



Université Mohamed Khider de Biskra
Entrez votre faculté
Entrez votre département

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Construction Mécanique

Réf. :

Présenté et soutenu par :

Trodi Samir

Le : mercredi 16 septembre 2020

Conception et réalisation d'une presse pour brique de terre comprimée

Jury :

Dr.	Guerira Belhi	MCA	Université de Biskra	Président
Dr.	Mohamdi Djemoui	MCB	Université de Biskra	Rapporteur
Dr.	Benmachiche Messaoud	MCB	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2019 - 2020

Dédicace

Je dédie ce modeste travail aux mémoires de mon père Que DIEU le tout puissant l'accueil à sa paradis éternel et que son âme repose en paix».

A ma mère pour son soutien moral et son bénédiction.

A mon épouse pour la patience, les sacrifices et les privations consenties durant la période de ma formation.

A mes enfants Ayhem Raif, Alae Roufia, Mohamed, Adem. Je souhaite que ce travaille serve d'exemple pour mes petits-enfants.

A mes frères et sœurs pour leurs soutiens, conseils et prières.

A toute la famille Trodi, Baissa, Nabet et Ouaar.

Remerciements

Je dois remercier en premier lieu « Allah » le tout puissant de m'avoir aidé, donner la puissance, la volonté et la patience pour élaborer ce travail.

*Tout d'abord, je tiens à remercier mon directeur de mémoire, M^r **Mohamdi Djemoui**, de sa confiance, sa gentillesse et ses conseils qui m'ont permis de réaliser ce travail de mémoire dans les meilleures conditions possibles. Je le remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.*

Je tiens également à remercier très sincèrement les membres de jury pour l'honneur qui m'ont accordés et d'acceptés d'examinés et évalués ce modeste travail.

*En premier lieu le président de jury M^r **Benmachiche Masoud** pour la justesse de ses commentaires, et aussi les agréables discussions que j'ai partagé avec lui.*

*Je désire aussi remercier M^r **Belhi** pour ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.*

*Sans oublier d'offrir un grand remerciement à mes confrères **Sadrati sadek**, **Bel aide amine et Snina islam** d'avoir m'aider à la réalisation de ce modeste travail*

J'exprime mes sincères remerciement à ma petite famille mon épouse, mes enfants qui ont été là pour moi et pour leurs soutien inconditionnel et leurs encouragement.

Mes francs remerciements aux enseignants du département génie mécanique de l'université de Biskra de m'avoir aidé, soutenus et encourager.

Mes remerciements vont enfin à toute personne qui a contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Résumé

Ce travail est une proposition du laboratoire de génie civil, qui comporte la conception et la réalisation d'une presse pour brique de terre comprimée. Cette presse est utilisée par la suite dans les manipulations afin de produire des blocs de terre compissée. Après avoir analysé la conception des presses à bloc actuelles, on a proposé dans ce thème une presse hydraulique qui fonctionne manuellement. La conception et la simulation ont été faites avec le logiciel Solidworks. Le moule est conçu de telle sorte qu'il résiste à une grande charge de cric (20 t). Les essais sur la presse ont donné de bons résultats.

Mots clés : presse, brique comprimée, moule, Solidworks, simulation.

Abstract

This work is a proposal from the civil engineering laboratory, which involves the design and construction of a press for compressed earth bricks. This press is subsequently used in manipulations to produce compressed earth blocks. After having analyzed the design of the current block presses, we proposed in this topic a hydraulic press which works manually. The design and simulation were done with Solidworks software. The mold is designed in such a way that it withstands a large jack load (20 t). The tests on the press gave good results.

Keywords: press, compressed bricks, mold, solidworks, simulation

ملخص

هذا العمل من اقتراح مخبر الهندسة المدنية، والذي يتضمن تصميم وبناء آلة لصنع الطوب الترابي المضغوط. تُستخدم هذه الآلة لاحقاً في عمليات التجارب لإنتاج كتل أرضية مركبة. بعد تحليل تصاميم الآلات الحالية، اقترحنا في هذا الموضوع آلة هيدروليكية تعمل يدوياً. تم التصميم والمحاكاة باستخدام برنامج Solidworks. كما تم صنع القالب بطريقة يمكنه مقاومة ضغط المكبس الكبيرة (20 طن). أعطت الاختبارات على الآلة نتائج جد مرضية.

الكلمات الدالة: آلة ، الطوب المضغوط، القالب، سوليدوروكس، المحاكاة

Liste des figures

Fig. I.1 prototype réalisé au CNERIB.....	4
Fig. I.2. La presse à blocs CINVA-Ram.....	5
Fig. I.3. La presse TEK-Bloc.....	6
Fig. I.4. La presse à blocs Fernco MP-612.....	7
Fig. I.5. Mini presse à blocs BP9.....	7
Fig. II.1 dimensions du moule.....	15
Fig. II.2 dimensions de la plaque de compression.....	16
Fig. II.3 assemblage du moule.....	16
Fig. II.4 le cric 20T.....	17
Fig. II.5 le cric modifié.....	18
Fig. II.6 le manomètre.....	19
Fig. II.7 le bâti.....	20
Fig. II.8 la trémie.....	21
Fig. II.9 mécanisme de retour du piston.....	21
Fig. II.10 Presse pour brique de terre comprimée.....	22
Fig. III.1 Sollicitation des plaques du moule.....	24
Fig.III.2.déplacement et chargement imposé sur la plaque N°1.....	28
Fig.III.3. Maillage de la plaque N°1.....	29
Fig.III.4. contraintes de Von Mises (plaque N°1)	30
Fig.III.5. déplacements (plaque N°1)	30
Fig.III.6. déformations (plaque N°1)	31

