de fils de fibres chrysolite.

III. Processus de fabrication :

Les produits réfractaires, sont fabriqués selon des méthodes traditionnelles avec l'apport de la technologie moderne et de matériels techniquement à la pointe. Ainsi la société adopte le processus de fabrication suivant :

1. Stockage des Matières Premières "brutes"
2. Préparation des Mélanges spécifiques
3. Façonnage
 - a. Voie sèche :
4. Séchage
5. Cuisson (sauf produits crus)
6. Tris et Contrôles des Produits Finis et mise en stocks

Figure 1.4: l'étape de séchage des briques



Figure 1.5: l'étape de cuisson des briques

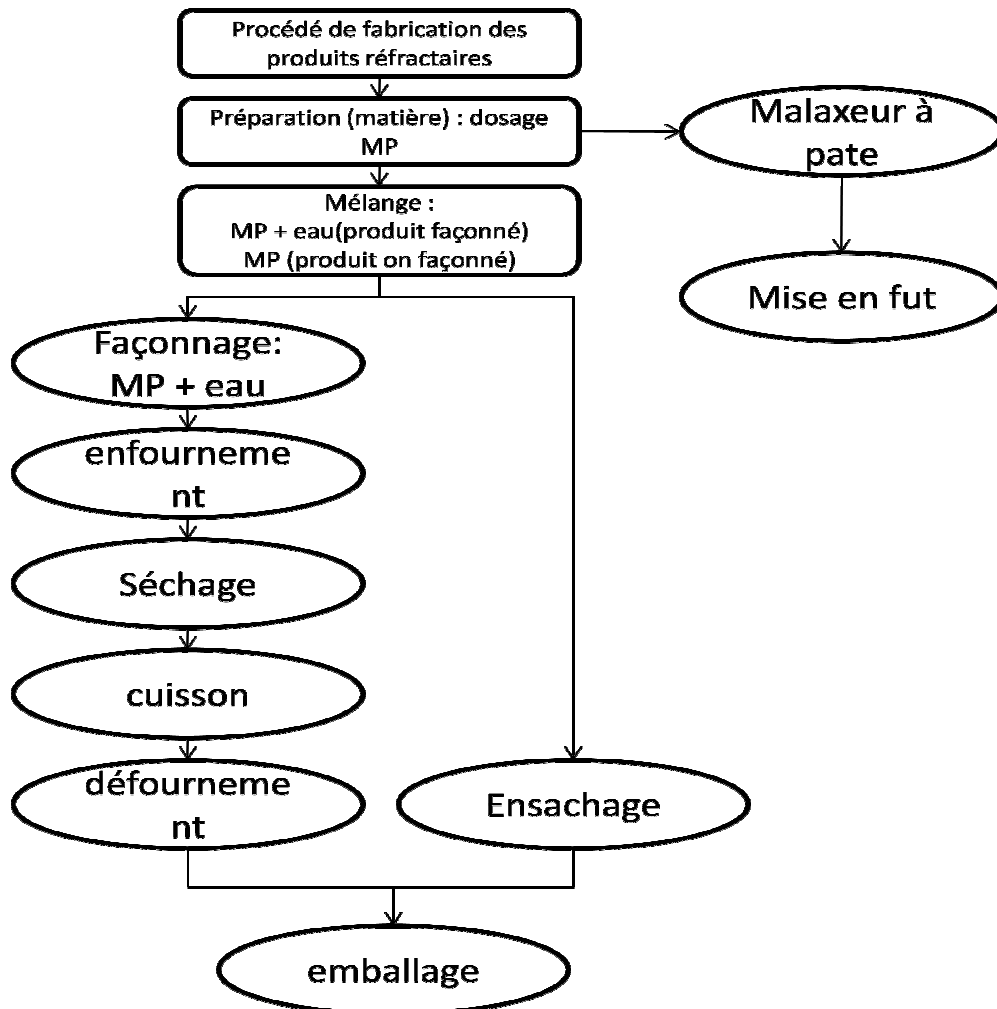


Interviennent dans ce processus, les services suivants :

- Le Laboratoire interne qui permet les contrôles aux différents stades de la fabrication
- L'Atelier qui assure la maintenance du parc matériel et la confection des " moules " pour les presses
- Le service Manutention qui fournit le matériel roulant nécessaire à chaque transfert.

- Schéma du procédé de fabrication des produits réfractaires :

Voilà ainsi le schéma de fabrication des briques réfractaires pour la voie sèche.



Conclusic Figure 1.6: les étapes de fabrication des produits réfractaires

Dans ce chapitre j'ai donné une brève présentation de l'entreprise et du processus de fabrication des briques réfractaires, et dans le prochain chapitre on va faire une analyse de l'état actuel du moule, pour bien définir le problème.

Chapitre 2

Analyse de l'existant

- 1- Définition du problème
- 2- La recherche d'idées
- 3- La mise en application
- 4- Conclusion

Processus Créatif de Résolution de problème

Modèle D'ISAKSEN & TREFFINGER

Introduction :

Le problème rencontré c'est le poinçon inférieur du moule CN30 qui s'est cassé brutalement après une courte durée d'usage. On doit définir le problème et proposer des solutions efficaces. En développant les différentes composantes du PCR.

1ère composante : définition du problème

1.1. Etape 1: Précision du flou

Cette composante nous aide à obtenir une compréhension claire du problème à résoudre. Afin d'éviter de travailler sur un problème mal défini, ainsi l'objectif de cette composante est de réaliser une bonne préparation, un bon énoncé du problème.

La divergence :

Trouver d'où vient le problème.

Le principe de cette méthode consiste à poser des questions au personnel (enquête) pour trouver toutes les informations nécessaires.

Comment fonctionne la presse ?

- La presse fonctionne en mettant une quantité de la matière constituant la brique (matière en poudre) à l'intérieur de l'empreinte du moule, puis on applique la compression par l'intermédiaire du poinçon supérieur avec une force verticale de 3500 KN, et on démoule la brique avec la rehausse inférieure, Avec un vérin pneumatique.

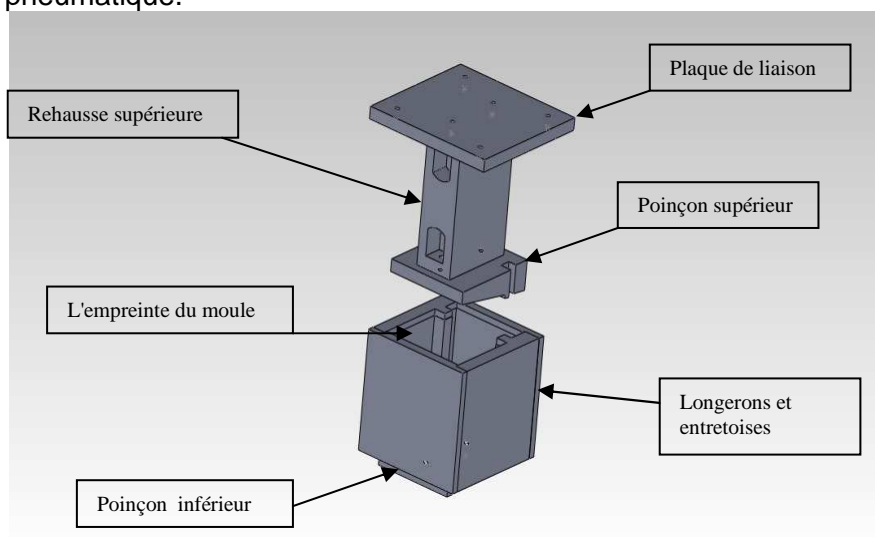


Figure 2.1 : moule pour la presse 350 T

- Le poinçon inférieur et le poinçon supérieur font un mouvement vertical pour soit la compression, soit le dégagement de la brique.

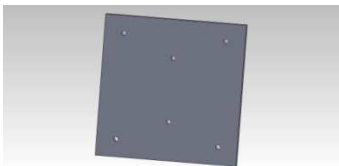
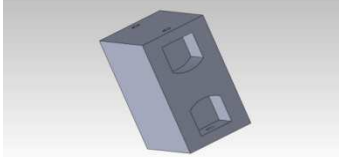
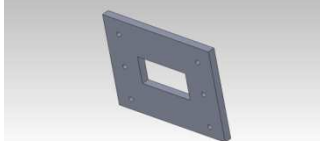
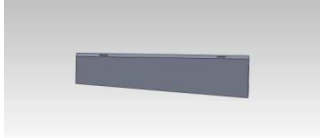
- Les longerons et les entretoises et la cage forment l'empreinte du moule, fixé sur la cage de la presse.



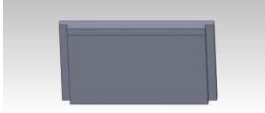
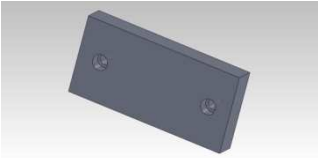


Figure 2.2 : Presse à friction 350

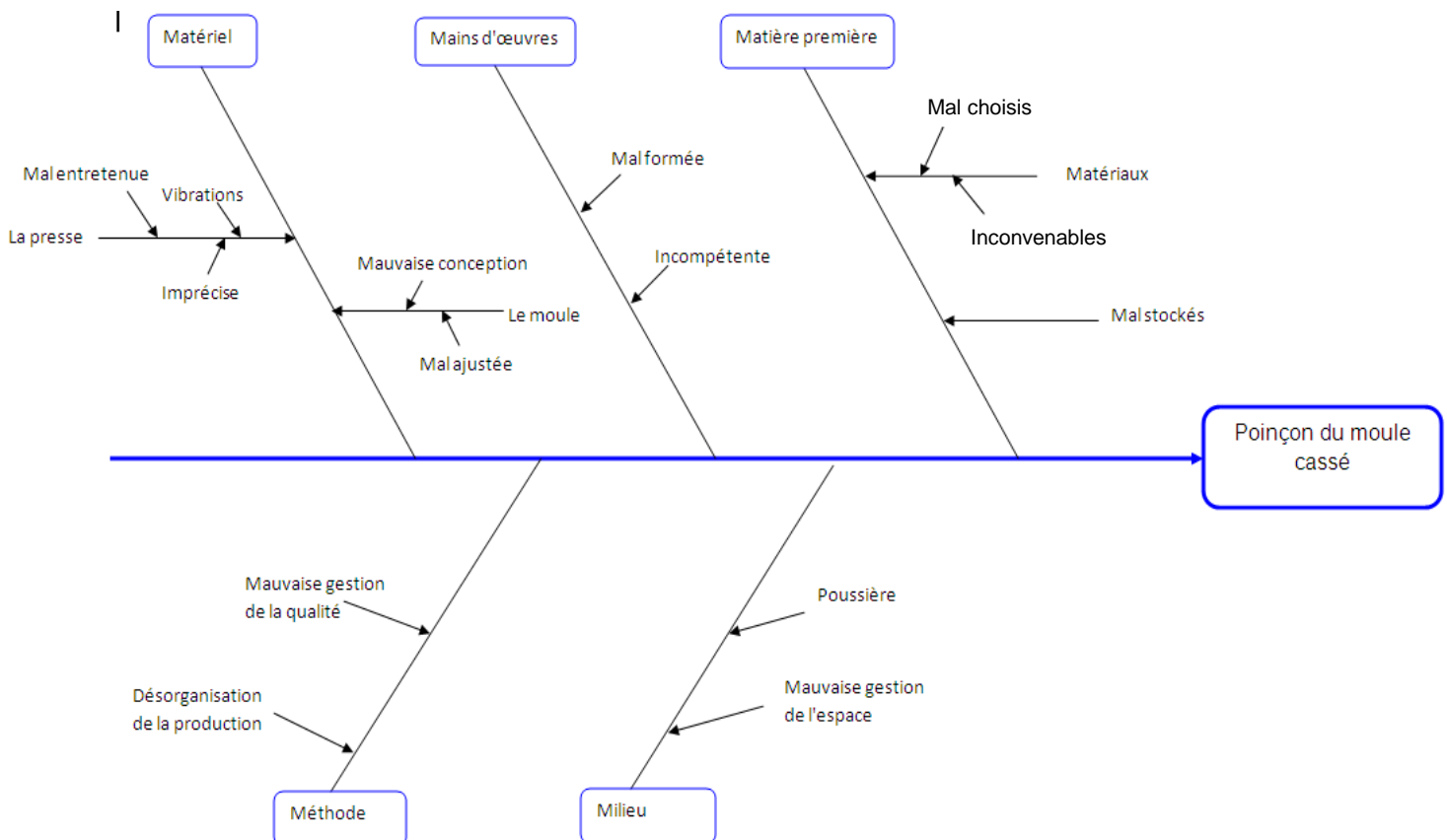
Comment est faite la conception du moule CN30?

Le moule est démontable et se compose de 10 composantes, la raison de le fabriquer en plusieurs parties démontables est pour réparer les usures et rectifier la surface du moule facilement, puisqu'on fabrique des grandes séries, et la matière constituant la brique est une poudre granuleuse, qui va être compressée.

<p>- Plaque de liaison</p>	
<p>- Rehausse supérieure</p>	
<p>- Plaque supérieure moule</p>	
<p>- Poinçon supérieur</p>	

- Poinçon inférieur	
- Entretoises avant et arrière	
- Longeron gauche et droit	
- Rehausse inférieure	

Quelles sont les causes de la rupture du poinçon (Diagramme "causes-effet")



Quelle est le type de la rupture du Poinçon ?

Généralement il existe 2 types de ruptures : fragile et ductile.

La rupture fragile, au contraire de celle ductile, est caractérisée par l'absence de déformation plastique macroscopique, et donc par la propagation très rapide des fissures avec faible consommation d'énergie. Dans le cas d'un cristal, la rupture est bien nette, elle suit des plans cristallographiques, on parle de rupture par clivage.



Figure 2.4 : vue de faces du poinçon cassé du moule CN30



Figure 2.5 : vue de dessus du poinçon cassé du moule CN30

Les ruptures brutales dont il s'agit peuvent être classées en deux catégories :

- Les ruptures fragiles liées à l'absence de ductilité du matériau sollicité sous une certaine température (Température de paroi minimum admissible) comme les aciers doux.
- Les ruptures ductiles sans prévenir, c'est-à-dire à très faible déformation plastique.

Le mode de rupture de type fragile peut survenir quand les sollicitations ont lieu dans les circonstances suivantes :

- basse température relative ;
- grandes vitesses d'application de la charge (choc) ;
- fatigue (durée importante ou exceptionnelle d'utilisation de la pièce mécanique) ;
- défauts préexistants ou créés en service (le critère de Griffith permet alors d'estimer la contrainte à la rupture) ;

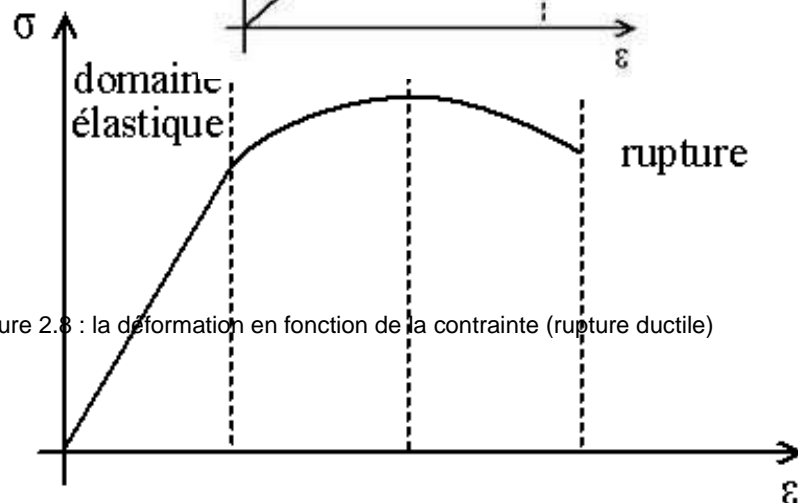
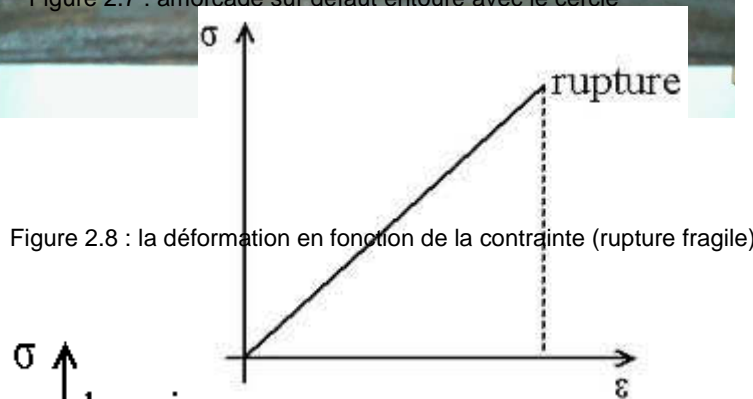
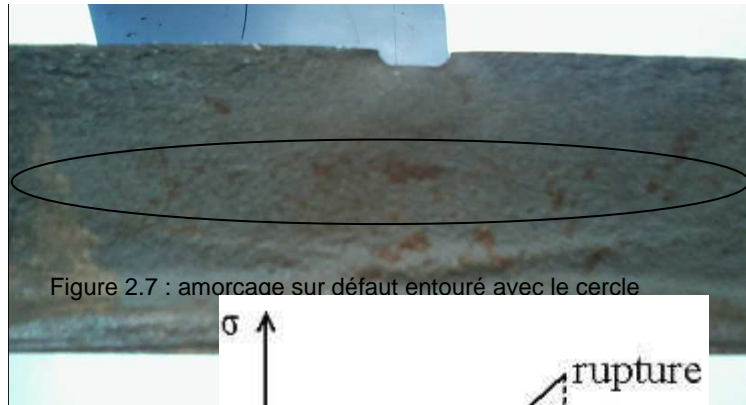


Figure 2.6: vue des deux surfaces de la rupture du poinçon du moule CN30

En raisonnant comme suit, la presse fonctionne dans une température normale généralement entre 5° et 30° donc la condition de basse température est éliminé, la faible vitesse de l'application de la charge est faible donc on peut éliminer cette cause, il reste à vérifier maintenant la cause de la fatigue et des défauts préexistants.

Une rupture fragile a les caractéristiques suivantes :

- surface de rupture : souvent plate et lisse
- amorçage sur un défaut (ou une fissure de fatigue, partie entourée avec le cercle en rouge)
- endommagement par microfissuration



Quelles sont
probables de
brutale du
autre que la

les causes
la rupture
matériau
fatigue?

1. Mauvaise conception
2. mauvais montage du moule
3. les dimensions de la gamme d'usinage du poinçon ne sont pas respectées
4. la ténacité est mal définie
5. la résilience
6. dureté insuffisante
7. limite d'endurance mal définie
8. jeu insuffisant entre le poinçon et l'empreinte du moule.
9. Mauvais calcul RDM
10. Mauvais choix du matériau
11. Basse température d'utilisation
12. Le nombre de cycle de chargement important
13. La longueur maximale d'une fissure existante dépasse la longueur critique

14. Vitesse élevée de l'application de la force.

La convergence :

La convergence permet d'ordonner et de résumer les idées qu'on a pu trouver dans l'étape de divergence, ainsi en utilisant la méthode des touches on obtient le tableau suivant.

Méthode des touches :

Le moule	la rupture	La presse
<ul style="list-style-type: none"> - Mauvaise conception - Mauvais choix du matériau - le moule est fabriqué sans gamme d'usinage - les dimensions du poinçon ne sont pas respectées - jeu insuffisant entre le poinçon et les longerons. - Mauvais calcul de structure 	<ul style="list-style-type: none"> - rupture fragile surface de rupture : plate et lisse -amorçage sur un défaut (ou une fissure de fatigue, partie entourée avec le cercle en noir figure 2.6) -endommagement par microfissuration -fatigue 	<ul style="list-style-type: none"> - La presse ne cause pas assez de problème puisque c'est une machine qu'on vient d'installer

Tableau 2.1 : méthode des touches

1.2. Etape 2 : recherche des données*La divergence :***La méthode des QQQCP :****Qui :**

- moi
- l'opérateur qui travaille sur la machine
- l'opérateur de l'atelier de fabrication des moules
- le directeur technique

Informations :

- Le matériau utilisé est l'acier XC48
- Des usures apparaissent après un certain nombre de cycle de chargement
- Des problèmes au niveau du montage du moule ce qui cause des usures.

Observations :

- Il y a des problèmes au niveau de la conception du moule actuel.