Fig.III.7. déplacement et chargement imposé sur la plaque N°2.....	31
Fig.III.8. Maillage de la plaque N°2.....	32
Fig.III.9. contraintes de Von Mises (plaque N°2)	33
Fig.III.10. déplacements (plaque N°2)	33
Fig.III.11. déformations (plaque N°2)	34
Fig.III.12. déplacement et chargement imposé sur la plaque de compression	35
Fig.III.13. Maillage de la plaque de compression.....	35
Fig.III.14. contraintes de Von Mises (plaque de compression)	36
Fig.III.15. déplacements (plaque de compression)	36
Fig.III.16. déformations (plaque de compression)	37

SOMMAIRE

Dédicace.....	I
Remerciement.....	II
Résumé.....	III
Liste des figures.....	IV
Sommaire.....	VI
Introduction générale	1

Chapitre I Etude bibliographique

I.1.Introduction	3
I.2.Histoire et évolution de la construction sol-ciment.....	3
I.3.Presse pour bloc de terre comprimé.....	5
I.4.Caractéristiques des Presses manuelles.....	8
I.4.1. Caractéristiques physiques :	8
I.4.2. Caractéristiques qualitatives :	8
A.Pression.....	8
B. Course du piston et taux de réduction (ou taux de compression).....	9
C. Profondeur maximum du moule	10
D. Course maximum du plateau.....	11
E. Nature et géométrie du mécanisme de moulage :	11
F. Dimensions des briques :	12
I.4.3. Critères de sélection des presses manuelles.	12

Chapitre II Conception du modèle par Solidworks

II.1 Introduction.....	14
II.2 Conception du moule.....	14
➤ Dimensions du moule.....	14

➤ Dimension de la plaque de compression.....	16
II.3 Le cric choisi.....	17
II.4 Le bâti.....	19
II.5 La trémie.....	20
II.6 Le mécanisme de retour du piston.....	21
II.7 Assemblage de la presse.....	22
II.8 Considération de sécurité.....	22

Chapitre III Analyse et Simulation des plaques du moule

III.1. Introduction.....	24
III.2. Vérification de l'épaisseur des plaques du moule	24
A. Épaisseur de la plaque N°1.....	25
B. Epaisseur de la plaque N°2.....	26
III.3. Vérification de l'épaisseur de la plaque de compression	27
III.4. Vérification des plaques par Solidworks Simulation.....	28
III.4.1. Simulation de la plaque N°1	28
A. Conditions aux limites.....	28
B. Propriété de maillage	29
C. Résultats de l'étude de la plaque N°1.....	29
III.4.2. Simulation de la plaque N°2	31
A. Conditions aux limites.....	31
B. Propriété de maillage	32
C. Résultats de simulation de la plaque N°2.....	33
III.4.3. Simulation de la plaque de compression	34
A. Conditions aux limites.....	34
B. Propriété de maillage	35
C. Résultats de l'étude de la plaque de compression.....	36
III.5. Conclusion	37
Conclusion générale.....	38
Annexes.....	40
Bibliographie.....	48

Introduction générale

Le compactage de la terre à l'aide d'une presse améliore la qualité du matériau. Le bloc de terre comprimée présente une forme régulière et des arêtes vives qui sont appréciées par les constructeurs. L'élévation de la densité obtenue par le compactage améliore de façon notable la résistance des blocs de terre à la compression, à l'érosion et à l'action néfaste de l'eau.

La grande variété des presses et unités de production disponibles sur le marché actuel confère à ce matériau une grande souplesse d'emploi. De la petite échelle artisanale à la moyenne et grande échelle semi industrielle ou industrielle.

Notre objectif est de proposer un modèle de presse à blocs en terre comprimée destiné au laboratoire de génie civil pour un travail unitaire. Cela se fera par l'utilisation de la modélisation 3D ainsi que l'analyse statique des pièces de travail. L'usinage et l'assemblage du modèle, et la répétition de ce processus si quelque chose ne va pas. Bien que nous ayons un règne créatif sur ce processus

Le premier chapitre comporte une étude bibliographique sur les différents modèles des presses de bloc de terre comprimée.

Le second chapitre est consacré à la conception du modèle de presse sous le logiciel Solidworks selon le cahier de charge du laboratoire et les matières premières disponibles.

Dans le troisième chapitre, on a fait une étude statique des plaques de moule analytiquement et par simulation.

Enfin, on a terminé notre travail par une conclusion générale.

CHAPITRE I
ETUDE
BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Introduction

Le sol est le matériau le plus couramment disponible. C'est le matériau de base pour la production de briques. La brique de brique a été considérée comme un matériau satisfaisant pour la construction en maçonnerie. Ils sont produits en utilisant un processus de brûlage et consomment donc une quantité considérable d'énergie thermique qf pendant la production. Aussi, très souvent, ils sont transportés sur de grandes distances. Le bloc de souillure pressé est une alternative aux briques brûlées. Ces blocs peuvent être produits de manière décentralisée en utilisant de simples presses manuelles ou semi-mécanisées utilisant du sol local. De plus, ces blocs sont économiques et consomment moins d'énergie thermique pendant la production. Le document de TItis se concentre sur les détails de la technologie des blocs de terre-ciment pressés, mettant l'accent sur l'expérience indienne dans cette technologie.

I.2. Histoire et évolution de la construction sol-ciment

Le sol-ciment a été utilisé avec succès pour la construction de routes et de chaussées de terrains d'aviation dans différentes parties du monde. Cependant, l'utilisation du sol-ciment pour la construction de bâtiments a eu un historique erratique. Des murs en terre battue en terre cuite ont été utilisés pour la construction de 4000 maisons à Karnal (Haryana, Inde) en 1948 (Verma et Mehra, 1950). Des blocs de terre ciment fabriqués à la main ont été utilisés pour la construction de 260 maisons à Bangalore, en Inde, en 1949 (Madhavan et Rao, 1949). Après ces premières expériences, l'utilisation du sol-ciment pour la construction de bâtiments en Inde est devenue plutôt rare.

La conception de blocs de terre-ciment pressés pour la construction de maçonnerie est intervenue en 10 après le développement de la presse CINV A-Ram en 1952. Des maisons construites avec des blocs de terre-ciment préparés à l'aide de cette machine ont vu le jour en Colombie, au Chili, au Venezuela, en Bolivie et au Brésil (ONU, 1964). Le sol-ciment a été utilisé pour la construction de maisons dans les années 60 et 70 en Zambie, à Lusaka, en Thaïlande et en Côte d'Ivoire¹ (UNCHS, 1984, Ph. Theunissen, 1985). Des blocs de terre pressée ont été utilisés pour la construction d'un immense projet de logement en Australie. Environ 6 millions de blocs ont été produits

et utilisés pour le projet (Worthing et al, 1992). La formation du groupe CRATERRE (Centre de Recherche et D'application -Terre, Grenoble, France) dans les années 70 est responsable de la construction d'un certain nombre de bâtiments en blocs sol-ciment. En Afrique et en Europe. Centre pour l'application des sciences et de la technologie 10 zones rurales (ASTRA) et le département de génie civil à l'Indian Institute of Science, participent à la R&D, à la diffusion et à la construction de bâtiments en blocs sol-ciment depuis 1976. Leurs efforts ont entraîné une augmentation régulière du nombre d'utilisateurs de blocs sol-ciment (Jagadish, 1988), et maintenant il y a plus de 2000 bâtiments en blocs de sol-ciment dans la ville de Bangalore et ses environs.

En Algérie, on compte de nombreux édifices en terre qui ont été construits aussi bien par la population que par les autorités. Parmi les travaux réalisés par le LNTPB (Laboratoire National de Travaux Publics et du Bâtiment) et les CPRA (Chantiers Populaires de la Révolution Agraire), on peut citer à titre d'exemple: logements Tipaza (1970), villages agricoles Sidi Bel Abbès et M'sila (1973 –1976), prototype Tamanrasset (1982)...

Un prototype a été réalisé au sein du CNERIB en 2007 qu'on a dénommé «maison à efficacité énergétique» (fig.1)



Fig. I.1 prototype réalisé au CNERIB

I.3. Presse pour bloc de terre comprimé

Il existe dans l'industrie céramique un grand nombre de presses servant au façonnage des briques. Plusieurs sont utilisables pour la terre stabilisée ; d'autres ont subi des transformations et certaines conçues spécialement pour la fabrication de blocs de terre comprimés. Il en existe encore qui ont une potentialité particulière, mais qui doivent être adaptées.

La presse à blocs CINVA-Ram qui a été développée par Raul Ramirez au Centre interaméricain de logement est un bon exemple de solution standard pour fabriquer des blocs de terre comprimée. Il est entièrement en acier et comprime un mélange légèrement humide de terre et de ciment ou de terre et de chaux pour former des blocs. Le CINVA-Ram peut être transporté pour faire des blocs n'importe où. Il faut environ 2500 pâtes de maisons du CINVA-Ram pour construire une maison de deux pièces.

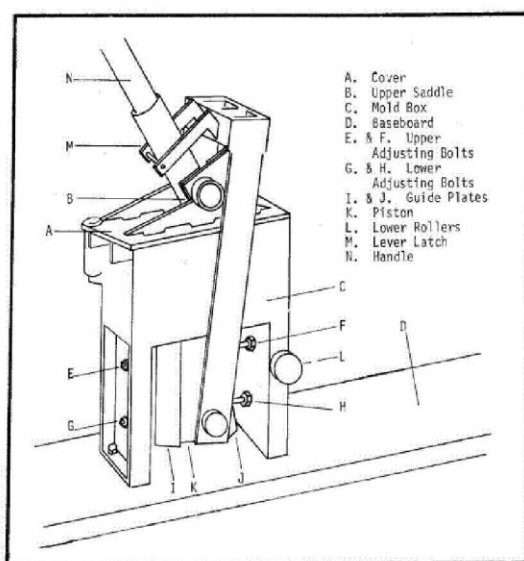


Fig. I.2. La presse à blocs CINVA-Ram

En 1970, la presse TEK-Block a été développée par le Département de recherche sur le logement et la planification de la Faculté d'architecture de l'Université des sciences et technologies de Kumasi, au Ghana. L'objectif de ce développement était de modifier le CINVA-Ram pour l'adapter aux exigences locales. Le résultat final est un peu moins cher que le CINVA-Ram (173 USD, soit environ 5700 Baht) et il y a quelques

différences dans la conception. Tout d'abord, le bras de levier est une poignée en bois qui est placée dans un trou pour l'effet de levier. La raison en est que cela rend la presse moins chère, et s'il y a trop de force exercée sur la machine, le levier sera la première chose à casser. Cela permet une réparation beaucoup moins coûteuse, car la presse elle-même ne casse pas. Une autre différence par rapport au CINVA-Ram est que le levier est connecté au couvercle du moule, de sorte que lorsque le levier se détache de la presse, il en va de même pour le couvercle. La presse TEK-Block est également une presse autonome; il n'a pas besoin d'être boulonné au sol pour le support.