Quand :

- Au cours de la production, le poinçon s'est cassé brutalement.
- Il y a 6 mois

Quoi :

- Le moule pour la brique CN10, CN30

- Le poinçon du moule CN10, CN30
- La presse à friction 350 t

Informations :

- Les dimensions du poinçon : 220 X 110 X 35 mm
- Le matériau utilisé : - Acier XC48 et le Z160
- La contrainte appliquée : une force répartie de 3500 KN sur la surface du poinçon.
- La presse utilisé : Friction brick press 350 T (fournisseur : Luoyang METAL Forming machine)

Composition chimique du matériau en %

C	S	MN	P	Si
0.52-0.50	≤ 0,035	0,50 - 0,80	≤ 0,035	0,40 maxi

Tableau 2.2 : composition chimique de l'acier XC48

Propriétés

Acier carbone à teneur plus élevée que pour les aciers C35 et C40, utilisée en mécanique générale de part sa bonne usinabilité et ses caractéristiques mécaniques. Apte aux traitements thermiques : ex. à 820 - 860°C

Matériaux	Limite d'élasticité Re en MPa	Contrainte à la traction Rm en MPa	Dureté HB	Limite d'endurance en MPa
XC48	275/340	560/620	62	200

Tableau 2.3 : propriétés mécanique du matériau existant

Domaines d'application

Pièces soumises aux chocs et nécessitant une bonne résistance : axes, engrenages...

- Les moules sont importés de l'Italie avec un prix très élevé
- Ils se sont cassés après un nombre de cycles de chargement très limité de 3990 cycle.
- 6 poinçons se sont cassés de la même manière

Observations :

- On a plusieurs poinçon cassés, donc ce n'est pas un problème au niveau du fonctionnement de la machine c'est donc un problème de base au niveau de la conception du moule (mauvais calcul de structure, mauvais choix de matériau...)

Comment :

- Une rupture brutale
- Le moule n'a pas atteint le nombre de cycles voulu qui est 10⁶cycles

Pourquoi :

- Le non respect des spécifications fonctionnelles.
- Les performances du matériau utilisé ne sont pas convenables.
- montage avec un jeu insuffisant.

La convergence :

La convergence permet d'ordonner et de résumer les idées qu'on a pu trouver dans l'étape de divergence, en utilisant ainsi la méthode des touches.

Méthode des touches :

Cette méthode nous permet d'ordonner les informations qu'on a trouvé selon les types de matériel utilisé ainsi on peut distinguer 3 types de matériel le moule, la presse, et les outils de fabrication.

- Conception du moule :

- le matériau utilisé pour la conception du moule n'a pas les propriétés convenables ce qui a causé la rupture,
- Le non respect des spécifications fonctionnelles, le jeu ...
- Le moule n'a pas réalisé le nombre de cycles souhaité du matériau qui est 10^6 cycles.
- Manque de chanfreins qui facilite le contact du poinçon avec l'empreinte du moule.
- Le moule ne respecte pas les tolérances géométriques requises.

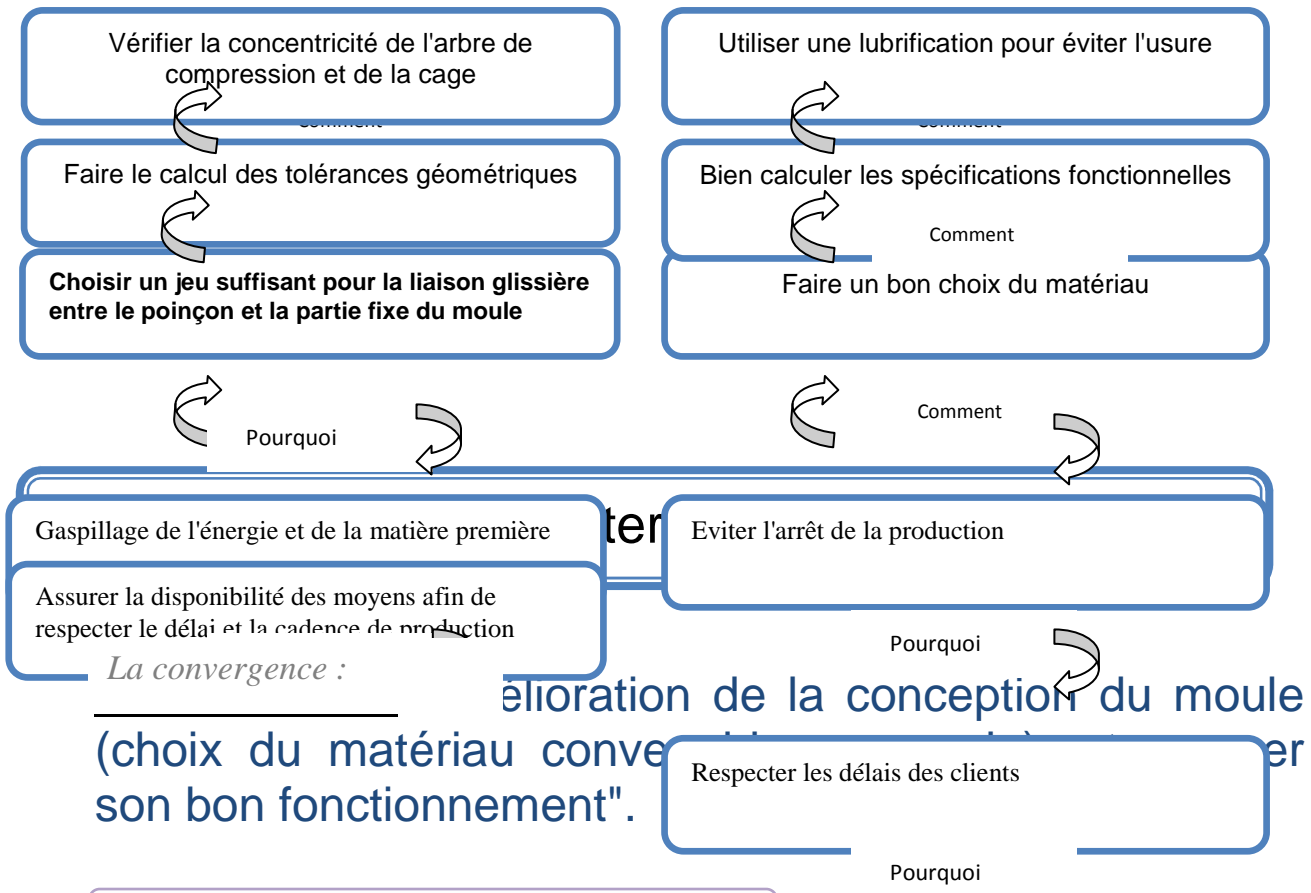
- Montage du moule :

- jeu insuffisant de la liaison glissière entre le poinçon et l'empreinte du moule ce qui cause des usures
- mauvais serrage de l'empreinte du moule (entretoises avec longerons) ce qui cause des usures graves au moule.
- Manque de lubrification pour la liaison glissière

- Données concernant la presse :

- La presse à friction 350 t, une machine qui est neuve et qui vient d'être installée, sachant qu'il est préférable d'effectuer des analyses vibratoires sur l'axe de compression et aussi des mesures de la vitesse de compression, afin d'éviter d'endommager les différentes composantes du moule.

Etape 3 : Enoncé du problème*La divergence :***L'ECHELLE DE L'ABSTRACTION :**



2^{ème} composante la recherche d'idées

Brainstorming:

Le brainstorming constitue l'un des outils de production du schéma et d'idées. Dans ses grandes lignes, le brainstorming a été conçu à l'origine par Alex Osborn comme un ensemble de recommandations en vue d'une collaboration créative en groupe. C'est peut-être l'outil le mieux connu, et le plus bien compris, de la boîte à outils du PI

- A. Changer le matériau avec lequel on a fabriqué le poinçon pour augmenter la durée de vie et éliminer les causes de la rupture brutale.
- B. Vérifier les dimensions de toutes les parties du moule issues de l'atelier de fabrication, pour voir s'ils sont compatibles avec le plan de définition.
- C. Mettre un jeu plus important pour la liaison glissière du poinçon avec la partie empreinte du moule.
- D. Changer la presse par une autre plus précise
- E. Utiliser une lubrification régulière pour diminuer les frottements entre le poinçon et les longerons.
- F. Vérifier l'isostatisme entre les longerons et les entretoises avec la cage, pour éviter l'écrasement du moule.
- G. Un contrôle de la vitesse du moteur de la presse pour éviter une grande vitesse.
- H. Mettre des chanfreins aux entretoises et longerons pour éviter les frottements et faciliter l'échappement du poinçon.
- I. Elaborer un cahier des charges fonctionnel et faire une analyse fonctionnelle.
- J. Maximiser la limite d'élasticité pour éviter une rupture brutale.
- K. Contrôler la profondeur des fissures existantes sur le matériau avant de l'utiliser pour éviter la rupture en fatigue du matériau.

- L. Un calcul par éléments finis pour vérifier numériquement les résultats du choix du matériau.
- M. Améliorer la conception du moule en assurant le bon choix du matériau.
- N. Etablir la gamme de fabrication de toutes les composantes du moule pour éviter les procédés qui modifie l'état du matériau.
- O. Définir les tolérances géométriques convenables au moule.
- P. Vérifier la gamme de fabrication, l'améliorer si nécessaire et vérifier les dimensions du moule si elles sont respectés avec les outils de métrologie (pieds à coulisse, micromètre, jauge de profondeur, rapporteur...).

Convergence :

La convergence permet d'ordonner et de résumer les idées qu'on a pu trouver dans l'étape de divergence, en utilisant ainsi la méthode Analyse comparée par paires.

Analyse comparée par paires :(Paired Comparison Analysis)

La pondération :

- 1-peu important
- 2- important
- 3-très important

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Somme
A	1	2	2	1	2	1	3	1	2	1	1	2	2	1	2	24
	B	1	1	2	1	1	2	1	3	1	2	1	1	1	2	23
		C	1	2	1	1	3	1	1	2	2	2	1	2	2	27
			D	1	2	2	1	1	1	1	3	2	2	2	2	28
				E	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	23
					F	1	1	2	1	2	2	1	1	2	1	27
						G	1	1	1	2	2	1	2	2	1	29
							H	1	1	2	2	1	3	3	1	30
								I	2	2	1	2	1	2	2	35
									J	1	1	2	2	2	2	33
										K	2	2	1	1	2	32
											L	1	2	1	2	31
												M	3	2	2	37
													N	1	1	31
														O	2	35
															P	35

Tableau 2.4 : l'analyse comparé par paire des idées

D'après ce tableau on conclut que les idées qui sont plus importantes sont les idées I, J, M, O, et P

On va établir un plan d'action pour toutes ces idées, puisque ces idées ont le même objectif qui est l'amélioration de la conception du moule.

3^{ème} composante la mise en application

essantes qu'on a trouvées en actions

utiles.

La divergence :

Première tâche : identifier nos sources d'appui

Personnes concernés:

- Moi chargé de la conception mécanique
- Le directeur technique approvisionnement des documents nécessaire
- Le Directeur Générale la prise de décision
- Le responsable de l'atelier de fabrication mécanique
- Le responsable d'approvisionnement en matière première

Le temps nécessaire:

Il y a deux moments importants dans la planification d'action :

- Quand commencer ?
- Comment planifier le temps nécessaire pour mener à bien les activités ?

On dispose de 3 mois pour réaliser notre projet, et ça commence le 1er mars jusqu'au 1er juin.

Les outils nécessaires :

- Un PC avec des bonnes performances
- Les logiciels: CES, SOLIDWORKS et ABAQUS

Deuxième tâche : générer une liste d'action potentielle

- on commence par une analyse du besoin, puis effectuer l'analyse fonctionnelle du moule, pour établir finalement le cahier des charges fonctionnelles
- Choisir le matériau convenable avec la méthode d'Ashby
- calcul par éléments finis avec le logiciel ABAQUS
- vérifier les résultats obtenus avec les résultats de l'existants
- Définir les tolérances géométriques convenables au moule
- Dessiner le moule avec le logiciel SOLIDWORKS
- construire la gamme d'usinage du moule
- contrôler les dimensions obtenues par l'atelier de fabrication
- Vérifier les résultats avec le directeur générale

Convergence:

Planifier la mise en application :

Avant de se lancer dans une démarche, il est important de définir la succession des tâches à effectuer, et la durée nécessaire et le responsable de cette tâche, pour éviter les encombrements. C'est pourquoi nous en sommes rendus au plan d'action qui identifie et contient tous les détails spécifiques à chaque action qui doit être entreprise.

<p>Résultats : - améliorer la conception du moule Indicateur : le moule fonctionne en bon état. Moyen de vérification : contrôle visuel, et mesurage des dimensions</p>			
Activités	Calendrier	Personne responsable	Coûts/apports
-Effectuer l'analyse fonctionnelle du moule. Et établir le cahier de charges fonctionnelles	Du 20 à 27 mars	moi	Frais du matériels utilisés, mon temps.
-Choisir le matériau convenable	Du 28 à 6 avril	moi	Licence du logiciel

avec la méthode d'Ashby			CES, mon temps
-calcul par éléments finis avec le logiciel ABAQUS	Du 6 à 12 avril	moi	Licence logiciel ABAQUS, mon temps
-Définir les tolérances géométriques convenables au moule	Du 12 à 19 avril	moi	Matériels utilisés, mon temps
-Dessiner le moule avec le logiciel SOLIDWORKS	Du 19 à 28 avril	moi	Licence logiciel SOLIDWORKS, mon temps
-construire la gamme d'usinage du moule	Du 1 à 10 mai	-moi et le responsable atelier mécanique	Matériels utilisés, mon temps
-Vérifier les résultats avec le directeur générale	Du 10 à 20 mai	moi et le directeur technique	Mon temps

Tableau 2.5 : la planification des tâches à effectuer durant la période de stage

Conclusion

Le processus créatif de résolution de problème nous a permis d'identifier la cause principale de la rupture du poinçon, et de relever les problèmes qui luttent au bon fonctionnement du moule, puis ça nous a permis de définir la liste des tâches à effectuer pour réaliser les résultats attendus.

Chapitre 3

Amélioration de la conception du moule

- 1- Analyse fonctionnelle du moule
- 2- Choix du matériau pour la conception
- 3- Calcul de la structure avec le logiciel ABAQUS
- 4- spécifications fonctionnelles du moule

Introduction :

Ce chapitre vise à proposer des solutions techniques tel que l'analyse fonctionnelle le choix du matériau, les spécifications fonctionnelles et ensuite le dessin de définition et après la gamme d'usinage du poinçon afin d'assurer le bon fonctionnement du moule dans les bonnes conditions et finalement une présentation des tâches effectuées à l'entreprise.

1.1. L'ANALYSE FONCTIONNELLE:

1.1.1. Etape 1 : rechercher les fonctions

Cette première étape de l'analyse fonctionnelle a pour objectif de formuler toutes les fonctions d'un produit.

Méthodes RESEAU :

R → Recherche intuitive

E → Examen de l'environnement

S → Sequential Analysis Functional Element (SAFE)

E → Examen des efforts

A → Analyse d'un produit de référence

U → utilisation des normes et des règlements

La recherche intuitive : Brainstorming (les fonctions du moule)

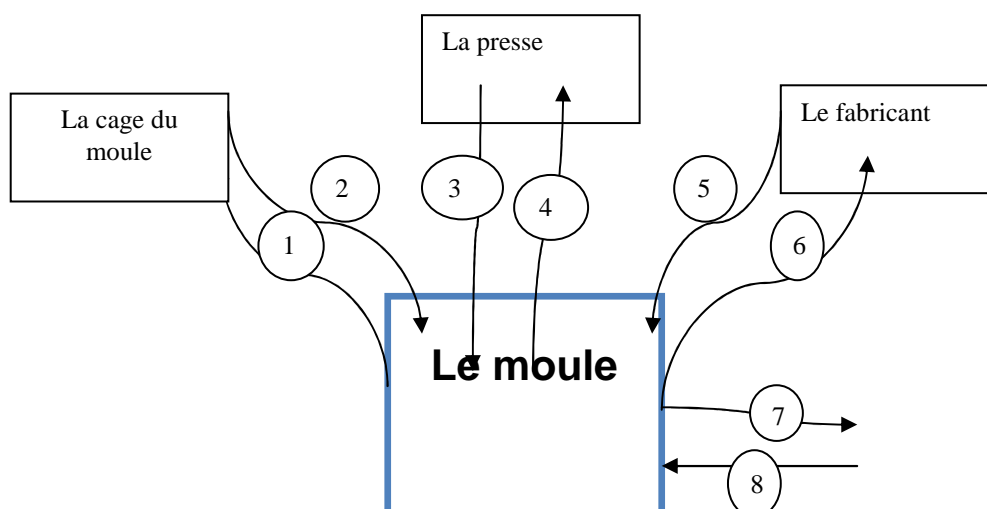
- Compresser la brique
- Façonner la brique
- Démouler la brique
- Facile à monter
- Facile à démonter
- Facile à ajuster
- Fonctionne en sécurité
- Etre fiable
- Résiste à la fatigue
- Rigide
- convient au fonctionnement de la presse
- Compression verticale
- Supporter les charges appliquées
- Respecter les tolérances des pièces fabriquées
- favoriser la sécurité des employés

Examen de l'environnement :

On l'appelle aussi la méthode des interacteurs.

Un interacteur, c'est un élément de l'environnement interne ou externe d'un produit, qui interagit avec ce dernier. Une fois que la quasi-totalité des interacteurs pouvant faire partie de l'étude ont été identifiés, il est important de les préciser, d'en faire ressortir les caractéristiques. Ceci permet de mieux connaître les interacteurs et de les prendre en considération de manière optimisée.