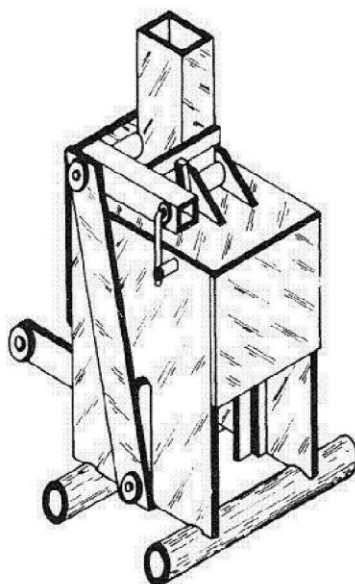


Fig. I.3. La presse TEK-Block

Une autre presse à blocs associée à ce projet est la Fernco MP-612. Le MP-612 est portable et produit des blocs de 6 x 12 x 3,5 pouces. Il possède deux rails de six pieds qui s'étendent comme des pieds pour empêcher la machine de basculer pendant le fonctionnement. Les rails, ainsi que la poignée de six pieds, peuvent être détachés pour un transport ou un stockage facile. Il dispose également d'un kit de roues en option qui facilite les déplacements sur le chantier. Le MP-612 coûte 2 015 USD (environ 66 500 bahts), il est donc relativement cher (Fernco Metal Products).



Fig. I.4. La presse à blocs Fernco MP-612

La presse à blocs la plus directement liée à ce projet est la mini presse à blocs BP9. Cette presse est actuellement utilisée par la CVBT, et le projet vise spécifiquement à remplacer cette presse par une machine moins chère, plus efficace et facile à utiliser. Le BP9 fabrique des blocs à l'échelle $\frac{1}{3}$ de la presse BP6 pleine grandeur, ou 10 x 5 x 3,33 cm, en utilisant un mélange de blocs de terre comprimé ordinaire. Il peut faire des blocs complets et demi, et ceux-ci peuvent être empilés pour faire une maison modèle. Le BP9 coûte 8500 Baht, soit environ 258 USD.

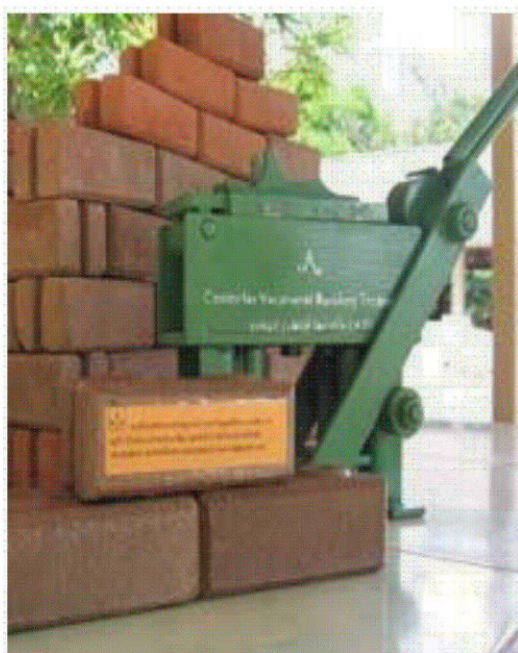


Fig. I.5. Mini presse à blocs BP9

En décembre 2012, un étudiant de Cal Poly, Nicholas Herskedal, a terminé une thèse sur la résistance des murs en blocs de terre comprimée. Dans ce document, il y a une section sur les matériaux nécessaires pour fabriquer des blocs de terre comprimée, et il entre dans les détails sur le processus et les tests des blocs. Les matériaux qu'il a utilisés pour les blocs de terre comprimée sont le sol, le sable et le ciment (Herskedal). Étant donné que notre projet concerne une presse à maquette à petite échelle, il n'y a pas de codes ou de normes existantes à respecter. Il n'y avait aucun produit ou brevet pour une presse à blocs miniature, à part celui utilisé au CVBT.

I.4. Caractéristiques des Presses manuelles

Les presses manuelles se différencient des autres types de presses (mécaniques, hydrauliques et pneumatiques) par leur source d'énergie et leur mode de compression : pour ces presses, le compactage est assuré par une ou plusieurs personnes au moyen d'un système de levier et par le rapprochement relativement lent de deux surfaces entre lesquelles se trouve la terre qui est retenue latéralement.

I.4.1. Caractéristiques physiques :

Elles déterminent globalement les dimensions de la presse : la largeur, la longueur, la hauteur et le poids.

I.4.2. Caractéristiques qualitatives :

A. Pression

Dans l'utilisation de ces presses, une bonne partie de la puissance est perdue dans les transmissions, les frottements et l'élasticité du matériau.

Les pressions de compactage de 0,7 à 1.8 MP peuvent être suffisantes, mais sont minimums ; des pressions 20 à 40 kg/cm² sont excellentes; des pressions supérieures sont superflues et engendrent un gaspillage d'énergie. Elles entraînent parfois une détérioration des qualités mécaniques des blocs par l'apparition de phénomènes de laminages.