Les fonctions d'adaptation :



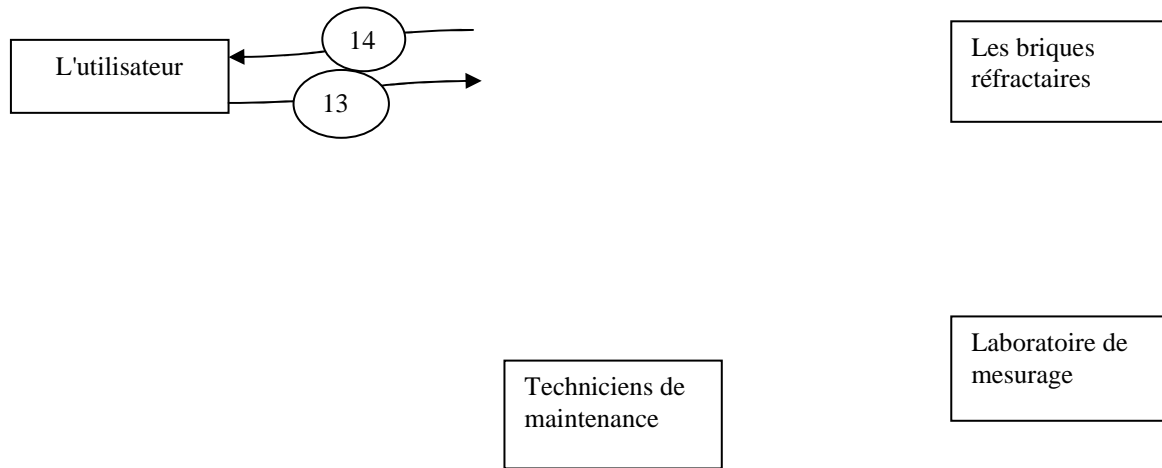


Figure 3.1 présentations des fonctions d'adaptation

- 1 : monter le moule
- 2 : fixer l'empreinte du moule
- 3 : ajuster le moule
- 4 : diminuer les frottements
- 5 : respecter les tolérances géométriques
- 6 : contrôler les dimensions
- 7 : résiste à la dureté de la brique
- 8 : déterminer le fini de surface de la brique
- 9 : contrôler les dimensions et les tolérances géométriques
- 10: facile à rectifier
- 11: facile à démonter
- 12 : réduire le bruit et les vibrations
- 13 : facile à démonter
- 14 : compression facile

Les fonctions d'interaction :

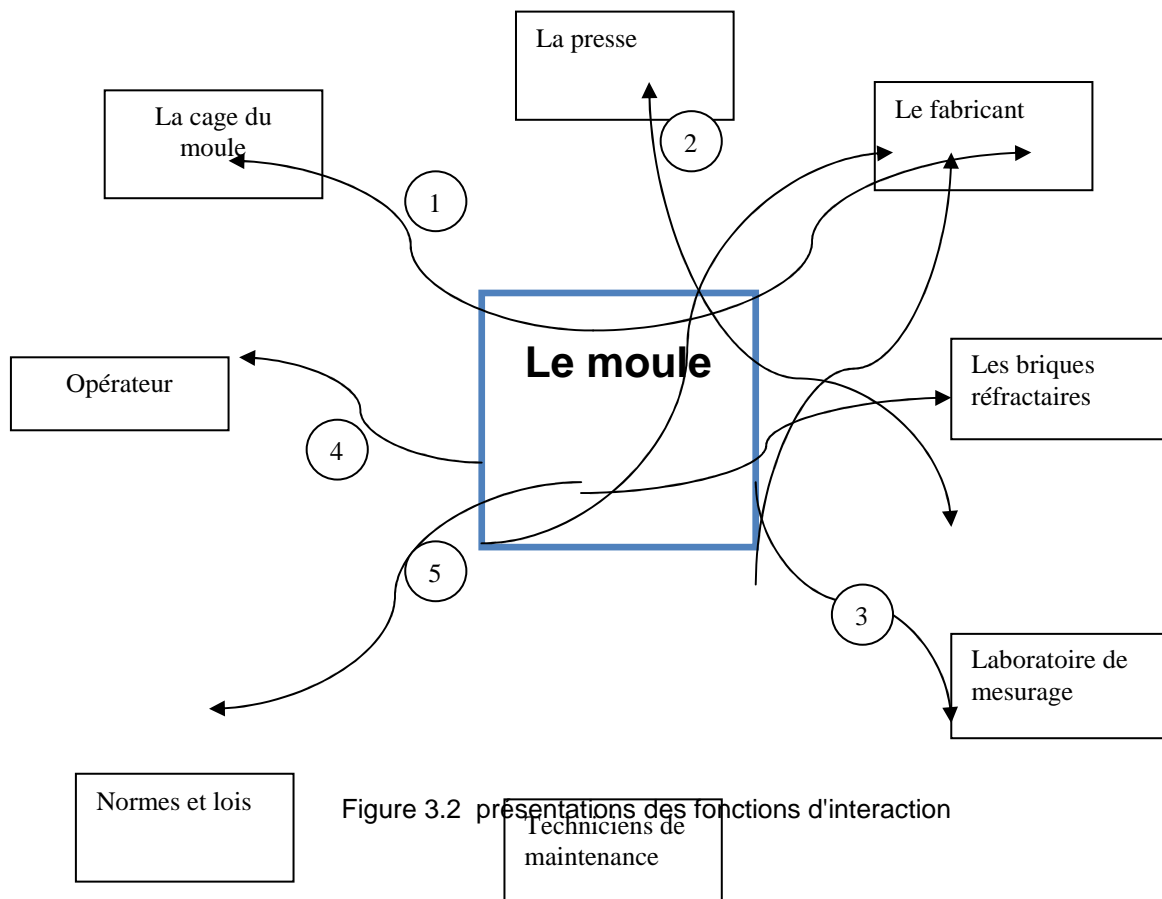


Figure 3.2 présentations des fonctions d'interaction

Avec ce schéma on peut relever les fonctions suivantes :

- 1- le moule doit s'insérer facilement dans la cage du moule avec un montage facile
- 2- montage et démontage facile
- 3- un moule conforme aux exigences du dessin de définition
- 4- compression facile, et le démoulage aussi
- 5- la brique ne se déforme pas au cours du démoulage

L'utilisation des normes :

Une bonne méthode pour trouver les fonctions de contrainte

Principe de la méthode :

- 1- Trouver les normes ou règlements applicables
- 2- Identifier les fonctions à accomplir.

Le bruit :

Les exigences de la réglementation sont basées sur la comparaison de l'exposition au bruit du salarié à différents seuils : si ces seuils sont dépassés, certaines actions doivent être entreprises.

Valeur d'exposition supérieure déclenchant l'action 85 dB

Donc la fonction : le moule absorbe le choc qui se génère au cours de la production

1.1.2. 2ème étape: ordonner les fonctions :

La méthode de l'arbre fonctionnel est une approche simple et plutôt intuitive. Essentiellement, elle consiste à regrouper les fonctions par famille ou par système en vue de leur donner une structure logique. Selon cette méthode, il faut partir de la fonction la plus générale du produit pour aller vers les fonctions les plus spécifiques.

Une façon pratique de construire un arbre fonctionnel consiste à écrire sur des petits papiers toutes les fonctions résultant de l'étape précédente et à les disposer sur une table, à la vue des membres de l'équipe impliqués. Ensuite, il faut rechercher la fonction première du produit, sa raison d'être celle-ci sera placée le plus à gauche possible du support visuel utilisé. Enfin, en se posant la question comment, les fonctions de niveau immédiatement inférieur peuvent être repérées pour être ensuite placées à la droite de la fonction première. Le processus se poursuit ainsi jusqu'à ce que toutes les fonctions soient ordonnées.

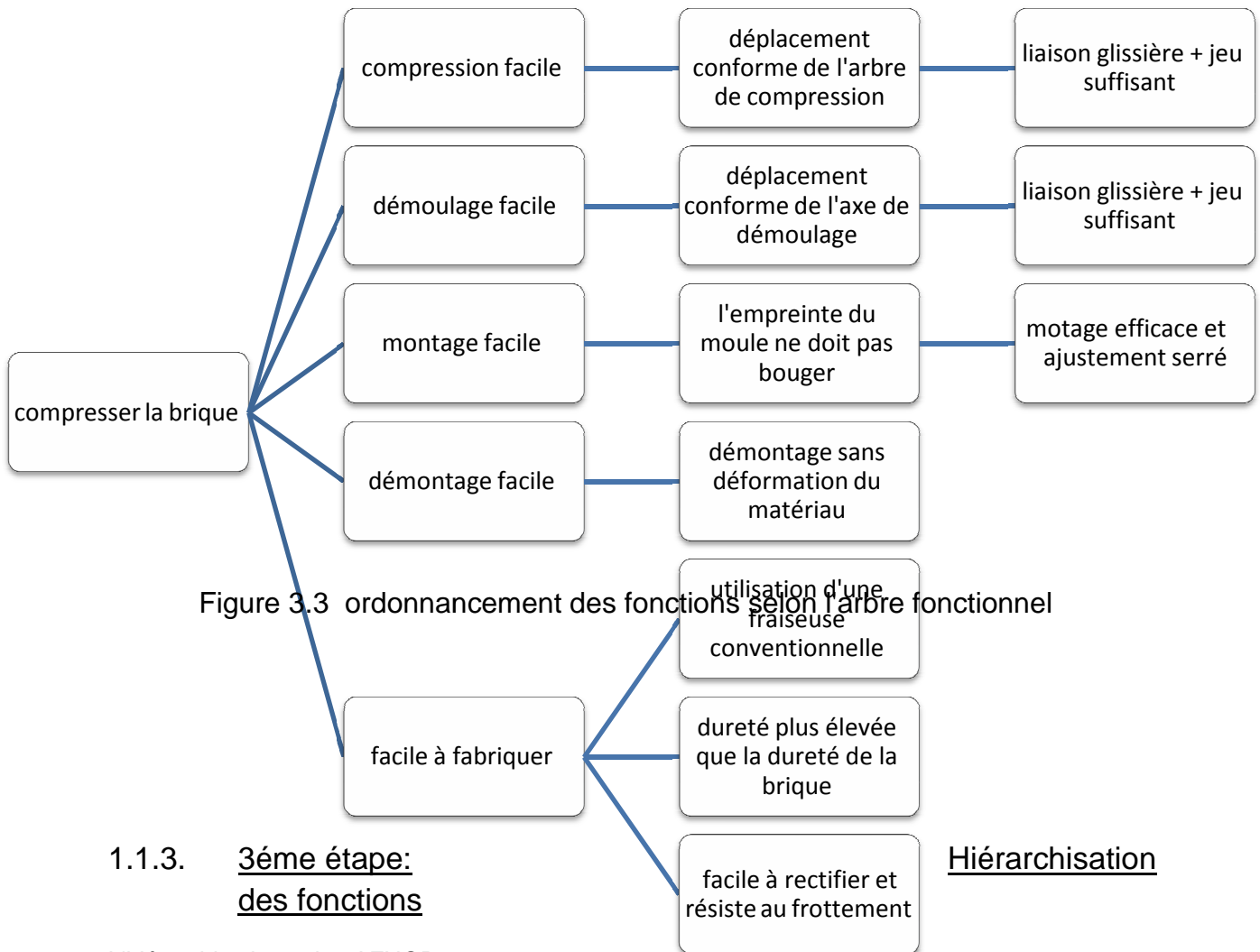


Figure 3.3 ordonnancement des fonctions selon l'arbre fonctionnel

1.1.3. 3ème étape: des fonctions

Hiérarchisation

L'hiérarchisation selon AFNOR

Fonction indispensable: (la raison d'être du produit)

- compresser la brique en respectant ces dimensions
- démoulage correcte de la brique
- l'empreinte du moule ne doit pas bouger
- dureté et résistance en compression conforme à la presse

Fonction importante: (qui n'est pas indispensable mais donne au produit une meilleure valeur)

- montage et démontage facile
- facile à rectifier

Fonction intéressante: (elle sera retenue que si son coût n'est pas élevé)

- fabrication facile
- un moule qui résiste au frottement

Fonction accessoire: (à intérêt secondaire retenue que si son coût est faible)

- protection contre l'environnement (poussière, humidité ...)

1.2. Le cahier des charges fonctionnel:

Le cahier de charges fonctionnelles est un document qui contient toutes les fonctions de même que leurs critères, leurs niveaux et leurs flexibilités, Un document qui sert de support principal à toutes les étapes de conception et de validation finale. Ce qui le distingue d'un CdCF traditionnel et son expression des besoins en termes d'usage, son abstraction de solutions.

N°	Désignation	K	Critère	Niveau	Flexibilité
1	Compresser la brique en lui donnant la forme demandée par le client	5	Le jeu Ligne de joint	0.2 La plus grande surface	±0.01
2	démouler la brique facilement	5	Glissement facile de l'axe de démoulage.	Dépouille de 0.1 degré	+0.01
			MATÉRIAUX	PROCÉDÉS	
			Tous les matériaux	Tous les procédés	
3	Montage et démontage facile et conforme à la cage de la presse	4	Montage avec des propriétés de serrage et de l'aide des cales	Montage avec serrissage et des cales	Voir tolérances géométriques
4	facile à fabriquer sur l'atelier mécanique de la société	4	Fraiseuse conventionnelle +rectifieuse		
5	être fiable	4	Durée de vie convenable	Qui correspond à 10 ⁷ cycles	±10 cycles
6	facile à rectifier	4	La forme de l'empreinte permet le passage du disque abrasif	Eviter les changements brusque de la surface	
7	résiste au frottement	3	Glissement facile	Lubrification	
8	ne se déforme pas	4	Limite d'élasticité	>300MPa	+100 -0
9	plus dure que la brique	3	La dureté	>60 HV	+100 -0
10	générer une surface lisse de la brique	3	La rugosité	<0.8	±0.01
11	résiste à la fatigue	5	Limite d'endurance	>410 MPa	+100
12	ne coute pas chère	3	Cout	<2000 DH	-1 +0 -0
13	respecte les dimensions de la brique	5	Les tolérances	Voir les tolérances géométriques	Voir tolérances géométriques
14	favoriser la sécurité des employés	4	Des capteurs de mouvement à l'extérieur du moule	--	

2. Choix du matériau pour la conception du moule

Etapes de la sélection:

Résultats	physiques et économiques. -Comptabilités avec la forme, le procédé ou un traitement de surface ↓ Sous-ensemble de tous les Matériaux convenant pour la pièce.	caractéristiques du procédé (Qualité, tolérance). -Comptabilités avec la forme et le matériau. ↓ Sous-ensemble de tous les procédés capables de réaliser la pièce
Classification	Indices de performance ↓ Liste classée des meilleurs Matériaux selon leur performance	Estimation des coûts de production. ↓ Liste classée des meilleurs Procédés selon leur coût.
Documentation	Expérience de l'entreprise, du fournisseur, Fiches techniques, CD-Rom, Experts, Web, etc. ↓ Liste classée des meilleurs matériaux pour l'application.	Informations locales propre à l'entreprise (Disponibilité de personnel, aptitude à l'investissement, etc.). ↓ Liste classée des meilleurs procédés pour réaliser la pièce.

Tableau

2.1. Sélection par les propriétés (filtration):

- On a besoin d'un matériau ductile, tenace et rigide
- Le procédé de fabrication est l'usinage, on a une fraiseuse et une rectifieuse et poste de soudage
- Un matériau qui ne coute pas chère à l'entreprise puisqu'on a besoin d'une grande quantité : donc on a besoin d'un acier
- Facile à découper avec une épaisseur de 1-80 mm

2.2. Indices de Performance (classification):

Fonction : Poinçon (partie inférieure du moule la plus sollicité)

Contraintes :

- **Ne pas subir une rupture sous la charge suivante :**

Longueur et largeur du poinçon imposé par la forme du moule 220*110 mm²

La force qu'applique la presse sur le poinçon est 3500 KN

On a
$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{3500000}{24200} = 144.6 \text{ MPa}$$

Donc on a la condition suivante sur la limite élastique $\sigma_y > s * 144.6$

Le choix du coefficient de sécurité (s) :

La connaissance des charges normales en utilisation ne sont pas suffisante : il faut prévoir la possibilité d'une utilisation inadaptée : imprudence de l'utilisateur, surcharge accidentelle ou prévue, défaillance d'une pièce, événement extérieur imprévu, ... On utilise pour cela un **coefficient de sécurité**, noté habituellement s :

Coefficients de sécurité typiques				
Coefficient de sécurité s	Charges exercées sur la structure	Contraintes dans la structure	Comportement du matériau	Observations

$1 \leq s \leq 2$	régulières et connues	et connues	testé et connu	fonctionnement constant
$2 \leq s \leq 3$	régulières et assez connues	et bien connues	testé et connu moyennement	fonctionnement usuel avec légers chocs et surcharges modérées
$3 \leq s \leq 4$	moyennement connues	moyennement connues	non testé	
	mal connues ou incertaines	mal connues ou incertaines	connu	

Tableau 3.3 : choix du coefficient de sécurité pour la charge appliqué

- Notre cas, charges connues et contraintes connues donc on est dans le 1er cas $1 \leq s \leq 2$
- On prend $s=2$ puisqu'on a une charge régulière et constante et fonctionnement constant

$$\sigma_y > 289.2 \text{ MPa}$$

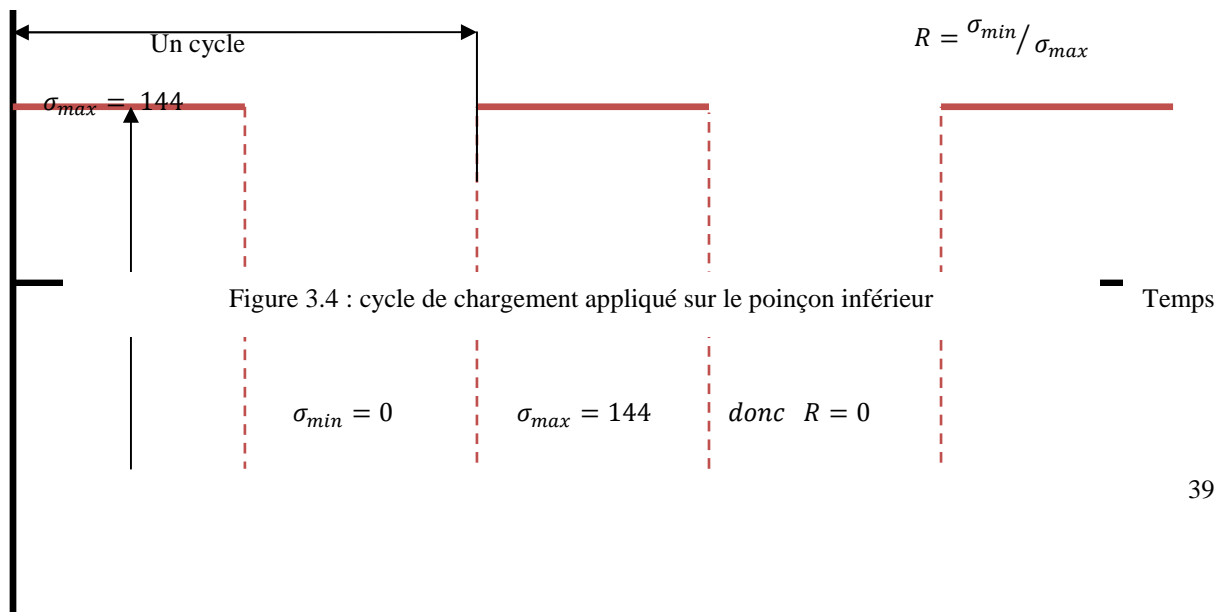
Pour le matériau qu'on cherche, la limite d'élasticité peut être d'une grande valeur puisque ça dépend de la limite d'endurance requise pour le fonctionnement du moule, qu'on va chercher dans la prochaine étape.

- **Un matériau qui a une dureté supérieure à la dureté de la brique c.-à-d. supérieure à 60 HV**
- **Un matériau tenace qui ne comporte pas des défauts de plus de 5 mm**
- **Un matériau ductile, qui résiste à la fatigue.**
- **Ne pas subir une rupture par fatigue**

Chargement cyclique: - charge : 289 MPa
 - paramètres de chargement : amplitude, rapport de charge

Le poinçon supérieur effectue la compression de la brique par dessus donc le poinçon inférieur supporte une charge de compression appliqué par le poinçon supérieur.