Il faut noter aussi que les pressions indiquées sont celles obtenues en production, c'est-à-dire la moyenne statistique d'un ouvrier au travail pendant 8 heures, ce qui est très différent de ce que l'on peut obtenir.[1]

Exemple|:

- une personne, une manipulation avec la CINVA-RAM : on obtient 2 MPa
- une personne travaillant toute la journée avec le CINVA-RAM : on obtient 0,5 à 0,7 MP.

B. Course du piston et taux de réduction (ou taux de compression)

Généralement les presses à pression statique sont dotées d'un piston mobile, solidaire d'un plateau.

Le matériau introduit dans le moule (de hauteur h_i) est ainsi comprimé entre ce plateau mobile et le plateau fixe (qui fait en même temps office de couvercle) et atteint finalement la hauteur h_f correspondant à l'épaisseur du parpaing.

Par définition, la course du piston est :

$$course = h_i - h_f$$

et le taux de réduction t est :

$$t = \frac{h_i}{h_f}$$

La course du piston en soi n'a pas d'importance pratique, par contre le taux de compression a une importance considérable sur les propriétés mécaniques du parpaing.

En effet, d'après des travaux de recherche effectués au Laboratoire du Bâtiment et des Travaux Publics (L.B.T.P.) de la Côte d'Ivoire, au moment du remplissage du moule la densité apparente humide du matériau foisonné est de l'ordre de 1,3 à 1,4 mais selon la quantité de matériau introduite, le compactage peut faire à une valeur voisine de 2,1 à 2,3 ; densité nécessaire si l'on veut obtenir un parpaing suffisamment compacté avec un granuleux courant.

Si γ_i et γ_f sont les densités initiale et finale humides, P_h le poids du parpaing et s la section de celui-ci, on a les égalités suivantes :

$$\gamma_i = \frac{P_h}{S \cdot h_i} \quad \text{et} \quad \gamma_f = \frac{P_h}{S \cdot h_f}$$

D'où

$$\frac{\gamma_i}{\gamma_f} = \frac{h_i}{h_f} = t \quad (\text{taux de réduction})$$

Ce qui montre que si le taux de réduction de la presse est faible, il sera nécessaire, pour obtenir une densité finale élevée (gage de bonne résistance) de partir d'une densité initiale élevée. Il faudra donc soit effectuer un précompactage du matériau ce qui se traduit généralement par une perte de temps et une baisse du rendement de la fabrication, soit adopter le principe de la double compression qui est d'ailleurs une tendance actuelle dans la conception des presses manuelles.

$$\text{Théoriquement : } t = \frac{\text{volume de terre foisonnée}}{\text{volume de terre compactée}} = 1.65$$

Ainsi le taux de compression représentant le rapport du volume du moule vide et le volume de la brique produite, doit être dans tous les cas supérieur à 1,65 (qui est une valeur minimale); un taux de 2 serait idéal selon [1].

Presque toutes les presses manuelles ont un taux de compression inférieur ou égal à 1,65 ; ce qui nécessite un précompactage. De ce point de vue, on préfère les presses avec un couvercle rabattable à

Celles à couvercle tournant, le couvercle rabattable écrase la terre débordant du moule, réalisant ainsi un précompactage léger, alors que le couvercle tournant racle l'excès de terre sans la tasser.

C. Profondeur maximum du moule

C'est la distance maximum qui existe entre le couvercle fermé et le plateau de compression au repos.

Cette dimension diminuée de la course du plateau donne l'épaisseur maximale du parpaing que l'on peut produire, il est recommandé d'avoir la plus grande profondeur possible afin d'obtenir un taux de compression acceptable.

D. Course maximum du plateau

Pour les presses manuelles cette course ne peut être réglée. Le fait de ne pas descendre le levier jusqu'à sa butée peut donner l'illusion de régler la course du plateau. En fait l'effort de compression maximale se produisant en fin de course, les parpaings produits de cette façon seront beaucoup moins résistants que les autres.

E. Nature et géométrie du mécanisme de moulage :

Le mécanisme de moulage des presses manuelles doit permettre de transformer une force humaine (le poids de l'opérateur multiplié éventuellement par un coefficient dynamique) en une force suffisante pour conduire à un bon compactage du parpaing. La force humaine ne suffisant pas, on conçoit que celle-ci doit être multipliée. Le coefficient multiplicateur K varie en fonction de la course du piston ; il a pour valeur

$$K = \frac{F}{f}$$

Où

F : force appliquée au parpaing

f : force appliquée au levier.

La courbe donnant la variation de K en fonction de L l'accourcissement du parpaing peut être définie comme la courbe caractéristique de la presse. Ainsi pour qu'une presse permette d'obtenir un bon compactage, il ne suffit pas que son taux de réduction soit satisfaisant et que sa courbe caractéristique conduise à des valeurs élevées de K en fin de compactage; il faut également qu'à tout instant du compactage, la force mobilisable par l'opérateur et le déplacement du plateau mobile soient en rapport avec la compressibilité du matériau.

Un matériau très compressible nécessitera des déplacements du plateau mobile plus importants avec un coefficient K initial plus faible et un matériau peu compressible, des déplacements moins grands mais un coefficient k initial plus élevé.

F. Dimensions des briques :

Généralement on donne les dimensions des blocs standards. Il est à noter qu'il est souhaitable de prévoir dans la construction des presses, la possibilité d'utiliser plusieurs moules qui donnent des briques de dimensions variées.

I.4.3. Critères de sélection des presses manuelles.