Contrainte σ



- durée de vie : nombre de cycles à la rupture
 On veut que le poinçon se rompe au moins après 10^6 cycles

On a $R=0$ et $\sigma_m = (\sigma_{max} - \sigma_{min})/2 = 72$

On utilise le tableau suivant du livre (Conception des machines PRINCIPES ET APPLICATION) qui donne la limite d'endurance en fonction de la charge moyen et du rapport de charge

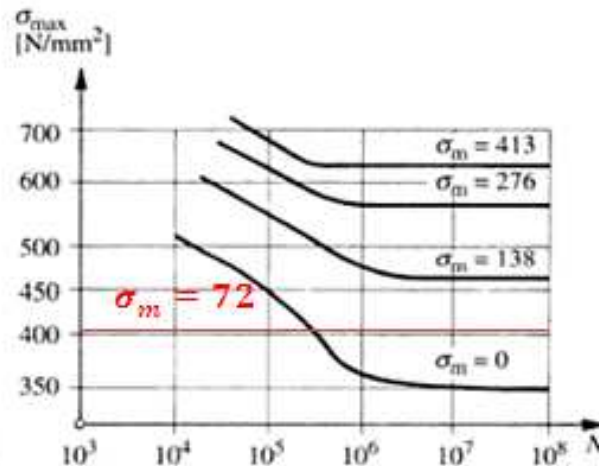


Figure 3.5 : Famille de courbes de fatigue pour différentes valeurs du facteur d'ondulation R et de la contrainte moyenne σ_m

$\sigma_D = 400 \text{ MPa}$

1^{er} objectif :

- On cherche à maximiser la résistance à la fatigue du poinçon et ça ténacité.
- minimiser l'épaisseur du poinçon ce qui revient à minimiser la masse puisque $e = m/\rho * s$

Astreintes :

- variables libres : masse du poinçon
- Matériau

Indice de performance :

On a le facteur critique d'intensité de contrainte qui détermine la longueur maximale de la fissure qui causera une rupture fragile :

$$K_{IC} = \alpha \sigma_e \sqrt{\pi a} \quad (1)$$

Avec : a longueur de la fissure

$$\rho = m/s * e \quad (2)$$

Et on a
$$\sigma_e = \frac{F}{S} \quad (3)$$

On élimine S de l'équation (3) Dans (2) : $\sigma_e = F * \rho * e/m$

Et on remplace dans l'équation (1)

$$m = F * e \sqrt{\pi a} * \frac{\rho}{K_{IC}} \quad F, e \text{ et } a \text{ sont des constantes.}$$

On conclut donc que pour minimiser m il faut maximiser K_{IC}/ρ

2ème objectif :

- Maximiser la limite élastique en minimisant la masse

Astreintes :

- variables libres : masse du poinçon
- Matériau

Indice de performance :

On a $\sigma_e = \frac{F}{S} \quad (1)$

$$\rho = \frac{m}{S * e} \quad (2)$$

On a $\sigma_e = E\epsilon \quad (3) \quad \text{en cas de compression}$

On élimine S avec l'équation (1) Dans (2) : $E\epsilon = F * \rho * e/m$

Donc on remplace dans l'équation (1)

$$m = (F * e / \epsilon) (\rho / E) \quad F \text{ et } e \text{ sont des constantes}$$

On conclut donc que pour minimiser m il faut maximiser E/ρ

2.3. La sélection avec les cartes du logiciel CES

A cette étape on a les données suffisantes pour pouvoir utiliser les cartes du logiciel CES

Sélection graphique :

1) on trace une carte K_{IC} en fonction de ρ en log log $I = K_{IC}/\rho$

2) sur cette carte on positionne la droite de performance

$$\log(K_{IC}) = \log(\rho) + \log(I)$$

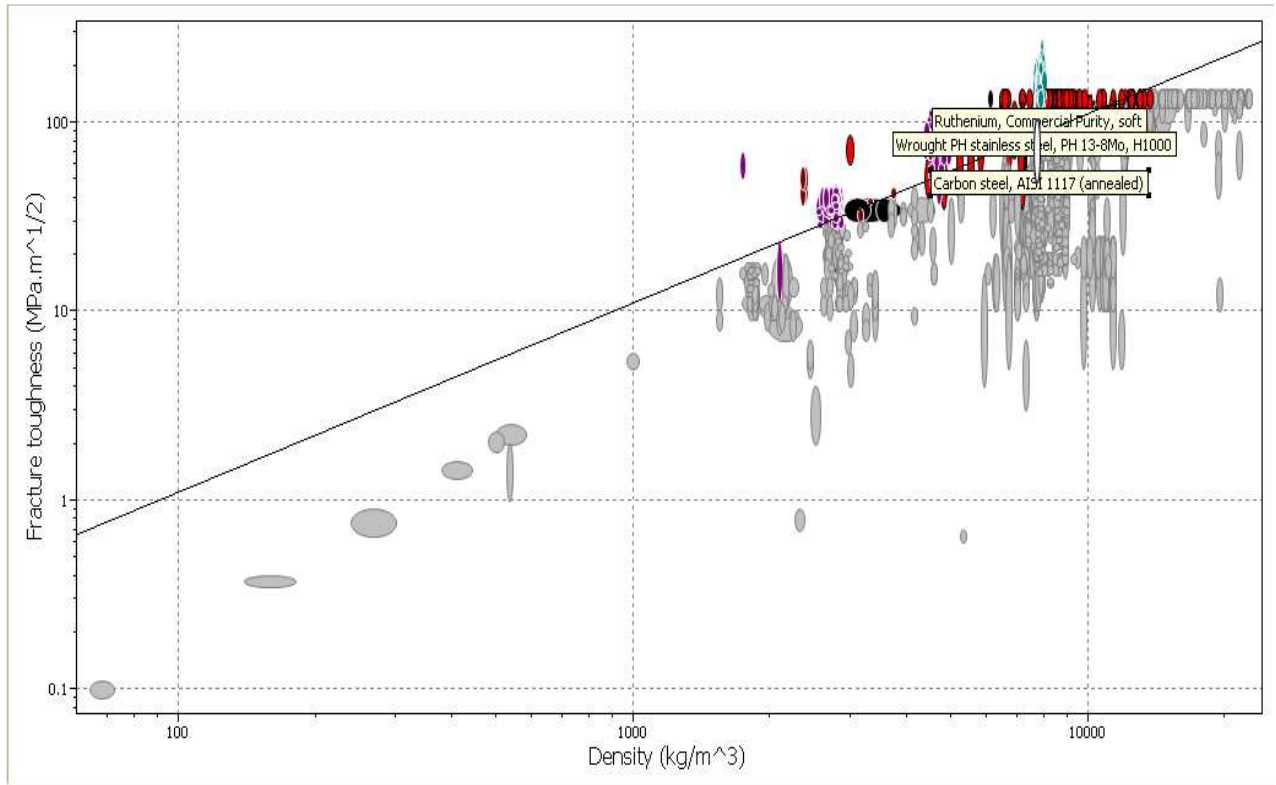


Figure 3.6 : carte du logiciel CES représentant la ténacité en fonction de la densité

- 1) on trace une carte E en fonction de ρ en log log $I = E/\rho$
- 2) sur cette carte on positionne la droite de performance $\log(E) = \log(\rho) + \log(I)$

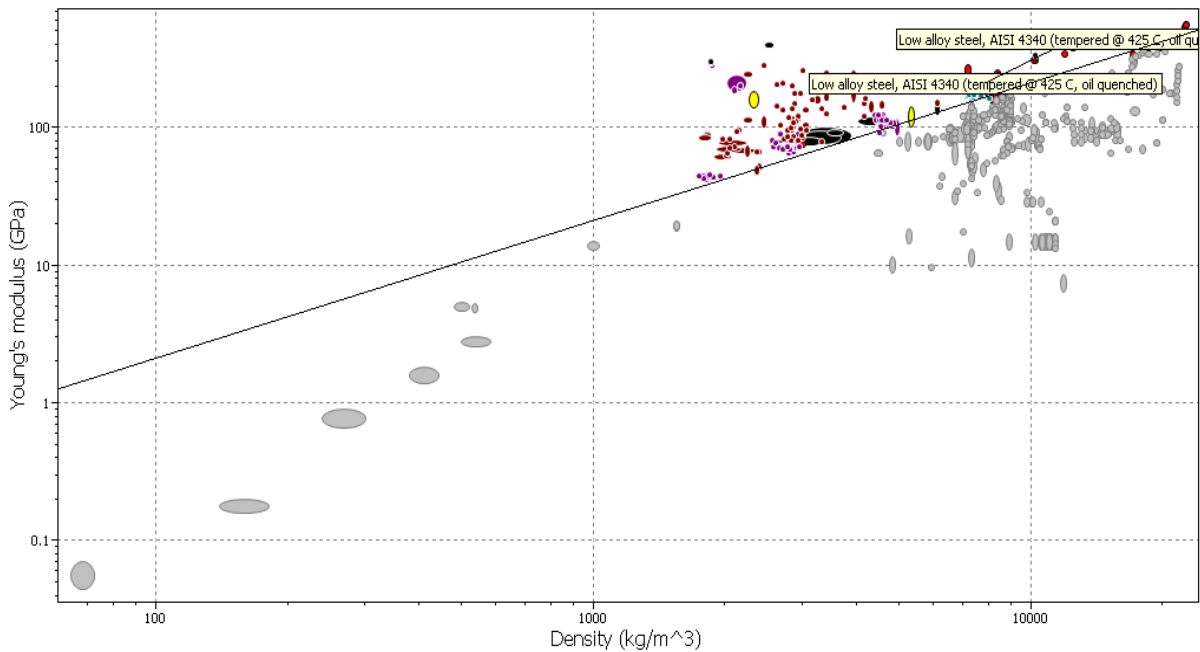


Figure 3.7 : carte du logiciel CES représentant le module de young en fonction de la densité

- On fait une 3ème carte pour maximiser la dureté pour cela on utilise la boîte de sélection

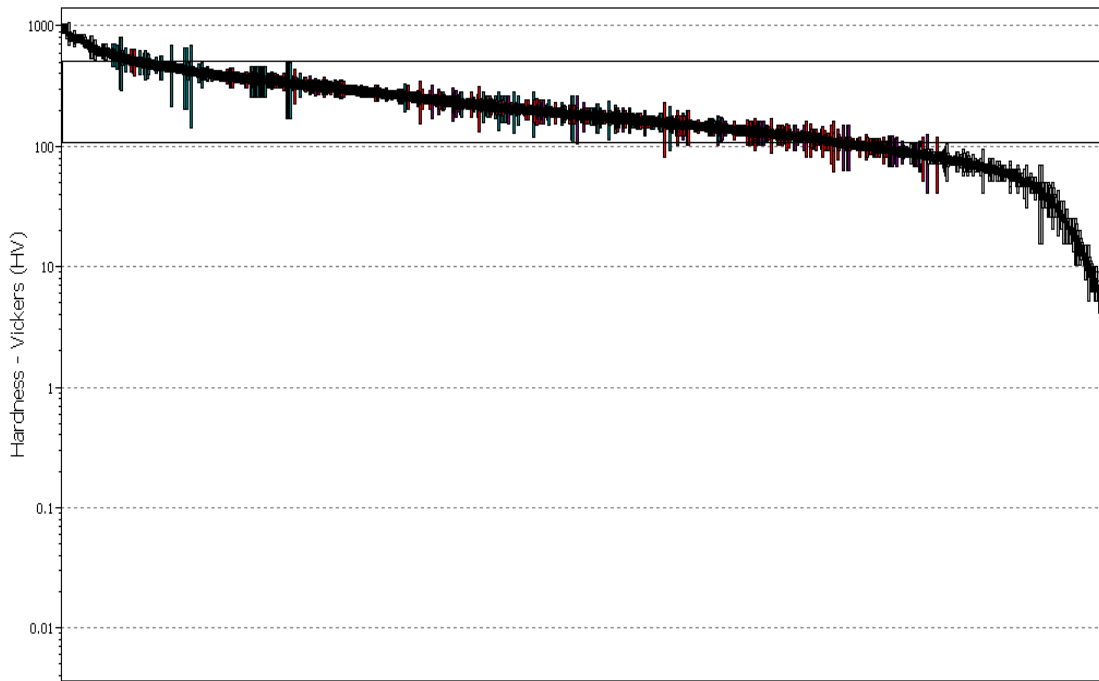


Figure 3.8 : carte du logiciel CES représentant le classement des matériaux selon leur dureté

- On fait une 4eme carte pour minimiser le prix pour cela on utilise la boîte de selection

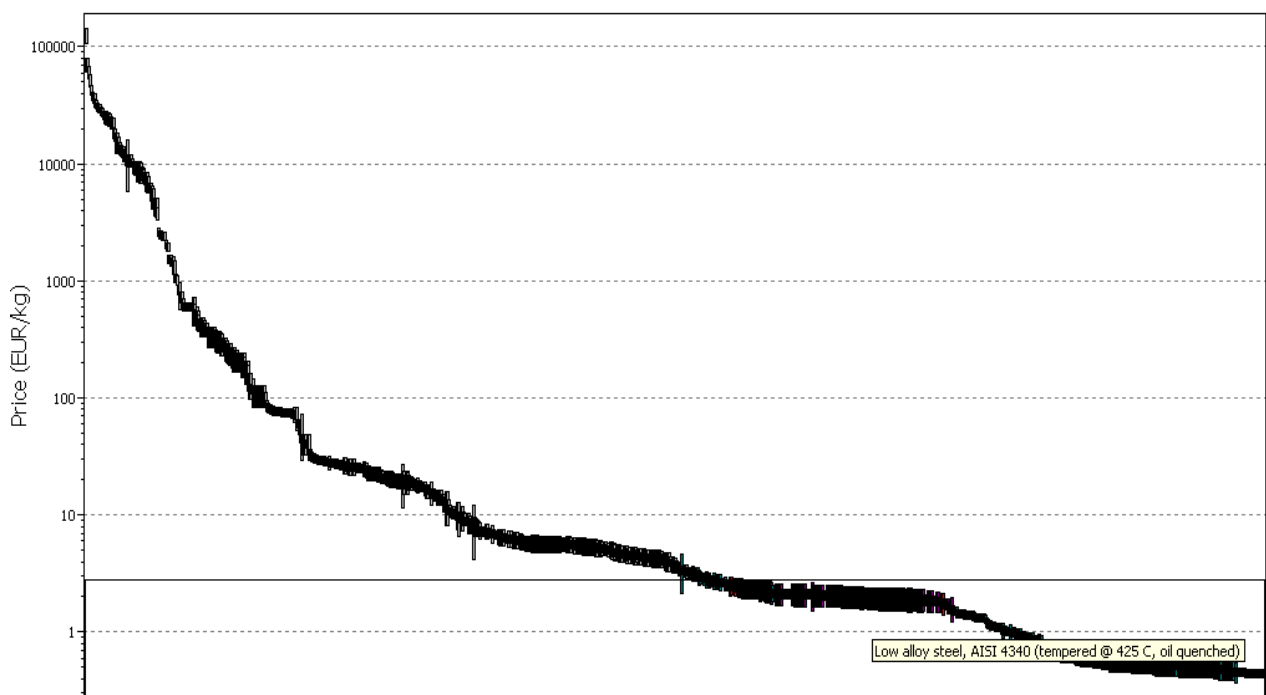


Figure 3.9 : carte du logiciel CES représentant le classement des matériaux selon leur prix

2.4. Sélection par encadrement :

- On cherche un matériau qui répond aux conditions suivantes :

- Limite d'élasticité minimale 217 MPa
- Limite d'endurance minimale 450 MPa

- Facteur critique minimum d'intensité de contrainte pour des fissures maximales de 5 mm 30 MPa.m^{1/2}

	Minimum	Maximum	
Young's modulus			GPa
Shear modulus			GPa
Bulk modulus			GPa
Poisson's ratio			
Yield strength (elastic limit)	289		MPa
Tensile strength			MPa
Compressive strength			MPa
Flexural strength (modulus of rupture)			MPa
Impact strength, notched 23 °C			kJ/m ²
Elongation			%
Hardness - Vickers	100		HV
Fatigue strength at 10 ⁷ cycles	400		MPa
Fatigue strength model (stress range)			MPa
Fracture toughness			MPa.m ^{1/2}
Mechanical loss coefficient			

Figure 3.10: tableau du logiciel CES dans le module de sélection par encadrement

2.5. Sélection par arborescence:

On cherche un matériau qui peut être usiné, qui peut être assemblé avec soudage, et on cherche un matériau ductile donc on sélectionne dans le module de sélection du logiciel CES métal comme indiqué sur la figure suivante :

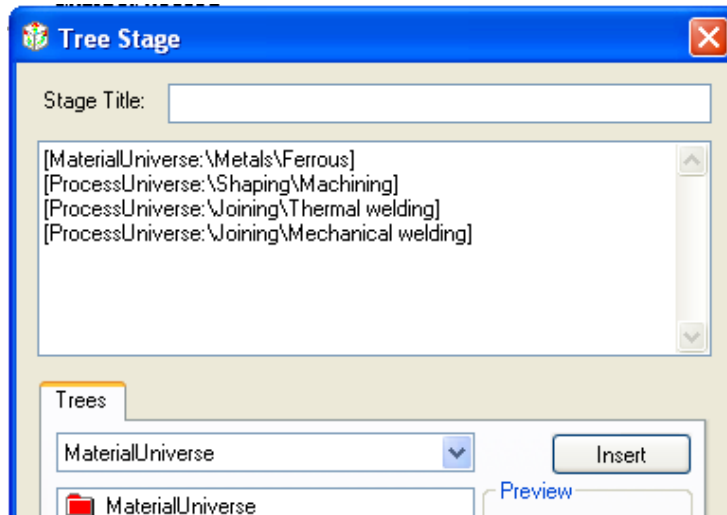
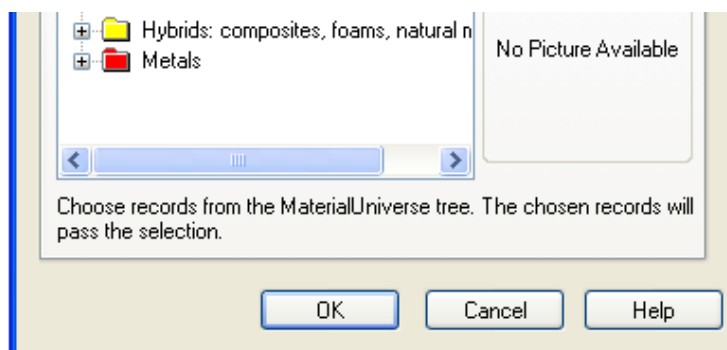


Figure 3.11: le module de sélection (arbre) du logiciel CES

matériaux, choix parmi décision du on a opté pour bonnes coute le moins



1 3 donc on doit faire un ces 3, et avec la directeur technique le matériau qui a les performances et qui chère.

- Carbon steel AISI
- Low alloy steel 4340
- Wrought ph stainless steel ph

Donc pour conclure, on a choisit : acier faiblement allié AISI 4340 puisqu'il a la plus grande limite d'endurance, pour résister le maximum à la fatigue.

Acier faiblement allié AISI 4340 (Low alloy steel, AISI 4340)

Composition chimique

Base	Fe (Iron)
C (carbon)	0.38 - 0.43 %
Cr (chromium)	0.7 - 0.9 %
Fe (iron)	95.15 - 96.32 %
Mn (manganese)	0.6 - 0.8 %
Mo (molybdenum)	0.2 - 0.3 %
Ni (nickel)	1.65 - 2 %
P (phosphorus)	0 - 0.035 %
S (sulfur)	0 - 0.04 %
Si (silicon)	0.15 - 0.35 %

Tableau 3.4 : composition chimique de l'acier faiblement allié AISI 4340

Propriétés mécaniques

Le module de Young	205 - 213 GPa
module de cisaillement	79 - 83 GPa
Le coefficient de Poisson	0.285 - 0.295
Limite d'élasticité	1230 - 1500 MPa
résistance à la traction	1320 - 1620 MPa

résistance à la compression	1230 - 1500 MPa
résistance à la flexion	1230 - 1500 MPa
Dureté - Vickers	385 - 475 HV
Résistance à la fatigue à 10⁷ cycles	519 - 600 MPa
Ténacité	79 - 91 MPa.m^{1/2}

Tableau 3.5 : propriétés mécanique de l'acier faiblement allié AISI 4340

Propriétés thermiques

Point de fusion	1432 - 1506 °C
Température de service maximale	* 385 - 415 °C
Température minimale de service	* -58 - -28 °C
Conductivité thermique	* 35 - 50 W/m.K

Durabilité

- Inflammable	Non
- L'eau douce	Bonne
- Acides Faibles	Moyen
- Les acides forts	nulle
- Les solvants organiques	Très bien
- Oxydation à 500C	Bonne

Ce sont des aciers hypoeutectoïdes (de 0,0101 à 0,77 % de carbone) qui sont les plus malléables.

Aucun élément d'addition ne dépassant 5 % en masse, ils sont utilisés pour des applications nécessitant une haute résistance. Ce sont des aciers pour traitements thermiques. Les éléments d'addition améliorant les caractéristiques mécaniques: La ténacité, la limite élastique, la résistance à la traction...

Éléments d'alliage :

Le chrome : c'est l'élément d'addition qui confère à l'acier la propriété de résistance mécanique à chaud et à l'oxydation (aciers réfractaires).

Le manganèse : forme des sulfures qui améliorent l'usinabilité. Augmente modérément la trempabilité.

Le molybdène : augmente la température de surchauffe, la résistance à haute température et la résistance au fluage. Augmente la trempabilité.

Le nickel : rend austénitiques (rôle gammagène) les aciers à forte teneur en chrome. Sert à produire des aciers de trempabilité modérée ou élevée (selon les autres éléments présents), à basse température d'austénitisation et à ténacité élevée après traitement de revenu.

Le phosphore : augmente fortement la trempabilité. Augmente la résistance à la corrosion. Peut contribuer à la fragilité de revenu.

Le silicium : favorise l'orientation cristalline requise pour la fabrication d'un acier magnétique, augmente la résistivité électrique. Améliore la résistance à l'oxydation de certains aciers réfractaires. Utilisé comme élément désoxydant.

2.6. Traitement thermique des aciers faiblement alliés:

Par traitement thermique, on désigne toute opération faite à chaud et destinée à modifier la microstructure d'un métal pour lui donner de nouvelles caractéristiques. Pour les aciers d'amélioration.