Selon le L.B.T.P., les presses manuelles doivent satisfaire aux exigences suivantes :

Avoir un taux de réduction voisin de 1,7 permettant la fabrication d'un parpaing sans pré-compaction initial

Présenter des caractéristiques géométriques (coefficient multiplicateur K) et mécaniques telle qu'un opérateur d'un poids moyen de 70 kg puisse exercer sur le parpaing une pression finale d'au moins 1.5 MP sans risque de rupture de la presse et sans effort excessif.

L'emploi du géobéton devant conduire à des économies, il convient de compléter l'application des critères mécaniques par une analyse globale basée sur le prix de revient du mètre carré de mur construit avec une résistance imposée :

CHAPITRE II

CONCEPTION DU MODELE

SOUS SOLIDWORKS

II.1 Introduction

Dans ce chapitre on va décrire les principaux éléments réalisés et dessinés par Solidworks. Ce dernier est un logiciel de conception assistée par ordinateur. Il utilise le principe de conception paramétrique et génère trois types de fichiers qui sont liés: la pièce, l'assemblage, et la mise en plan. Ainsi toute modification sur un de ces trois fichiers sera répercutée sur les deux autres. Il nous permet d'esquisser nos idées et faire des expériences avec différentes conceptions pour créer des modèles 3D à l'aide de l'interface utilisateur graphique intuitive Windows.

L'idée de conception de la presse est basée sur des modèles déjà existés dans le marché, en introduisant des contraintes exigées par le laboratoire :

- ✓ Le premier paramètre c'est la dimension de la brique et par la suite le moule
- ✓ Le deuxième paramètre est la pression appliquée lors de compactage qui doit être d'au moins 10 Mpa. Cela nous oblige d'utiliser un système hydraulique au lieu du levier
- ✓ Le travail est unitaire, ce qui nous permet de ne pas introduire un moteur pour la manipulation du système hydraulique.

II.2 Conception du moule

Le moule qu'on doit utiliser a des contraintes de dimensions exigées et de la matière première disponible.

➤ Dimensions du moule

Nous supposons :

Une pression de compactage de 10 MPa

Un taux de réduction de $1,7 = h_i/h_f$

(h_i : hauteur initiale de la terre dans le moule ; h_f : hauteur finale de la terre dans le moule après compactage).

La base de brique : $L= 200\text{mm}$; $l= 100\text{mm}$;

On souhaite avoir La hauteur de brique après compactage : $h_f \cong 70 \text{ mm}$

D'où la hauteur avant le compactage :

$$h = h_i = 1.7h_f = 1.7 * 70 \cong 120 \text{ mm}$$

Pour que le moule soit fermé en dessous, on doit ajouter l'épaisseur de la plaque de compression à la hauteur de la terre avant le compactage