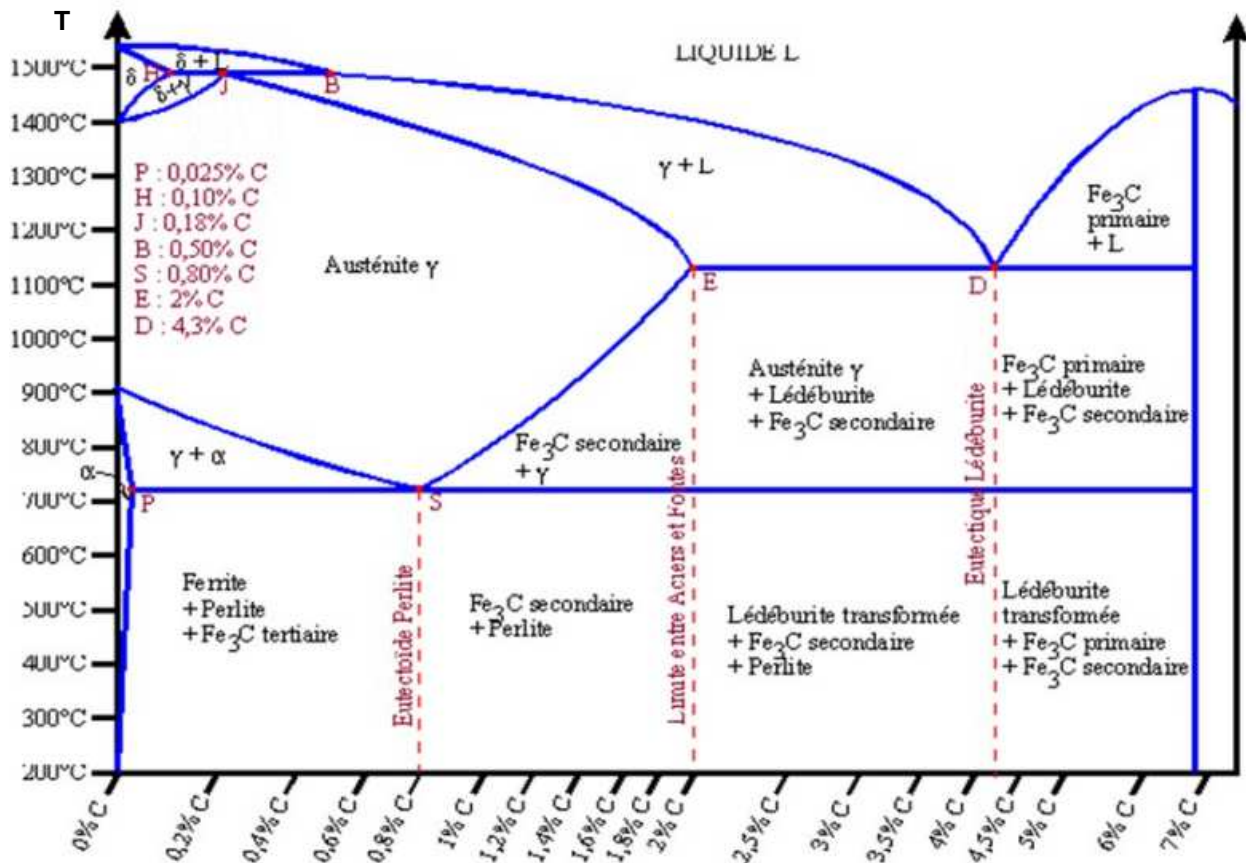


Figure 3.12 : Diagramme d'équilibre des aciers au carbone

Le durcissement par trempe des aciers faiblement alliés :

Le durcissement par trempe se déroule en trois étapes : l'austénitisation, la trempe et le revenu.

Austénitisation :

L'**austénite** est une solution solide de carbone dans l'allotrope γ du fer, qui est stable entre 911°C et 1 392°C. Cet allotrope a une structure cristallographique cubique à faces centrées (voir paragraphe structure cristalline), qui permet une grande solubilité du carbone (jusque 2,1 % massique à 1 147°C).

Les éléments tels que manganèse, nickel, azote augmentent la plage de stabilité de l'austénite ; ils sont dits « gammagènes ». Avec un dosage suffisant, ils permettent, grâce à une trempe, d'obtenir de l'austénite à température ambiante à l'état métastable. C'est le cas des aciers dits austénitiques.

Structure cristalline Cubique à Faces Centrées :

La maille cubique à faces centrées possède donc $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ nœuds en propre. Le mode de calcul est simple :

- les 8 nœuds aux 8 sommets sont partagés chacun entre 8 autres mailles ;
- les 6 nœuds aux centres des 6 faces du cube sont partagés chacun entre 2 mailles.

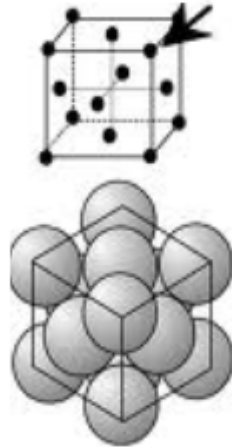


Figure 3.13 : structure cristalline de la maille cubique à faces centrées

Paramètre de maille :

En cubique faces centrées, le paramètre de la maille se déduit facilement : $a\sqrt{2} = 4R$ (selon la diagonale d'une face) avec R rayon de l'atome en question, d'où :

$$a = \frac{4R}{\sqrt{2}} = 2\sqrt{2}R$$

Dans le réseau cubique faces centrées, la maille simple est un rhomboèdre de paramètre :

$$a_{\text{rhomboedre}} = a_{\text{cube}} \frac{\sqrt{2}}{2} .$$

Sites interstitiels :

Sites interstitiels cubique faces centrées

La maille élémentaire cubique faces centrées comporte deux types de sites interstitiels où peut se loger, si l'espace est suffisant, un atome (en général) plus petit :

Sites tétraédriques :

Situés dans le tétraèdre formé par un atome de coin et les 3 atomes centraux des faces se coupant à ce même coin. Chaque coin est lié à un site tétraédrique, qui sont tous internes à la maille, ce qui fait 8 sites tétraédriques.

Sites octaédriques :

La maille élémentaire cubique faces centrées comporte un site octaédrique au centre de la maille, donc interne à la maille (compte pour 1). Elle comporte aussi un site au centre de chaque arête, partagé par 4 mailles, ce qui fait au total $12 \times 1/4 = 3$ sites. La maille élémentaire cfc comporte donc 4 sites octaédriques par maille.

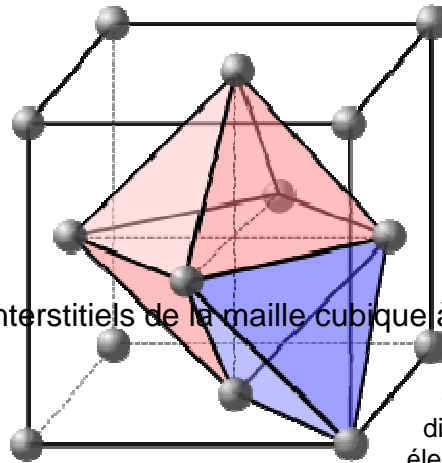


Figure 3.14 : les sites interstitiels de la maille cubique à faces centrées. Donc les sites interstitiels qu'on vient de définir sont les emplacements où ils vont s'insérer les éléments d'addition de faible diamètre. Pour bloquer le mouvement des dislocations et donner à l'acier des propriétés mécaniques élevées.

Trempe

La trempe consiste en un refroidissement rapide d'un acier austénitisé et a pour but de donner à l'acier la plus grande dureté possible par formation de la martensite ou de la perlite fine. La température d'austénitisation, aussi appelée "température de trempe".

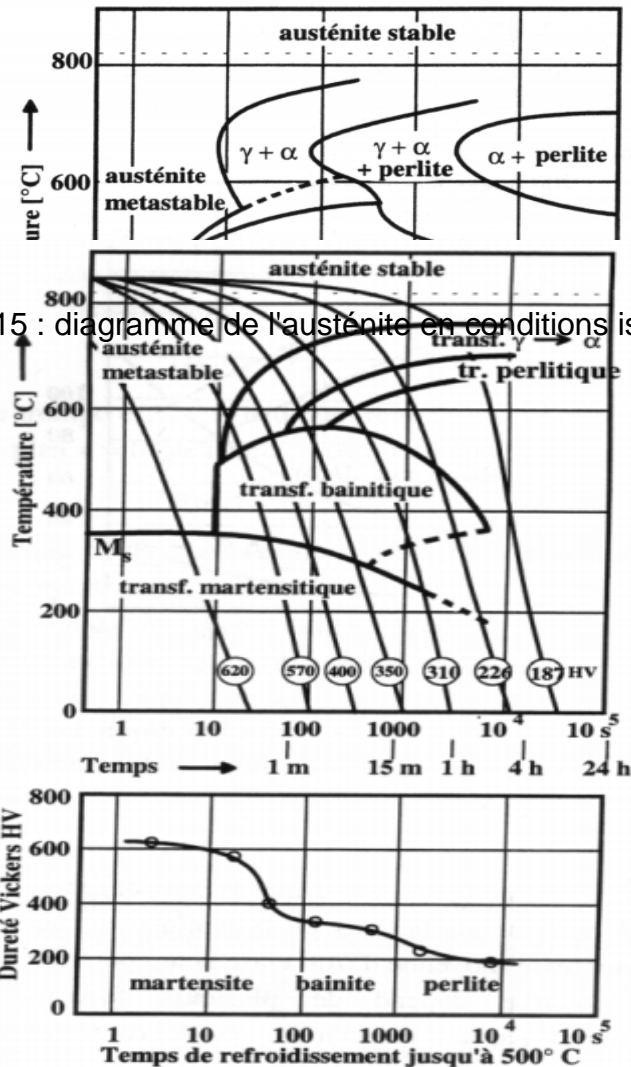


Figure 3.15 : diagramme de l'austénite en conditions isothermes

Un acier mais beaucoup trop utilisé. Le revenu consiste à chauffer une pièce qui vient d'être trempée à une température inférieure à la température de transformation, puis à la maintenir à cette température, puis généralement à la refroidir à l'air, parfois à l'eau.

Revenu

est dur, généralement fragile pour être directement trempé. Le revenu consiste à chauffer une pièce qui vient d'être trempée à une température inférieure à la température de transformation, puis à la maintenir à cette température, puis généralement à la refroidir à l'air, parfois à l'eau.

Le revenu permet de transformer graduellement l'état martensitique - métastable - vers un état d'équilibre, caractérisé par la coexistence de ferrite et de cémentite. L'augmentation de la température permet la germination et la croissance de la cémentite et des carbures.

Fournisseurs de l'acier faiblement allié au Maroc :

2D METAL Casablanca – MAROC

2GPVC Casablanca - MAROC

ASMÉTAL Casablanca – MAROC

BIGMAT Casablanca – MAROC

CENTRAL INOX Casablanca - MAROC

Conclusion

Pour conclure, l'acier faiblement allié est un acier qui a des propriétés mécanique élevées qui sont dues aux éléments d'additions et au traitement thermique. En utilisant ce matériau on va éviter le problème de la fatigue puisque la limite d'endurance est largement suffisante au contraire de l'acier XC 48 qui a une limite d'endurance très petite. On doit maintenant mettre sur que ce matériau est convenable, c'est l'objectif de la prochaine étape qui est le calcul par éléments finis avec le logiciel ABAQUS.

3. calcul par éléments finis avec le logiciel ABAQUS

On a utilisé ABAQUS, un logiciel de calcul par éléments finis. Qui à partir d'un fichier de données, décrit l'ensemble du problème mécanique, le logiciel analyse les données, effectue les simulations demandées et fournit les résultats dans un fichier **.odb**.

Ainsi pour faire la simulation, on va suivre les étapes suivantes:

- Créer notre objet (le poinçon)
- Créer un matériau
- Définir et affecter les propriétés de section

- Assembler le modèle
- Définir le pas d'analyse
- Appliquer les conditions aux limites et des chargements sur le modèle
- Mailler le modèle
- Créer et soumettre un travail d'analyse
- Visualiser les résultats

Les dimensions du poinçon:

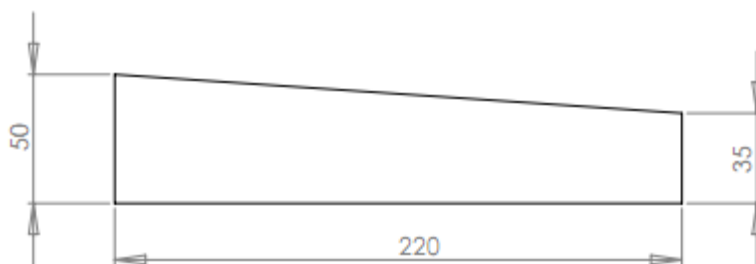


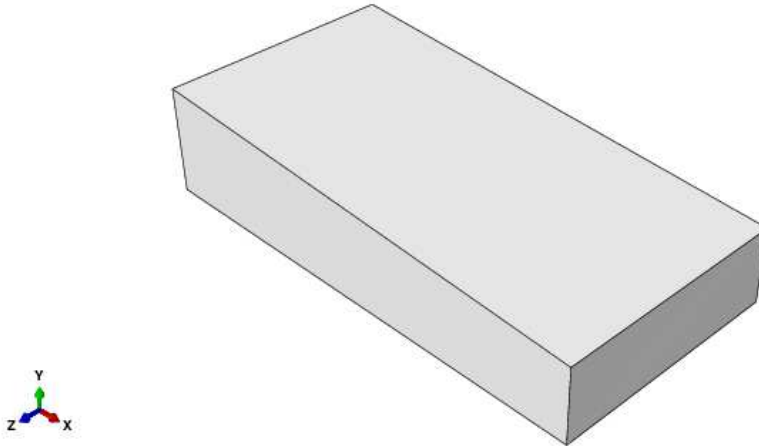
Figure 3.17 : vue de face du poinçon du moule CN30

La largeur est de : 110 mm

Etape1: Définition de la géométrie du poinçon

Dans ABAQUS, pour créer un objet 3D, il est nécessaire de créer tout d'abord le profil de l'objet. Ensuite ce profil générera l'objet 3D par extrusion, révolution ou balayage (on crée un profil puis un chemin sur lequel propager ce profil).

Printed using Abaqus/CAE on: Mon Apr 15 14:19:17 Greenwich 2013



Vue du poinçon conçu avec ABAQUS

Etape 2 : Définition des propriétés du matériau

Notre matériau a les propriétés suivantes :

Module de Young	205	-	213	GPa
Coefficient de poisson	0.285	-	0.295	
Limite d'élasticité	1230	-	1500	MPa

Dans le module (**Property**) voici les données à rentrer : Il s'agit de l'Acier faiblement allié.

(Edit Material: Mechanical>Elasticity>Elastic) (E=213 GPa , v=0.285)

Etape 3 : Il s'agit de définir et affecter les propriétés de la section. Dans le module (**Create Section**), on choisit la catégorie (**Solid**) et pour le type, on prend le type (**Homogeneous**), puis l'affectation de la section SUR (**Edit section**)

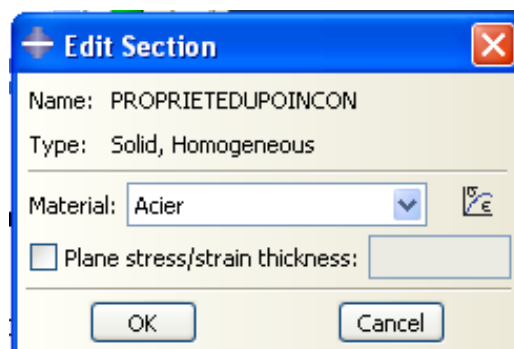
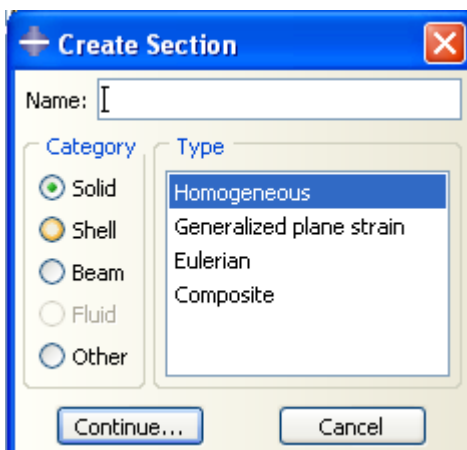


Figure 3.18 : fenêtre d'ABAQUS pour l'affectation de la section

Etape 4 : Création d'un assemblage. On utilise le module (**Assembly**)

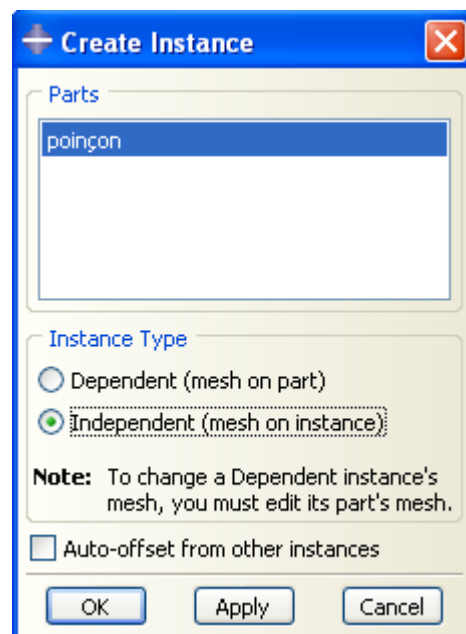


Figure 3.19 : fenêtre d'ABAQUS pour la création d'un assemblage

Etape 5 : Création d'un Set

Dans l'arbre (**Assembly > SetsCharge**) appliquée au bout de la poutre

Etape 6 : Application des conditions aux limites et du chargement pour le modèle

On utilise le module (**Load**)

- La contrainte appliquée sur le poinçon : 3500 KN

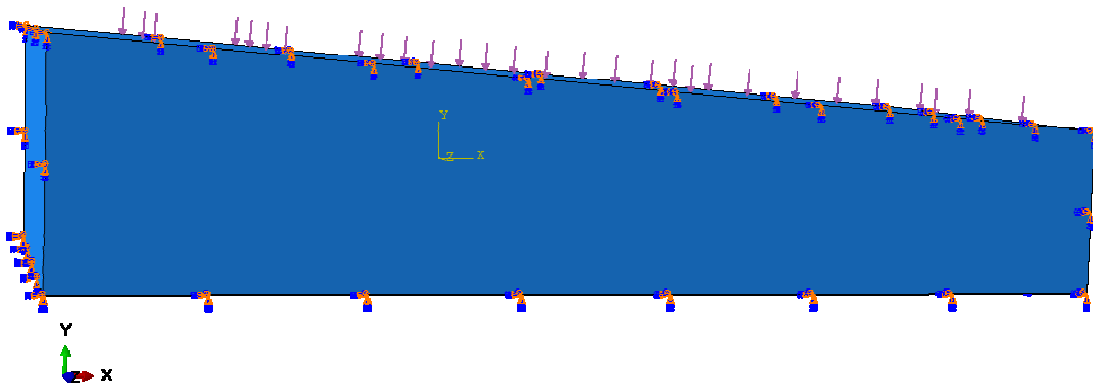


Figure 3.20 : présentation des contraintes et des conditions aux limites appliquées sur le poinçon avec ABAQUS

Etape 7 : Le Maillage du modèle sous le module (**Mesh**)

- 1) Partition de la pièce
- 2) Choix de la taille des éléments
- 3) Affectation du type d'élément
- 4) Création du maillage

Printed using Abaqus/CAE on: Mon Apr 15 14:17:46 Greenwich 2013

 SIMULIA

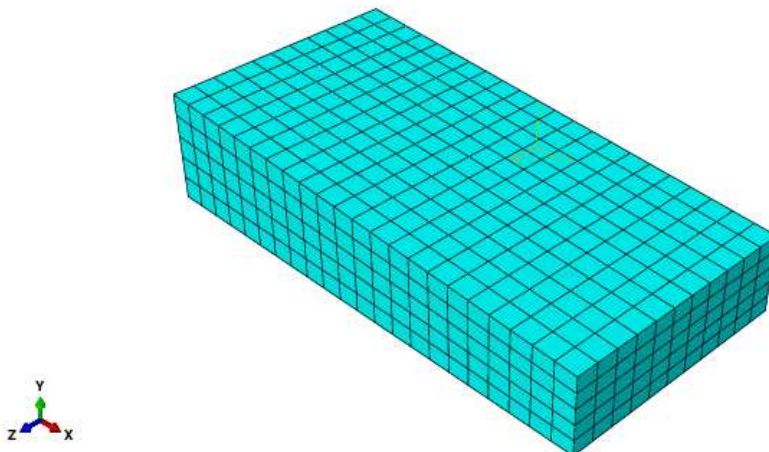


Figure 3.21 : le maillage du poinçon sous le module (MESH)

Etape 8 : Création et lancement du calcul

- Création d'un calcul sous le module (**Job**)
- Vérification du modèle EF : pour vérifier que le modèle est correct avant de lancer la simulation

1- Résultats

Sous ABAQUS on visualise les résultats de l'analyse avec le module (**Visualisation**).

ABAQUS affiche l'état du poinçon non déformé.