$$h_1 = h + e = 120 + 20 = 140 \text{ mm}$$

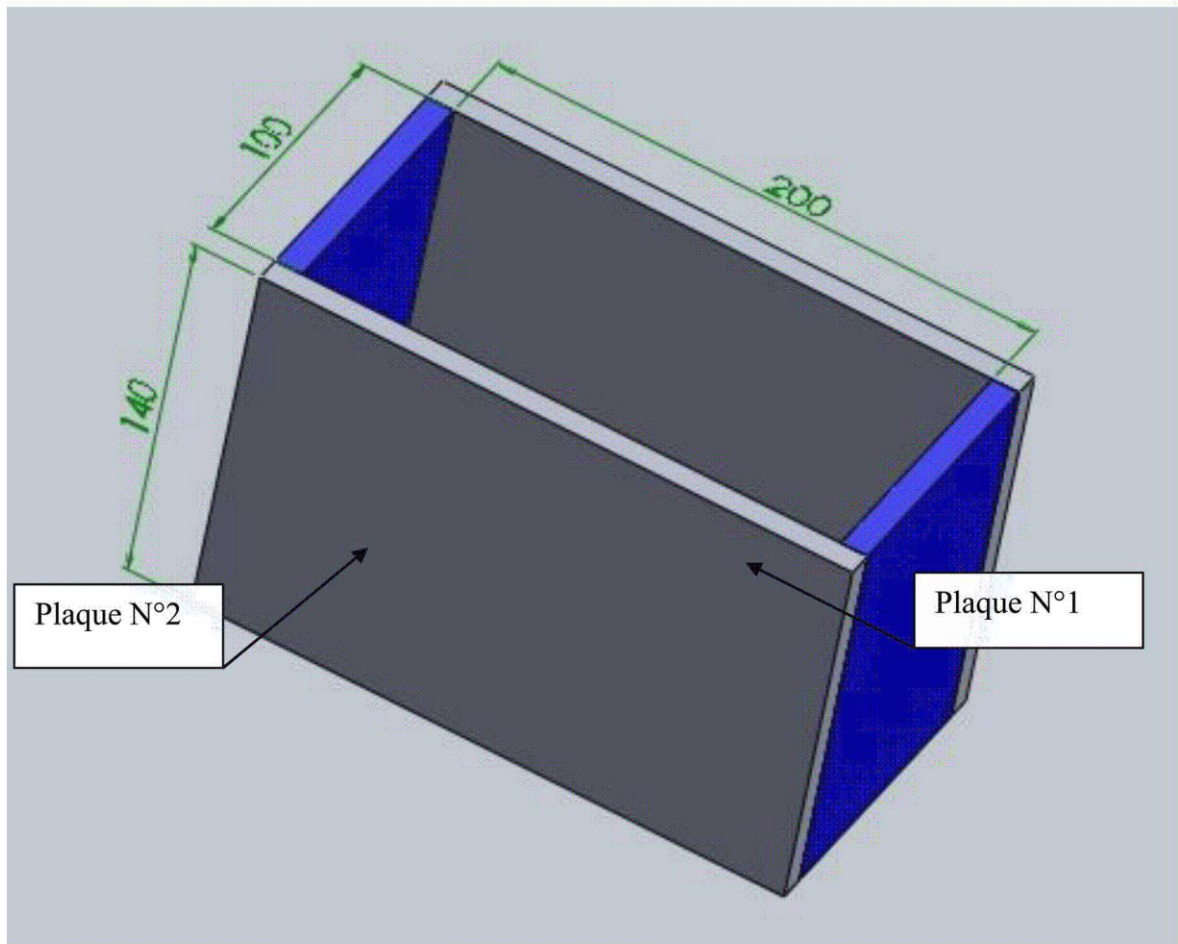


Fig. II.1 dimensions du moule

➤ **Dimension de la plaque de compression**

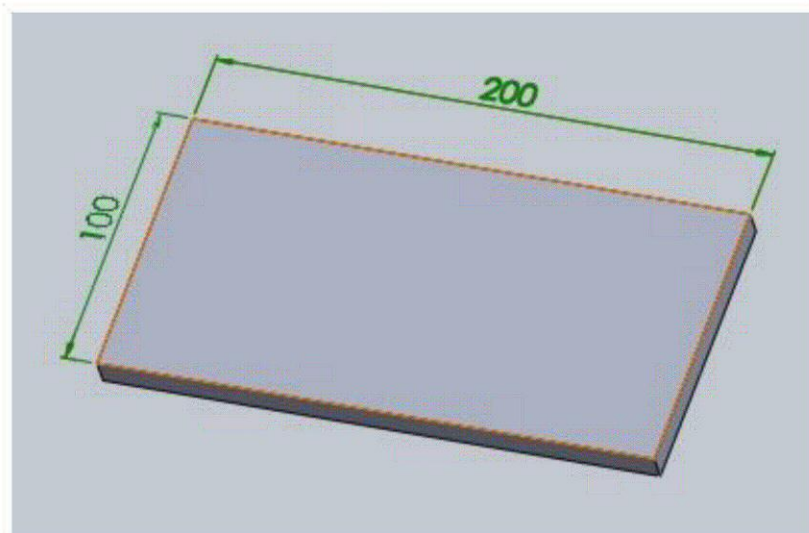


Fig. II.2 dimensions de la plaque de compression

La conception du moule dans son état final est illustrée par la figure

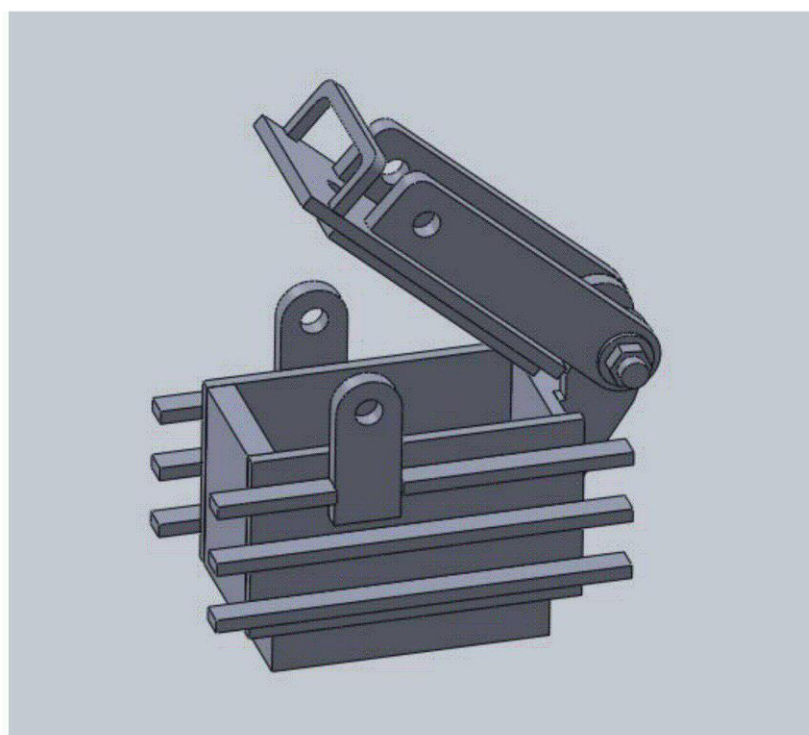


Fig. II.3 assemblage du moule

II.3 Le cric choisi

Pour avoir une pression de 10 MPA au niveau de la terre comprimée, il faut choisir un cric qui a la capacité de comprimer la terre avec cette charge

La base de compression a une section de : $S = L * l = 100 * 200 = 2E4 \text{ mm}^2$

$$P = \frac{F}{S} = \frac{Q * g}{S}$$

Avec :

P : la pression

F : la force exercée

Q : la charge ; g : la pesanteur

D'où on déduit la charge :

$$Q = \frac{P * S}{g} = \frac{10 * 2E4}{10} = 2E4 \text{ Kg} = 20 \text{ Tonnes}$$

Cette valeur nous permet de choisir un cric a bouteille de 20 Tonnes de capacité.



Fig. II.4 le cric 20T

Pour que nous puissions mesurer la pression appliquée lors de compactage, on a modifié le cric en ajoutant un trou taraudé sur sa base afin de pouvoir assembler un manomètre.