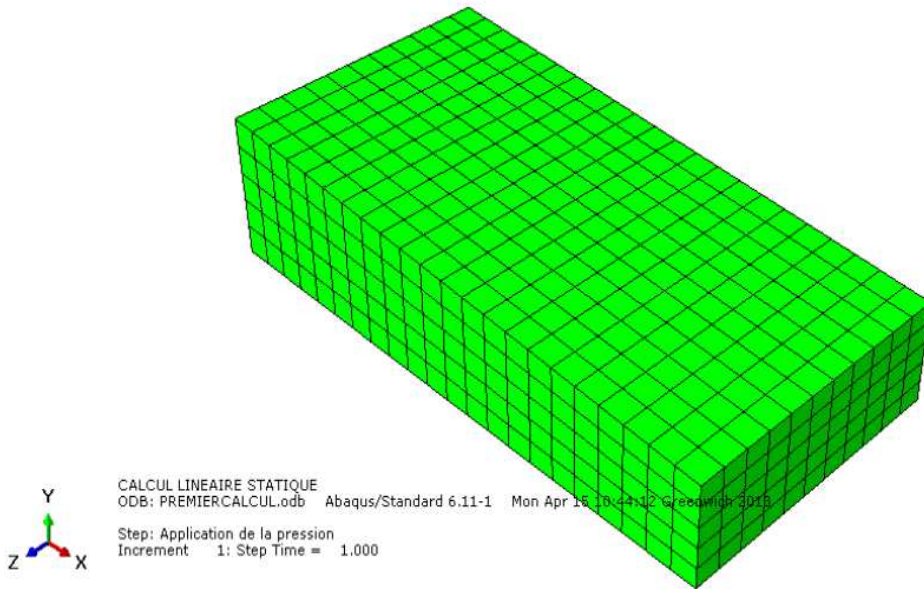
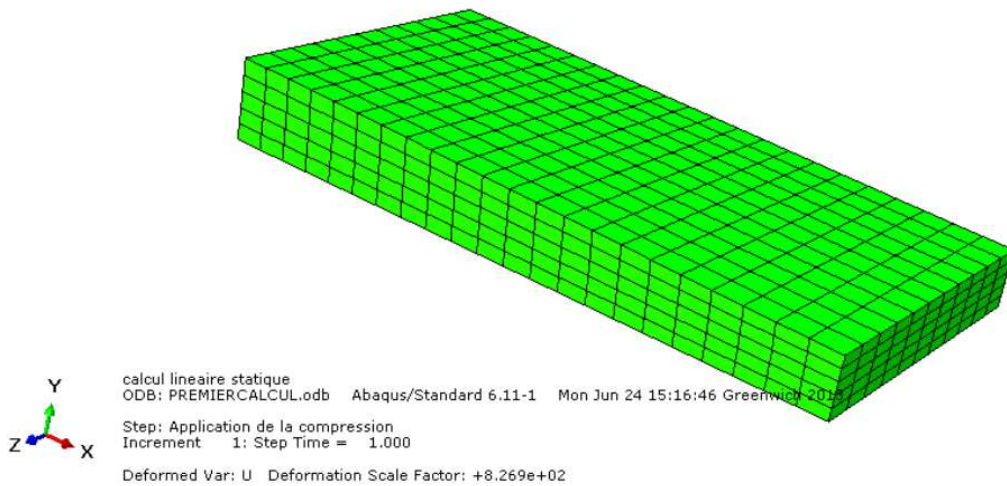


Figure 3.22 : visualisation de l'état non déformé avec le module (visualisation)

Visualisation de l'état déformé du poinçon, en cliquant sur la touche (**Deformed**→**Shape**)



Affichage des champs : en déplacement U

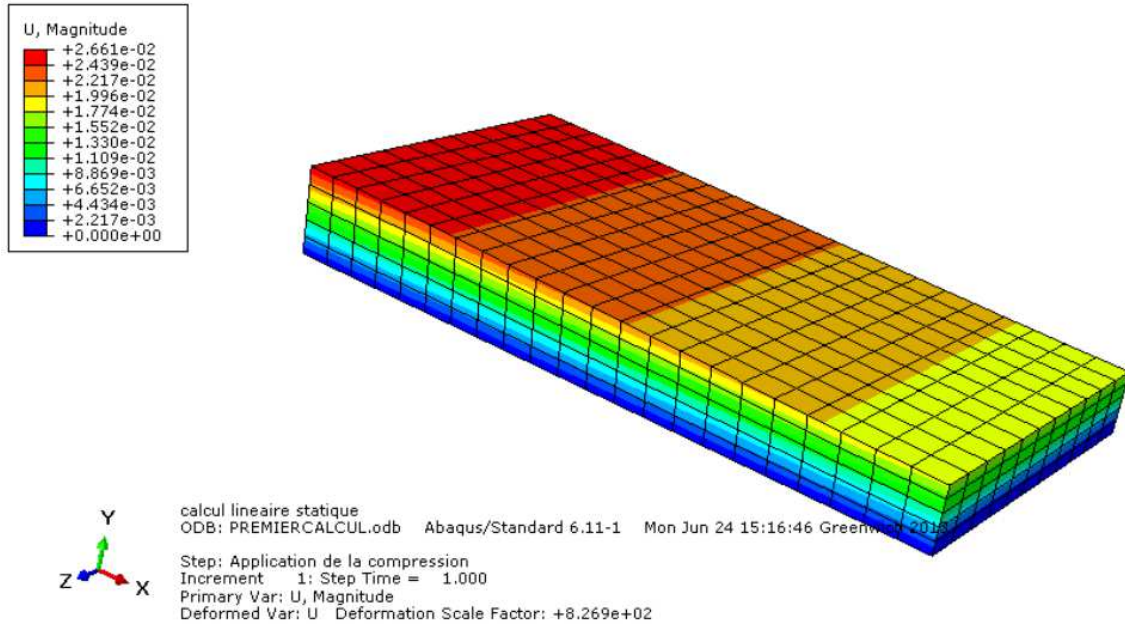
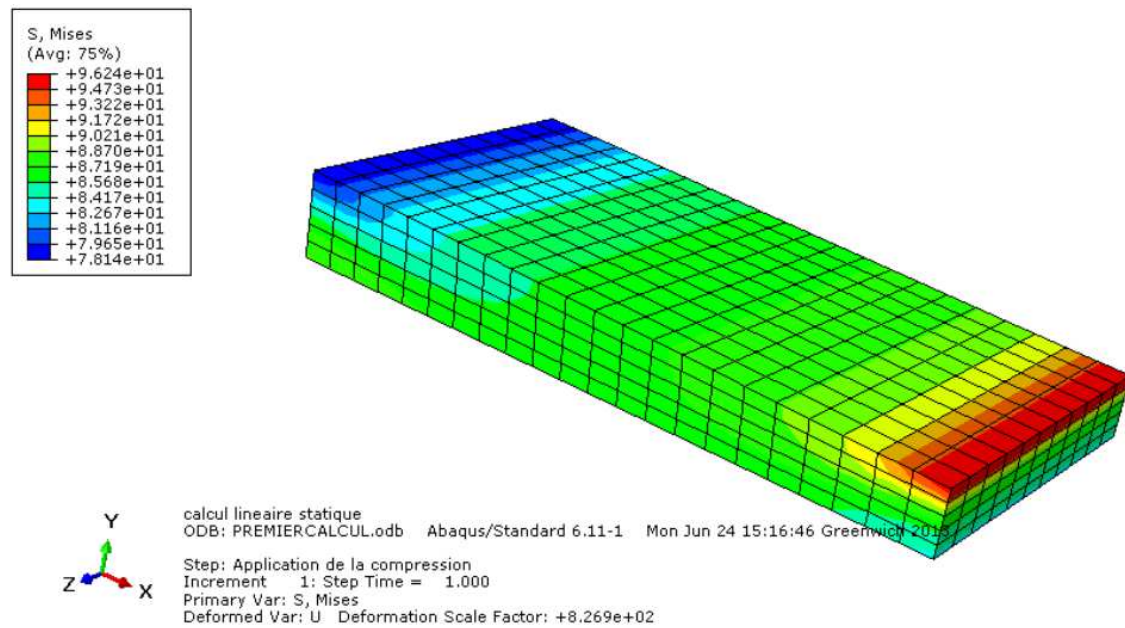


Figure 3.24 : visualisation des déplacements du à la contrainte appliquée au poinçon
 Affichage des champs : en stress S



Affichage des résultats en PEEQ
 Figure 3.25 : visualisation des concentrations des contraintes sur le poinçon

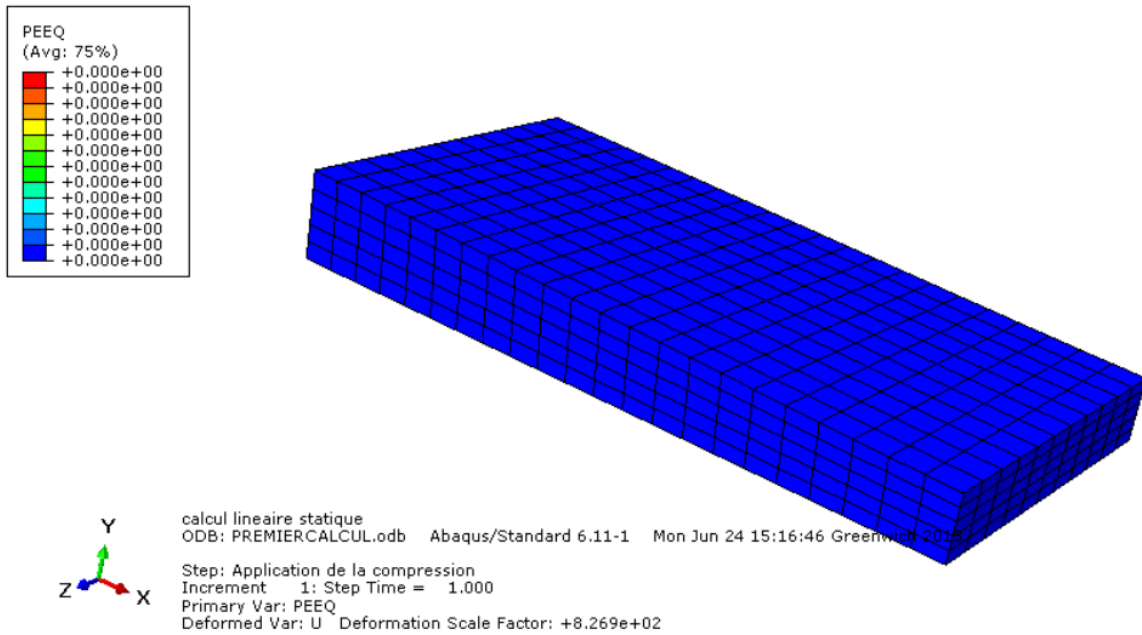


Figure 3.26 : visualisation de la déformation plastique effective
Rapport ABAQUS des déformations et des contraintes de Von mises : Annexe 1

En conclut que:

- Les bords du poinçon subissent un effort très important qui est de $1.37 \text{ e}2$ selon Von mises.
- le centre du poinçon subit une déformation importante de $2.5 \text{ e-}2 \text{ mm}$ ce qui justifie la rupture du poinçon existant au milieu.

4. Spécifications fonctionnelles du moules

4.1. Etude cinématique

Pour faire la compression, le poinçon glisse à l'intérieur de l'empreinte du moule, donc il effectue une liaison glissière. Pour une compression facile on doit faire une étude cinématique et déterminer les spécifications fonctionnelles.

Graphe du mécanisme :

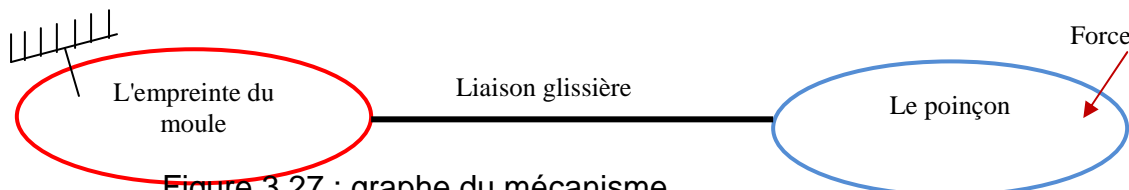


Figure 3.27 : graphe du mécanisme

Schéma cinématique:

La liaison glissière assure un seul degré de liberté, et 5 degrés de liaison en ne permettant que le mouvement de translation dans la direction de la liaison.

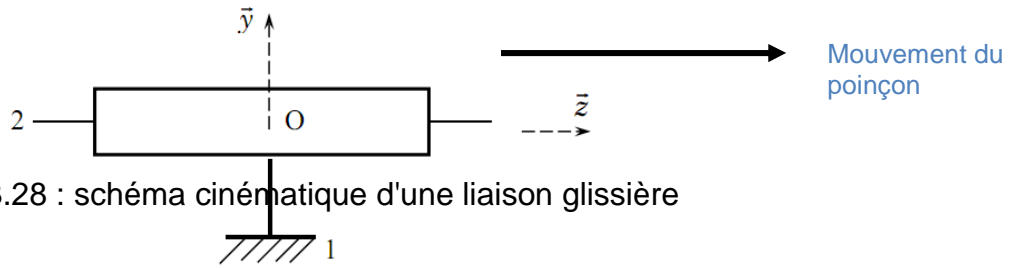


Figure 3.28 : schéma cinématique d'une liaison glissière

4.2. Le Système ISO des tolérances :

L'imprécision inévitable des procédés d'élaboration fait qu'une pièce ne peut pas être réalisée de façon rigoureusement conforme aux dimensions fixées préalable. Il a donc fallu tolérer que la dimension effectivement réalisé soit comprise entre deux dimensions limites, compatible avec un fonctionnement correct de la pièce. La différence entre ces deux dimensions constitue la tolérance.

Système ISO*

Ce système définit un ensemble de tolérances concernant la taille linéaire d'un élément c'est-à-dire :

- La distance entre deux surfaces planes parallèles opposées.
- Le diamètre d'une sphère.
- Le diamètre d'un cylindre.

Les termes alésage et arbre désigne également l'espace contenant ou l'espace contenu compris entre deux surfaces planes parallèles d'une pièce quelconque : largeur de rainure, épaisseur de clavette etc.

Désignation des tolérances

Pour chaque dimension nominale ou taille nominale, il est prévu toute une gamme de tolérances.

La valeur de ces tolérances est symbolisée par un numéro dit (degré de tolérances).il existe 20 degré de tolérances correspondant chacune à des tolérances fondamentales : IT01, IT02, IT03 ... fonction de la dimension nominale

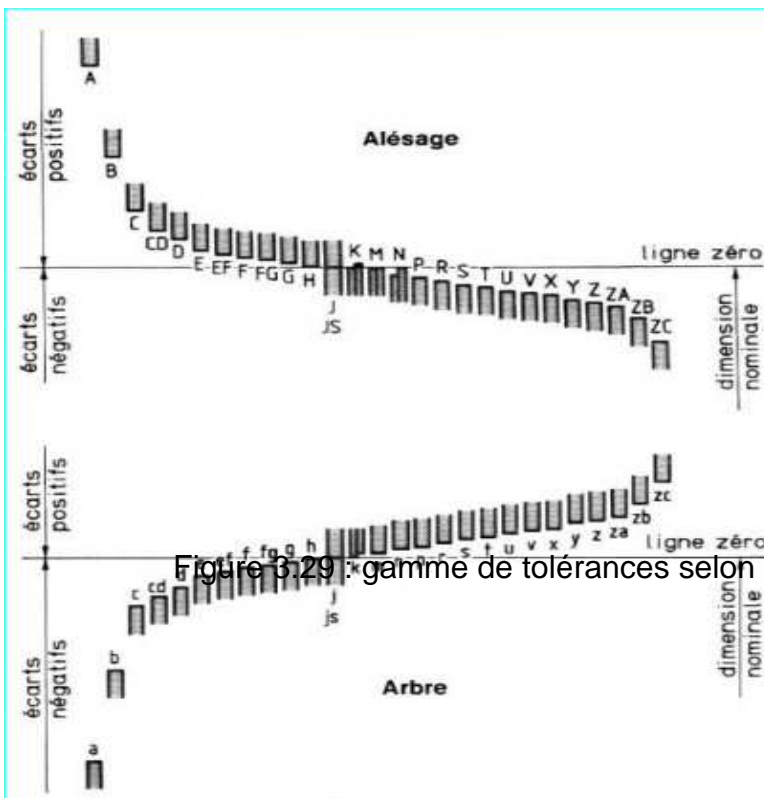
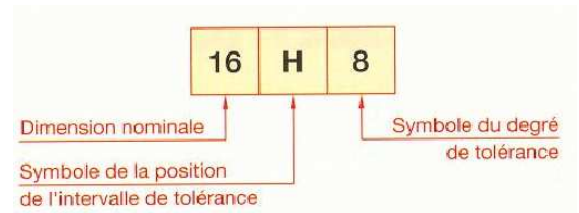


Figure 3.29 : gamme de tolérances selon arbre ou alésage.



4.3. Ajustements :

Un ajustement est constitué par l'assemblage de deux pièces de même dimension nominale. Il est désigné par cette dimension nominale suivie des classes de tolérances correspondant à chaque pièce, en commençant par l'alésage

La position relative des intervalles de tolérances détermine :

- Un ajustement avec jeu
- Un ajustement incertain
- Un ajustement avec serrage

Choix de l'ajustement :

Le jeu est naturellement positif lorsque l'ajustement est glissant.

Les cotes des pièces étant comprises chacune dans l'intervalle de tolérance, le jeu résultant est de valeur variable. On calcul alors les valeurs extrêmes:

Le jeu maximum étant alors: $J_{max} = D_{max} - d_{min(1)}$

Et le jeu minimum : $J_{min} = D_{min} - d_{max(2)}$

L'intervalle de tolérance note IT est l'écart entre les cotes extrêmes admissibles. De ce fait, une soustraction membre à membre des deux équations ci-dessus donne:

$$IT_{\text{jeu}} = J_{\text{max}} - J_{\text{min}} = (D_{\text{max}} - d_{\text{min}}) - (D_{\text{min}} - d_{\text{max}})$$

$$IT_{\text{jeu}} = IT_{\text{alésage}} + IT_{\text{arbre}}$$

Pièces mobiles entre elles :

- 1- Grand jeu :
H11 d11, et parfois **H11 c11**, **H9 d9**, **H9 c9** ou **H9 c8**.
- 2- Jeu usuel (pièce tournante ou glissante) :
H8 f7, **H8 e8**, **H9 e9**, et parfois **H7 e7**.
- 3- Jeu précis (mouvement de faible course) :
H7 g6, et parfois **H6 g5**.

Or pour notre, on a deux pièces glissante donc on a choisit un jeu usuel pièce avec le degré de tolérances suivant :

H8e8

Table Choix.doc	Table de Choix des Ajustements	Le : 31.01.2006 Page N°
-----------------	---------------------------------------	----------------------------

CHOIX DE LA LETTRE :

Mouvement et transmission de l'effort	Caractère de la liaison	Montage	Système à alésage normal	Système à arbre normal	Jeu
Mouvement possible	Ajustement libre le guidage est très peu précis.	à la main	H - e	E - h	important
	Guidage en rotation	à la main	H - f	F - h	petit
	Guidage en translation	à la main	H - g	G - h	petit
Pas de Mouvement pas d'effort	Positionnement précis démontable	à la main	H - h	H - h	très petit
	Positionnement précis démontable	au maillet	H - js	Js - h	Incertain jeu ou serrage
	Positionnement très précis démontable 4 à 5 fois	au maillet	H - k	K - h	
			H - m	M - h	

Tableau 3.6 : table du choix de l'ajustement selon l'usage

Pour l'empreinte du moule (alésage) on a choisit d'après le tableau extrait du (guide du dessinateur industriel) l'écart en micromètre suivant selon le jeu qu'on a choisit

Pour la partie mobile du moule qui est le poinçon (l'arbre) on a choisit les écarts en micromètre suivant:

Arbre	Jusqu'à 3 inclus	3 à 6 inclus	6 à 10	10 à 18	18 à 30	30 à 50	50 à 80	80 à 120	120 à 180	180 à 250	250 à 315	315 à 400	400 à 500
a 11	-270 -330	-270 -345	-280 -370	-290 -400	-300 -430	-320 -470	-360 -530	-410 -600	-580 -710	-820 -950	-1 050 -1 240	-1 350 -1 560	-1 650 -1 900
c 11	-60 -120	-70 -145	-80 -170	-95 -205	-110 -240	-130 -280	-150 -330	-180 -390	-230 -450	-280 -530	-330 -620	-400 -720	-480 -840
d 9	-20 -45	-30 -60	-40 -75	-50 -93	-65 -117	-80 -142	-100 -174	-120 -207	-145 -245	-170 -285	-190 -320	-210 -350	-230 -385
d 10	-20 -60	-30 -78	-40 -98	-50 -120	-65 -149	-80 -180	-100 -220	-120 -250	-145 -305	-170 -355	-190 -400	-210 -440	-230 -480
d 11	-20 -80	-30 -105	-40 -130	-50 -160	-65 -195	-80 -240	-100 -290	-120 -340	-145 -395	-170 -460	-190 -510	-210 -570	-230 -630
e 7	-14 -24	-20 -32	-25 -40	-32 -50	-40 -61	-50 -75	-60 -90	-72 -107	-85 -125	-100 -146	-110 -162	-125 -182	-135 -198
e 8	-14 -28	-20 -38	-25 -47	-32 -59	-40 -73	-50 -89	-60 -106	-72 -126	-85 -148	-100 -172	-110 -191	-125 -214	-135 -232
e 9	-14 -39	-20 -50	-25 -61	-32 -75	-40 -92	-50 -112	-60 -134	-72 -159	-85 -185	-100 -215	-110 -240	-125 -265	-135 -290
f 6	-6 -12	-10 -18	-13 -22	-16 -27	-20 -33	-25 -41	-30 -49	-36 -58	-43 -68	-50 -79	-56 -88	-62 -98	-68 -108
f 7	-6 -16	-10 -22	-13 -28	-16 -34	-20 -41	-25 -50	-30 -60	-36 -71	-43 -83	-50 -96	-56 -106	-62 -119	-68 -131
f 8	-6	-10	-13	-16	-20	-25	-30	-36	-43	-50	-56	-62	-68

Tableau 3.7 : choix de l'écart de l'alésage selon l'ajustement choisit

Tableau 3.8 : choix de l'écart de l'arbre selon l'ajustement choisit

Donc pour l'empreinte du moule les tolérances sont : $220_0^{+0.072}mm$

Et pour le poinçon les tolérances sont : $220_{-0.172}^{-0.1}mm$

On peut maintenant calculer le jeu maximal :

$$J_{max} = 220.072 - 219.828 = 0.244mm$$

$$J_{min} = 0 - (-0.1) = 0.1mm$$

On déduit l'intervalle de tolérance :

$$IT = (D_{max} - d_{min}) - (D_{min} - d_{max}) = 0.244 - (0 - 0.1) = 0.344mm$$

4.4. Etat de surface :

Etats de surface sont les irrégularités des surfaces dues au procédé d'élaboration de la pièce (usinage, moulage, etc.). Ils sont, le plus souvent, mesurés avec des appareils à palpeur à pointe de diamant, appelés profilomètres, qui relèvent le profil de la surface. Ces appareils impriment un graphique anamorphosé du profil réel palpé (c'est-à-dire que l'agrandissement vertical est plus important que l'agrandissement horizontal). Ce graphique permet de visualiser la forme des irrégularités et d'estimer leur profondeur et leur espacement.

Les paramètres liés à la surface sont :

- Profondeur moyen d'ondulation W

- Profondeur moyenne de rugosité
- Pas moyen de rugosité AR
- Ecart moyen arithmétique du profil Ra

On a utilisé le guide de déterminer la rugosité :

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |z(x)| dx \quad Ra \approx \frac{|z_1| + \dots + |z_n|}{n}$$

tableau suivant extrait du dessinateur industriel pour

Surface	Fonction	Condition	Exemples d'application	Ra*	R*	W*
Avec déplacements relatifs	Frottement de glissement (1)	Moyenne	Coussinets - Portées d'arbres	0,8	2	≤ 0,8R
		Difficile	Glissières de machines-outils	0,4	1	
	Frottement de roulement (2)	Moyenne	Galets de roulement	0,4	1	≤ 0,3R
		Difficile	Chemins de roulements à billes	0,02	0,06	
	Résistance au matage**	Moyenne	Canons de machines automatiques	0,4	1	-
		Difficile	Extrémités de tiges de poussée	0,10	0,25	
	Frottement fluide	Moyenne	Conduits d'alimentation	6,3	16	-
		Difficile	Gicleurs	0,2	0,5	
	Étanchéité dynamique (3)	Moyenne	Portées pour joints toriques	0,4	1	≤ 0,6R
		Difficile	Portées pour joints à lèvres	0,3	0,8	
assemblage fixe	Étanchéité statique (3)	Moyenne	Surfaces d'étanchéité avec joint plat	1,6	4	≤ R
		Difficile	Surfaces d'étanchéité glacées - sans joint	0,1	0,25	
	Assemblage fixe (contraintes faibles)	Moyenne	Portées et centrages de pièces fixes démontables	3,2	10	-
		Difficile	Portées et centrages précis	1,6	4	

Donc on choisit le choix de surface de la fonction et les conditions

4.5. **Procédés d'élaboration et états de surface :**

Procédé d'élaboration		Écart moyen arithmétique Ra en micromètres												
		50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025	
Désignation														
SURFACES BRUTES	Estampage													
	Forgeage													
	Grenailage													
	Laminage	filage – extrusion à chaud												
		tréfilage – étirage à froid												
	Matriçage	à chaud												
		à froid												
	Moulage	au sable												
		cire perdue – procédé Schaw...												
		en coquille, par gravité												
		en coquille, sous pression												
	Moulage plastique													
	Sablage													
	Alésage	outil acier rapide												
outil carbure ou diamant														
SURFACES USINÉES	Meulage	à main												
		au disque												
		électrolytique												
	Mortaisage													
	Oxycoupage													
	Perçage au foret													
	Polissage	mécanique												
		électrolytique												
	Rabotage													
	Rectification	cylindrique												
		plane												
		diamant												
	Rodage	à la pierre												
		au rodoir												
	Sciage													
	Superfinition													
	Taillage	fraise module												
		fraise mère												
Tournage	outil acier rapide													
	outil carbure ou diamant													

Tableau 3.10 : choix du procédé de l'élaboration de l'état de surface

On peut utiliser comme procédés d'élaboration de la surface la rectification plane puisqu'on dispose d'une rectifieuse à la société.

4.6. Calcul des tolérances géométriques

Tolérances de perpendicularité :

Soit à déterminer les tolérances de perpendicularité entre les surfaces qui réalisent la liaison glissière entre le poinçon et l'empreinte du moule.

Conditions du montage :

Les conditions favorable sont obtenus lorsque les éléments concernés sont dans leur état minimale de matière et que les écarts de perpendicularité sont les plus petits.

Soit t_1 le défaut maximale de perpendicularité du poinçon.

Soit t_2 le défaut maximale de perpendicularité de l'alésage.

Donc $t_1+t_2= J_{min}$

On a la règle suivante qui dit : la somme des tolérances de perpendicularité est égale au jeu minimal de l'ajustement.

Si l'on admet une répartition égale de la valeur du jeu J_{min} , pour chaque tolérances de perpendicularité on a :

$$t_1 = t_2 = \frac{J_{min}}{2} = \frac{0.1}{2} = 0.05mm$$

Tolérances de planéité :

On peut utiliser le tableau de tolérancement géométrique d'après NF E 04-552 : qui est de 0.05 mm

La surface tolérancée doit être comprise entre deux plans distants de 0.05 mm

Extrait du site (technique de l'ingénieur)

Tolérances d'inclinaison :

Même chose pour l'inclinaison on utilise ce tableau : on a une tolérance de 0.1mm

Tolérances de parallélisme :

La surface supérieure doit être comprise entre deux surfaces distantes de 0.1mm parallèle à la surface inférieure.

- Tolérancement géométrique (d'après NF E 04-552)					
Symboles et caractéristiques à tolérer		Exemples d'indication et d'interprétation			
		Indication sur le dessin	Zone de tolérance	Interprétation	
Tolérances de forme	Éléments isolés	- Rectitude d'une ligne ou d'un axe			L'axe du cylindre dont la cote est reliée au cadre de la tolérance doit être compris dans une zone cylindrique de 0,03 de diamètre.
		□ Planéité d'une surface			La surface tolérancée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0,05.
		○ Circularité d'un disque, d'un cylindre, d'un cône, etc.			Le pourtour de chaque section droite doit être compris dans une couronne circulaire de largeur 0,02.
		⊘ Cylindricité			La surface considérée doit être comprise entre deux cylindres coaxiaux dont les rayons différent de 0,05.
	Éléments isolés ou associés	⌒ Forme d'une ligne quelconque (profil ou contour)			Dans chaque section parallèle au plan de la projection, le profil considéré doit être compris entre deux lignes enveloppes des cercles de diamètre 0,04 dont les centres sont situés sur une ligne avant le profil géométrique correct.
		⊂ Forme d'une surface quelconque			La surface considérée doit être comprise entre deux surfaces enveloppes des sphères de diamètre 0,03 dont les centres sont situés sur une surface ayant la forme géométrique théorique.
Tolérances d'orientation	Éléments associés	// Parallélisme d'une ligne (axe) ou d'une surface par rapport à une droite de référence ou un plan de référence			L'axe supérieur doit être compris dans une zone cylindrique de diamètre 0,1 parallèle à l'axe inférieur A (droite de référence).
		⊥ Perpendicularité d'une ligne (axe) ou d'une surface par rapport à une droite ou un plan de référence			L'axe du cylindre dont la cote est reliée au cadre de tolérance doit être compris entre deux droites parallèles distantes de 0,06 perpendiculaires au plan de référence et se trouvant dans le plan indiqué sur le dessin.
		∠ Inclinaison d'une ligne (axe) ou d'une surface par rapport à une droite ou un plan de référence			L'axe du trou doit être compris entre deux droites parallèles distantes de 0,1 et formant avec le plan de référence un angle de 60°.
Tolérances de position	Éléments isolés	⊕ Localisation de lignes, axes ou surfaces entre eux ou par rapport à un ou plusieurs éléments			L'axe du trou doit être compris dans une zone cylindrique d'un diamètre de 0,05 dont l'axe est dans la position théorique spécifique de la ligne.
		◎ Coaxialité (concentricité) d'un axe ou d'un point par rapport à un axe ou un point de référence			L'axe du cylindre dont la cote est reliée au cadre de tolérance doit être compris dans une zone cylindrique de diamètre 0,03 coaxiale à l'axe commun de référence A.
		≡ Symétrie d'un plan médian ou d'une ligne médiane (axe) par rapport à une droite ou un plan de référence			Le plan médian de la rainure doit être compris entre deux plans parallèles distants de 0,06 et disposés symétriquement par rapport au plan médian de l'élément de référence A.

Tableau 3.11 : choix des tolérances géométriques correspondants à la norme française E04 - 552

4.7. Le montage de l'empreinte du moule sur la cage :

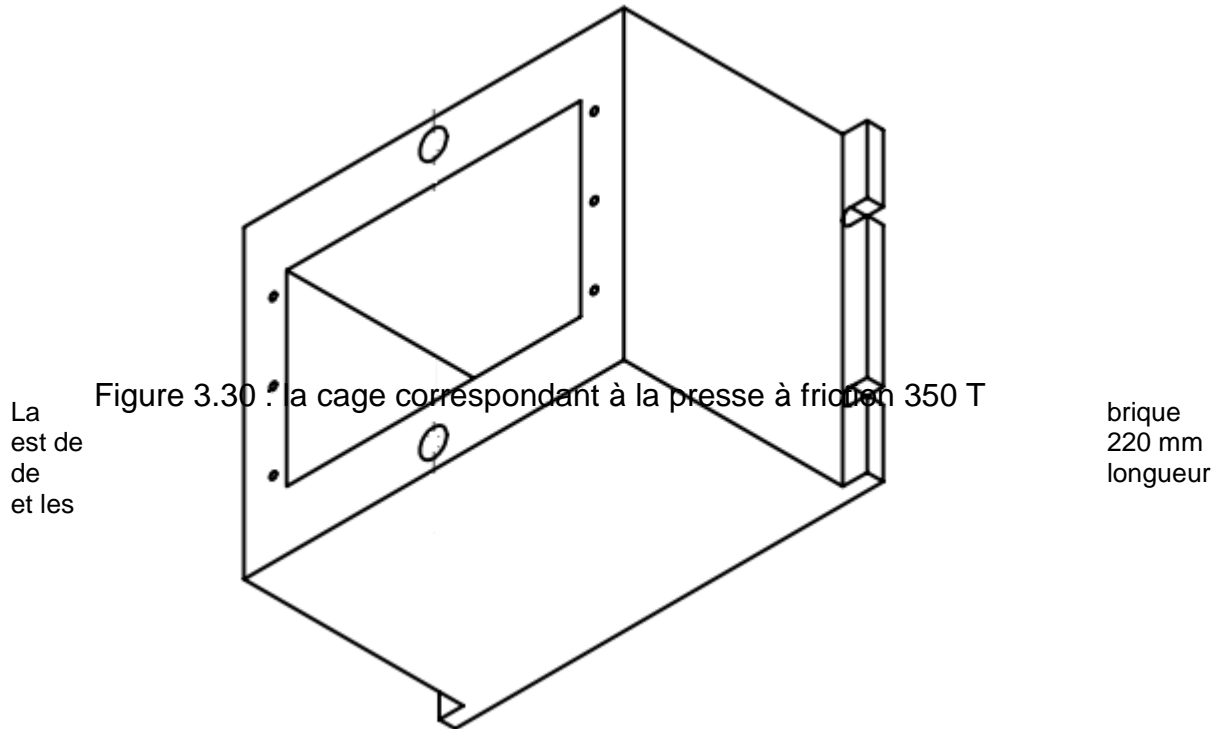
Le montage des entretoises et des longerons sur la cage se fait avec clavetage, à l'aide des cales à l'intérieur de la cage, comme on a prévu dans la matrice morphologique.

La cage a les dimensions suivantes :

300 mm de longueur

270 mm de largeur.

Et 180 mm de hauteur



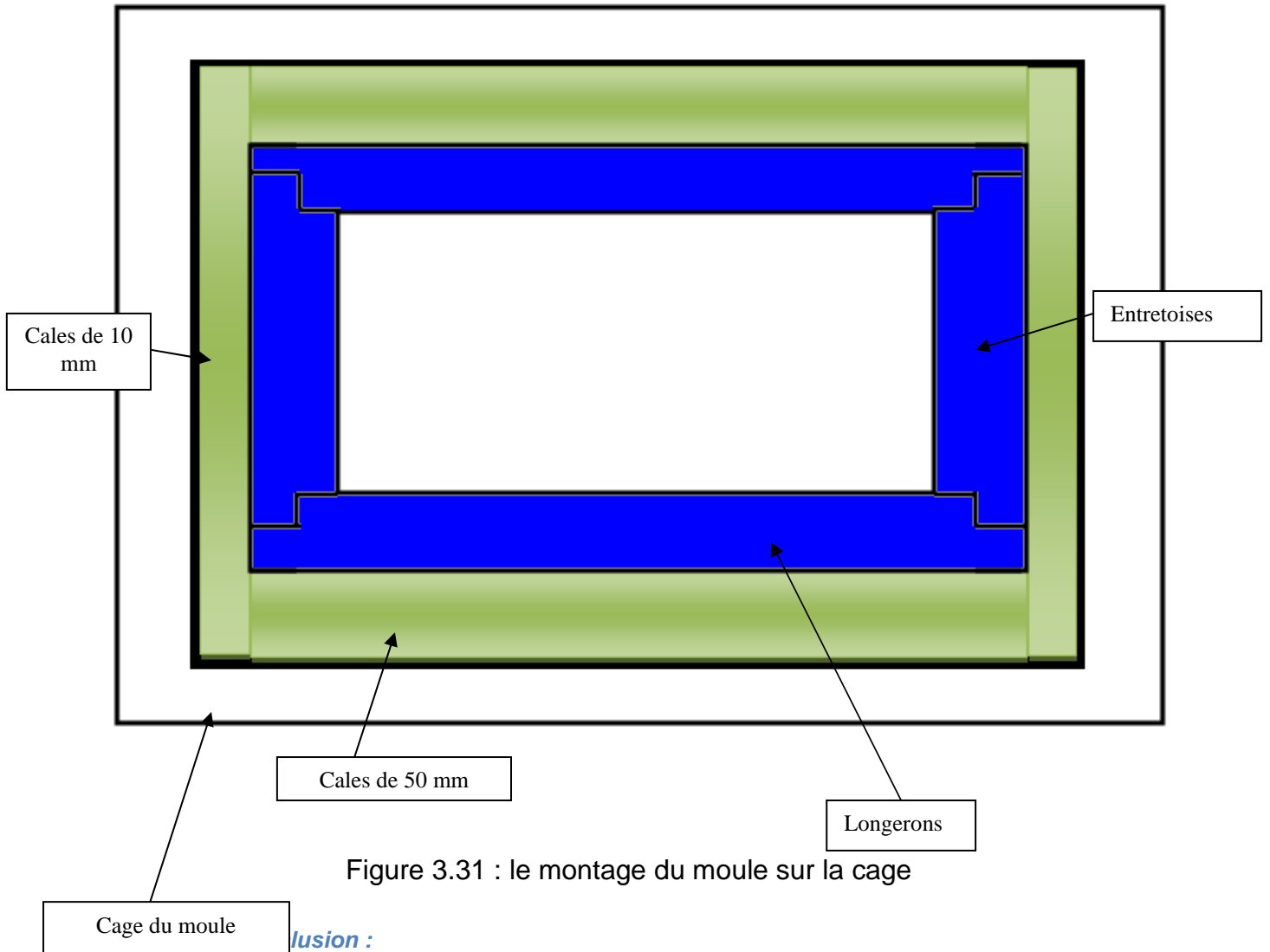
entretoises de 30 mm d'épaisseur, donc l'espace vide qui reste dans la cage c'est : $300 - 280 = 20$ mm

C'est la raison pour laquelle on va faire le serrage avec des cales de 10 mm d'épaisseur de part et d'autre de l'empreinte du moule.

Ainsi pour la largeur $270 - 170 = 100$ mm

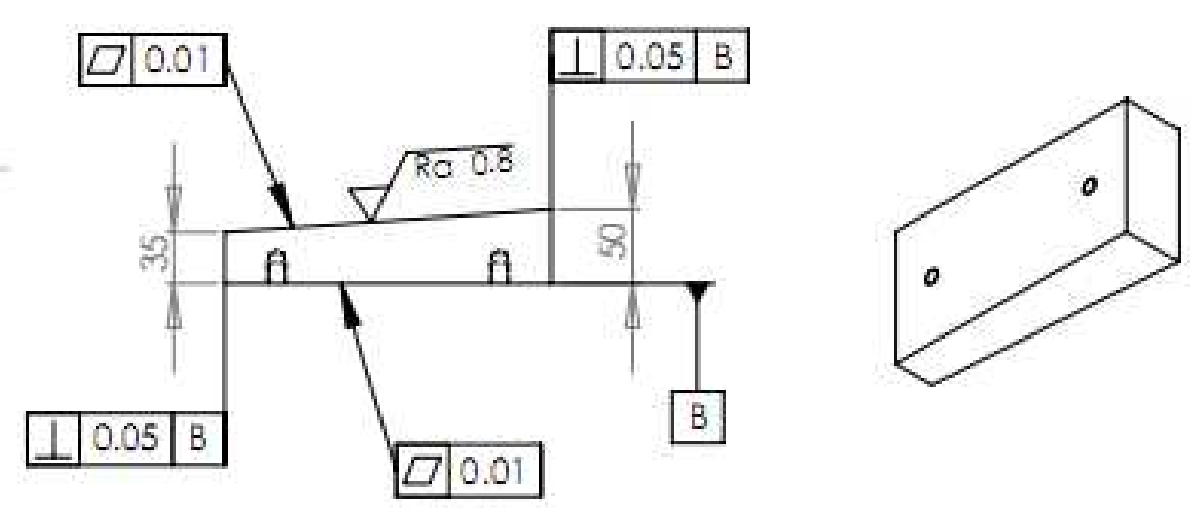
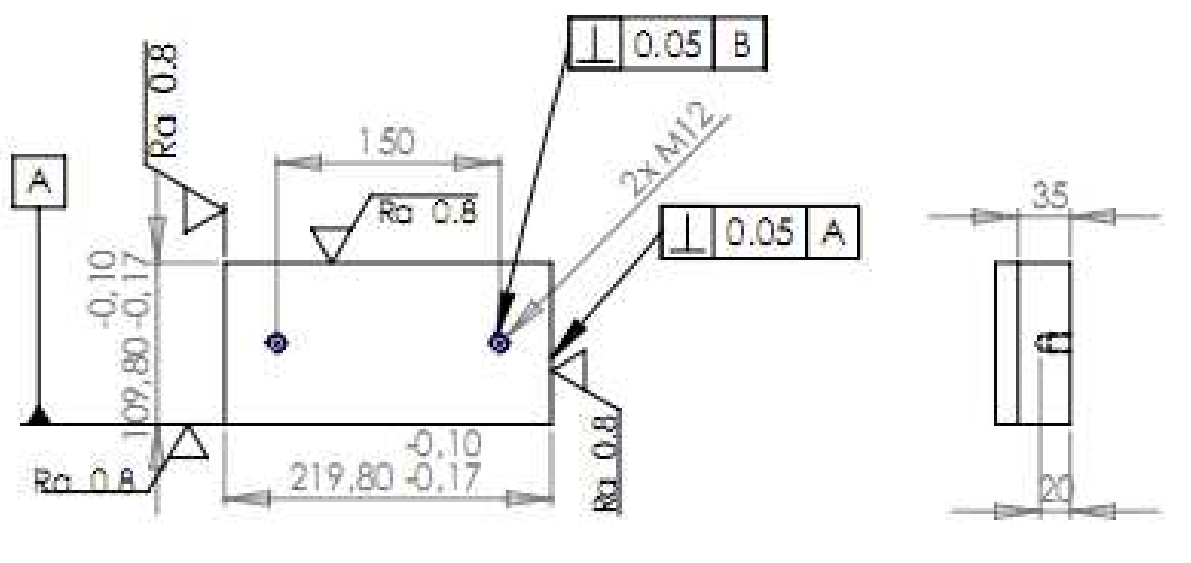
Donc on met des cales de 50 mm d'épaisseur pour la largeur.

Comme suit :



Pour éviter les problèmes qu'on a cités sur le processus créatif de résolution de problème, on doit respecter les spécifications fonctionnelles qu'on vient d'analyser, avec des contrôles et des mesurages. Pour se faire il faut avoir un laboratoire avec des moyens basique de mesurage comme : des calibres à mâchoires, des jauges plates, des jauges de profondeur, Donc j'incite la société à investir une somme d'argent sur ces outillages.

5. Dessin de définition du poinçon du moule CN30 :



SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES SAUF SURFACE: TOLERANCES USAINES ANGLES 45°		MATERIAU:		CA 2228 LES ANGLAIS VPS		NE PAS CHANGER L'ECHELLE		REVUS ON	
						SEDRIC S.A.			
						POINÇON INFÉRIEUR MOULE CN30			
						Pressé 300T-Cage 300X270X180 DOWNER PUNCH			
				Acier faiblement allié AISI 4340		NO DE PLAN		A4	
						SE- HS-OP-043-002			
						ECHELLE: 1:1		FEUILLE 1 SUR 1	

6- Gammes d'usinage du poinçon du moule CN30:

Après avoir choisi les opérations à effectuer, il faut les ordonner en tenant compte des antériorités techniques et économiques, et plus particulièrement les exigences de tolérances

Avant d'élaborer la gamme, on doit:

1. bien lire le dessin de définition de chaque pièce du moule.
2. Identifier la machine utilisée (tour, fraiseuse, etc.)
3. Choisir le brut (planifier les surépaisseurs, en barre/bloc, casting, etc.)
4. Séparer la fabrication en opérations
5. Séparer les opérations en séquences
6. Attribuer un outil à chaque séquence

Pour le poinçon, le brut a les dimensions 224x114x50, on a ajouté 4 mm pour le surfaçage, puis on doit effectuer les opérations suivantes :

- Le surfaçage du brut pour avoir les dimensions du poinçon
- Le perçage des deux trous taraudés au dessous du poinçon
- Le fraisage de la face du poinçon pour avoir la conicité de 15 mm
- La rectification de la face du poinçon pour avoir une rugosité de 0.8

On commence par le perçage des deux trous puisque la contrainte géométrique de perpendicularité entre les trous et la face du poinçon nous oblige de commencer par le perçage.

Et finalement on fait la rectification de la face du poinçon comme dernière étape pour garder
En bon état la surface rectifier

On commence par la gamme d'usinage du poinçon supérieur et inférieur, puisqu'ils sont symétriques, on fait une seule gamme d'usinage pour les deux.

1. Gamme d'usinage du poinçon inférieur :

Voir Annexe 2

7- Les différentes tâches effectuées au sein de la société

Au cours de mon stage j'ai effectué plusieurs tâches :

- La conception des 3 moules, le moule SN10, NEZ DE VOUTE , le moule de la DALLE ALVEOLE pour le fouloir
- J'ai fait la conception de plusieurs briques à partir du croquis fournis par le client, afin de présenter les différentes vues de la brique (vue de face, vue de droite, vue de dessus...) et présenter toutes les cotes fonctionnelles de la brique. Et aussi calculer le volume des briques pour le service qualité qui les utilisera pour le contrôle qualité.

Le moule SN10 : **Annexe 3**

Le moule DALLE ALVEOLE : **Annexe 4**

Les briques REP3, REP2, SU.NAG HD4...: **Annexe 5**

Conclusion et perspectives :

Pour conclure, cette étude sur le moule CN30 se compose de deux volets. le premier le premier a été consacré à une technique amélioration de la conception du moule CN30 Puis la conception et la mise en plan de plusieurs moules et plusieurs briques réfractaires. Ce qui m'a permis d'approfondir mes connaissances au niveau de la conception des moules.

Et en faisant la comparaison des matériaux existants et le matériau que j'ai trouvé, les résultats sont admirés par l'établissement d'accueil

	Acier faiblement allié AISI 4340 (le matériau de mon analyse)	Hardox 400 Matériau choisit par l'expert)	XC 48 (le matériau endommagé)
Limite d'élasticité	1230 - 1500	1000	275
Limite à la traction	1320 - 1620	1250	560
La dureté	385 - 475	370 - 430	80

:

Tableau 4 : Comparaison des matériaux du poinçon

Cela démontre que le matériau que j'ai choisit a des caractéristiques plus importantes et suffisantes pour les performances demandées.

Finalement les spécifications fonctionnelles que j'ai élaborées étaient très utiles pour le bon fonctionnement du moule, puis on peut recommander la société à investir sur un laboratoire de mesure et de contrôle, ce qui permet aux responsables de l'usinage de vérifier et de contrôler les dimensions et les tolérances géométriques du moule au cours de la fabrication.

Je tiens à signaler que l'expert français m'a beaucoup aidé sur la façon de mise en plan avec Solidworks du moule, sachant que ça peut différer d'une entreprise à une autre selon le besoin, mais les règles reste les mêmes.

Tout cela m'a permis d'avoir une idée sur le travail et de m'insérer dans le monde de l'industrie aussi de me familiariser avec les différents dysfonctionnements qu'on peut rencontrer au travail et une bonne connaissance au niveau de la conception des moules.



Bibliographie et webographie

- 1- Michael Ashby, Y. B. Sélection des matériaux et des procédés de mise en œuvre.
- 2- Guide Du Dessinateur Industriel - André Chevalier.
- 3- Le livre Conception des machines PRINCIPES ET APPLICATION-
- 4- ASM Metals Handbook, vol 08
- 5- ASM Métaux Handbook vol 19
- 6- www.techniques-ingenieur.fr/

Liste des annexes :

Annexe 1 : Rapport ABAQUS des déformations et des contraintes de Von mises

Annexe 2 : la gamme d'usinage du poinçon du moule CN30



Annexe 3 : le dessin de définition des composantes du moule SN10

Annexe 4 : le dessin de définition des composantes du moule DALLE ALVEOLE

Annexe 5 : le dessin de définition des briques



Annexe 1



UNIVERSITÉ SIDI MOHAMMED BEN ABDELLAH - FÈS

FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES

DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE



IFC FC	S. Mises @LOC 1	S. Max. Prin @LOC 1	S. Mid. Prin @LOC 2	S. Mir. Fdir @LOC 1	S. Tresse @LOC 1	S. Pressure @LOC 1	S. Third Inv @LOC 2	S. SII @LOC 1
1	2.33350	-989.462E-03	-2.26580	-3.45195	2.46249	1.90240	-2.29942	-992.72E-03
2	2.16947	-1.17798	-2.30703	-3.40809	2.23011	1.96437	-2.25982	-2.17798
3	2.11426	-1.24805	-2.32449	-3.39929	2.15124	1.99061	-2.22094	-2.24811
4	2.07399	-1.30056	-2.33643	-3.38855	2.08855	2.00855	-2.06969	-2.30057
5	2.04316	-1.33218	-2.34322	-3.36583	2.04356	2.01872	-2.04309	-2.33220
6	2.33350	-989.462E-03	-2.26580	-3.45195	2.46249	1.90240	-2.29942	-992.72E-03
7	2.16947	-1.17798	-2.30703	-3.40809	2.23011	1.96437	-2.25982	-2.17798
8	2.11426	-1.24805	-2.32449	-3.39929	2.15124	1.99061	-2.22094	-2.24811
9	2.07399	-1.30056	-2.33643	-3.38855	2.08855	2.00855	-2.06969	-2.30057
10	2.04316	-1.33218	-2.34322	-3.36583	2.04356	2.01872	-2.04309	-2.33220
11	2.33350	-989.462E-03	-2.26580	-3.45195	2.46249	1.90240	-2.29942	-992.72E-03
12	2.16947	-1.17798	-2.30703	-3.40809	2.23011	1.96437	-2.25982	-2.17798
13	2.11426	-1.24805	-2.32449	-3.39929	2.15124	1.99061	-2.22094	-2.24811
14	2.07399	-1.30056	-2.33643	-3.38855	2.08855	2.00855	-2.06969	-2.30057
15	2.04316	-1.33218	-2.34322	-3.36583	2.04356	2.01872	-2.04309	-2.33220
16	2.33350	-989.462E-03	-2.26580	-3.45195	2.46249	1.90240	-2.29942	-992.72E-03
17	2.16947	-1.17798	-2.30703	-3.40809	2.23011	1.96437	-2.25982	-2.17798
18	2.11426	-1.24805	-2.32449	-3.39929	2.15124	1.99061	-2.22094	-2.24811
19	2.07399	-1.30056	-2.33643	-3.38855	2.08855	2.00855	-2.06969	-2.30057
20	2.04316	-1.33218	-2.34322	-3.36583	2.04356	2.01872	-2.04309	-2.33220
21	2.33350	-989.462E-03	-2.26580	-3.45195	2.46249	1.90240	-2.29942	-992.72E-03
22	2.16947	-1.17798	-2.30703	-3.40809	2.23011	1.96437	-2.25982	-2.17798
23	2.11426	-1.24805	-2.32449	-3.39929	2.15124	1.99061	-2.22094	-2.24811
24	2.07399	-1.30056	-2.33643	-3.38855	2.08855	2.00855	-2.06969	-2.30057
25	2.04316	-1.33218	-2.34322	-3.36583	2.04356	2.01872	-2.04309	-2.33220
26	2.33350	-989.462E-03	-2.26580	-3.45195	2.46249	1.90240	-2.29942	-992.72E-03
27	2.16947	-1.17798	-2.30703	-3.40809	2.23011	1.96437	-2.25982	-2.17798
28	2.11426	-1.24805	-2.32449	-3.39929	2.15124	1.99061	-2.22094	-2.24811
29	2.07399	-1.30056	-2.33643	-3.38855	2.08855	2.00855	-2.06969	-2.30057
30	2.04316	-1.33218	-2.34322	-3.36583	2.04356	2.01872	-2.04309	-2.33220
31	2.33350	-989.462E-03	-2.26580	-3.45195	2.46249	1.90240	-2.29942	-992.72E-03
32	2.16947	-1.17798	-2.30703	-3.40809	2.23011	1.96437	-2.25982	-2.17798
33	2.11426	-1.24805	-2.32449	-3.39929	2.15124	1.99061	-2.22094	-2.24811
34	2.07399	-1.30056	-2.33643	-3.38855	2.08855	2.00855	-2.06969	-2.30057
35	2.04316	-1.33218	-2.34322	-3.36583	2.04356	2.01872	-2.04309	-2.33220
36	2.33350	-989.462E-03	-2.26580	-3.45195	2.46249	1.90240	-2.29942	-992.72E-03
37	2.16947	-1.17798	-2.30703	-3.40809	2.23011	1.96437	-2.25982	-2.17798
38	2.11426	-1.24805	-2.32449	-3.39929	2.15124	1.99061	-2.22094	-2.24811
39	2.07399	-1.30056	-2.33643	-3.38855	2.08855	2.00855	-2.06969	-2.30057
40	2.04316	-1.33218	-2.34322	-3.36583	2.04356	2.01872	-2.04309	-2.33220
41	2.33350	-989.462E-03	-2.26580	-3.45195	2.46249	1.90240	-2.29942	-992.72E-03
42	2.16947	-1.17798	-2.30703	-3.40809	2.23011	1.96437	-2.25982	-2.17798
43	2.11426	-1.24805	-2.32449	-3.39929	2.15124	1.99061	-2.22094	-2.24811



Échantillon	TC	S.Mises	S.Max. Pr'n	S.Mic. Pr'n	S.Min. Pr'n	S. Presses	S. Pressure	S. Aire Inv	S. SL
Label	Pr	θLOC 1	θLOC 1	θLOC 1	θLOC 1	θLOC 1	θLOC 1	θLOC 1	θLOC 1
1	1	2.33650	-939,462E-03	-2,26580	-3,41195	2,46242	1,93240	-2,23941	-39,172E-03
2	1	2.16827	-2,17793	-2,30763	-3,40609	2,23011	1,88437	-2,15981	-1,17798
3	1	2.11406	-2,24825	-2,32449	-3,39929	2,15124	1,93061	-2,11094	-1,24311
4	1	2.07039	-2,30055	-2,33643	-3,38865	2,08603	2,08655	-2,05969	-1,32017
5	1	2.04316	-2,33213	-2,34321	-3,38063	2,02865	2,08674	-2,04309	-1,33220
6	1	2.33650	-939,462E-03	-2,26580	-3,41195	2,46242	1,93240	-2,23941	-39,172E-03
7	1	2.16827	-2,17793	-2,30763	-3,40609	2,23011	1,88437	-2,15981	-1,17798
8	1	2.11406	-2,24825	-2,32449	-3,39929	2,15124	1,93061	-2,11094	-1,24311
9	1	2.07039	-2,30055	-2,33643	-3,38865	2,08603	2,08655	-2,05969	-1,32017
10	1	2.04316	-2,33213	-2,34321	-3,38063	2,02865	2,08674	-2,04309	-1,33220
11	1	2.33650	-939,462E-03	-2,26580	-3,41195	2,46242	1,93240	-2,23941	-39,172E-03
12	1	2.16827	-2,17793	-2,30763	-3,40609	2,23011	1,88437	-2,15981	-1,17798
13	1	2.11406	-2,24825	-2,32449	-3,39929	2,15124	1,93061	-2,11094	-1,24311
14	1	2.07039	-2,30055	-2,33643	-3,38865	2,08603	2,08655	-2,05969	-1,32017
15	1	2.04316	-2,33213	-2,34321	-3,38063	2,02865	2,08674	-2,04309	-1,33220
16	1	2.33650	-939,462E-03	-2,26580	-3,41195	2,46242	1,93240	-2,23941	-39,172E-03
17	1	2.16827	-2,17793	-2,30763	-3,40609	2,23011	1,88437	-2,15981	-1,17798
18	1	2.11406	-2,24825	-2,32449	-3,39929	2,15124	1,93061	-2,11094	-1,24311
19	1	2.07039	-2,30055	-2,33643	-3,38865	2,08603	2,08655	-2,05969	-1,32017
20	1	2.04316	-2,33213	-2,34321	-3,38063	2,02865	2,08674	-2,04309	-1,33220
21	1	2.33650	-939,462E-03	-2,26580	-3,41195	2,46242	1,93240	-2,23941	-39,172E-03
22	1	2.16827	-2,17793	-2,30763	-3,40609	2,23011	1,88437	-2,15981	-1,17798
23	1	2.11406	-2,24825	-2,32449	-3,39929	2,15124	1,93061	-2,11094	-1,24311
24	1	2.07039	-2,30055	-2,33643	-3,38865	2,08603	2,08655	-2,05969	-1,32017
25	1	2.04316	-2,33213	-2,34321	-3,38063	2,02865	2,08674	-2,04309	-1,33220
26	1	2.33650	-939,462E-03	-2,26580	-3,41195	2,46242	1,93240	-2,23941	-39,172E-03
27	1	2.16827	-2,17793	-2,30763	-3,40609	2,23011	1,88437	-2,15981	-1,17798
28	1	2.11406	-2,24825	-2,32449	-3,39929	2,15124	1,93061	-2,11094	-1,24311
29	1	2.07039	-2,30055	-2,33643	-3,38865	2,08603	2,08655	-2,05969	-1,32017
30	1	2.04316	-2,33213	-2,34321	-3,38063	2,02865	2,08674	-2,04309	-1,33220
31	1	2.33650	-939,462E-03	-2,26580	-3,41195	2,46242	1,93240	-2,23941	-39,172E-03
32	1	2.16827	-2,17793	-2,30763	-3,40609	2,23011	1,88437	-2,15981	-1,17798
33	1	2.11406	-2,24825	-2,32449	-3,39929	2,15124	1,93061	-2,11094	-1,24311
34	1	2.07039	-2,30055	-2,33643	-3,38865	2,08603	2,08655	-2,05969	-1,32017
35	1	2.04316	-2,33213	-2,34321	-3,38063	2,02865	2,08674	-2,04309	-1,33220
36	1	2.33650	-939,462E-03	-2,26580	-3,41195	2,46242	1,93240	-2,23941	-39,172E-03
37	1	2.16827	-2,17793	-2,30763	-3,40609	2,23011	1,88437	-2,15981	-1,17798
38	1	2.11406	-2,24825	-2,32449	-3,39929	2,15124	1,93061	-2,11094	-1,24311
39	1	2.07039	-2,30055	-2,33643	-3,38865	2,08603	2,08655	-2,05969	-1,32017
40	1	2.04316	-2,33213	-2,34321	-3,38063	2,02865	2,08674	-2,04309	-1,33220
41	1	2.33650	-939,462E-03	-2,26580	-3,41195	2,46242	1,93240	-2,23941	-39,172E-03
42	1	2.16827	-2,17793	-2,30763	-3,40609	2,23011	1,88437	-2,15981	-1,17798



Annexe 2



N° De phase	Les désignations des phases, sous-phase Et opérations.	Machine	Appareillage outils-coupants Vérification	Croquis de la pièce à ses divers stades d'usinage.
100	Contrôle de brute 224x114x54	Labo		
200	Surfaçage des surfaces: A, B et C $Cf1 = 219.8 \begin{matrix} -0.1 \\ -0.17 \end{matrix}$ $Cf2 = 50 \pm 0.1$ $Cf3 = 109.8 \begin{matrix} -0.1 \\ -0.17 \end{matrix}$ <u>Mise en position :</u> Appui plan Appui linéaire Butée	Fraiseuse	Fraise à surfacier	
300	Centrage, perçage $\varnothing 10$ Taraudage des 2 trous $\varnothing 12$ <u>Cotes de fabrication :</u> $Cf4 = 150 \pm 0.1$ $Cf6 = 12 \pm 0.1$ $Cf5 = 20 \pm 0.1$ <u>Mise en position :</u> Appui linéaire sur B Appui plan sur A Butée sur B'	Percuse	Centreur Foret $\varnothing 10$. Foret $\varnothing 12$ Taraud $\varnothing 12$.	

<p>400</p>	<p>Fraisage de C : $Cf4 = 35 \pm 0.1$ $Cf5 = 3.90^\circ$ $Cf6 = 50 \pm 0.1$</p> <p>Mise en position</p> <p>Appui plan sur D Appui linéaire sur B Butée sur E</p>	<p>Fraiseuse</p>	<p>Fraise 2 tailles P à C</p>	<p><u>Vue de dessus :</u></p>
<p>500</p>	<p>Rectification de C: $Cf7 = 49.9 \pm 0.1$ $Cf5 = 34.9 \pm 0.1$</p> <p>Mise en position</p> <p>Appui plan sur D Appui linéaire sur B Butée sur E</p>	<p>Rectifuseuse</p>	<p>Disque abrasif P à C</p>	
<p>600</p>	<p>Contrôle final</p>			



UNIVERSITÉ SIDI MOHAMMED BEN ABDELLAH - FÈS
FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES
DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE