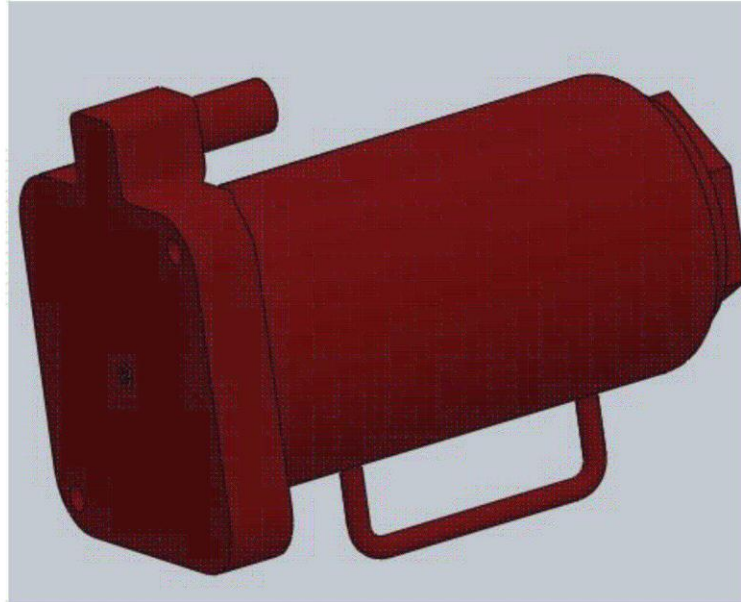


Fig. II.5 le cric modifié

La valeur indiquée par le manomètre est celle de la pression à l'intérieur du cylindre de cric qui est différent de la pression au niveau de la base de compression.

C'est pour cela, il faut trouver une relation entre la pression à l'intérieur du cric est la pression sur la base de compression

Pour une charge de 20 tonnes, la pression de l'huile est égale :

$$P_1 = \frac{F}{S_1} = \frac{Q * g}{S_1}$$

Or :

$$S_1 = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Avec D : diamètre du piston, sa valeur $D = 54 \text{ mm}$

D'où :

$$S_1 = 2290,221 \text{ mm}^2$$

$$P_1 = \frac{2E4 * 10}{2290,221} = 87,328 \text{ Mpa} = 873,28 \text{ bar}$$

Alors, la constante entre la pression dans le cric et la pression sur la base de compression vaut :

$$K = \frac{P}{P_1} = \frac{10}{87,328} = 0,11451$$

Le manomètre utilisé doit mesurer au moins la valeur de 873 bars, c'est pour cela, il est préférable d'acheter un manomètre de 1000 bars.



Fig. II.6 le manomètre

II.4 Le bâti

Le bâti est constitué principalement par des pièces d'acier avec des profils en U et I qui sont utilisés dans tous types d'applications industrielles ainsi dans la construction des machines et d'équipements.

La plus part des pièces du bâti sont assemblées avec la soudure pour qu'elles résistent au maximum de la charge.

Pour faciliter le déplacement de l'appareil, on a utilisé deux roues.

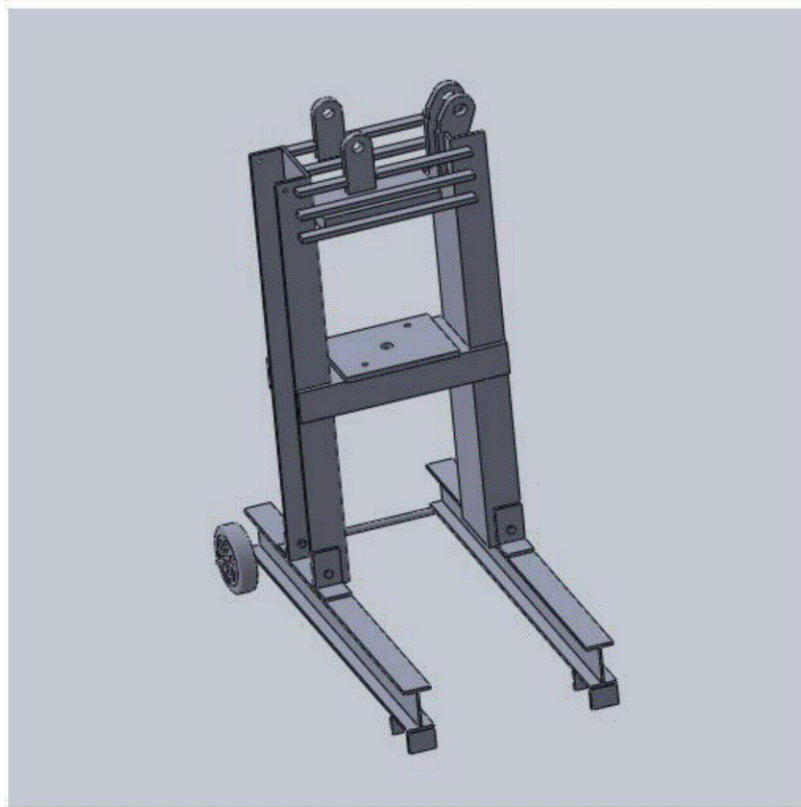


Fig. II.7 le bâti

II.5 La trémie

La trémie a pour rôle de stocker la terre préparée pour le compactage afin de l'utiliser pour charger le moule. Elle est constituée de tôle en acier de 1 mm d'épaisseur

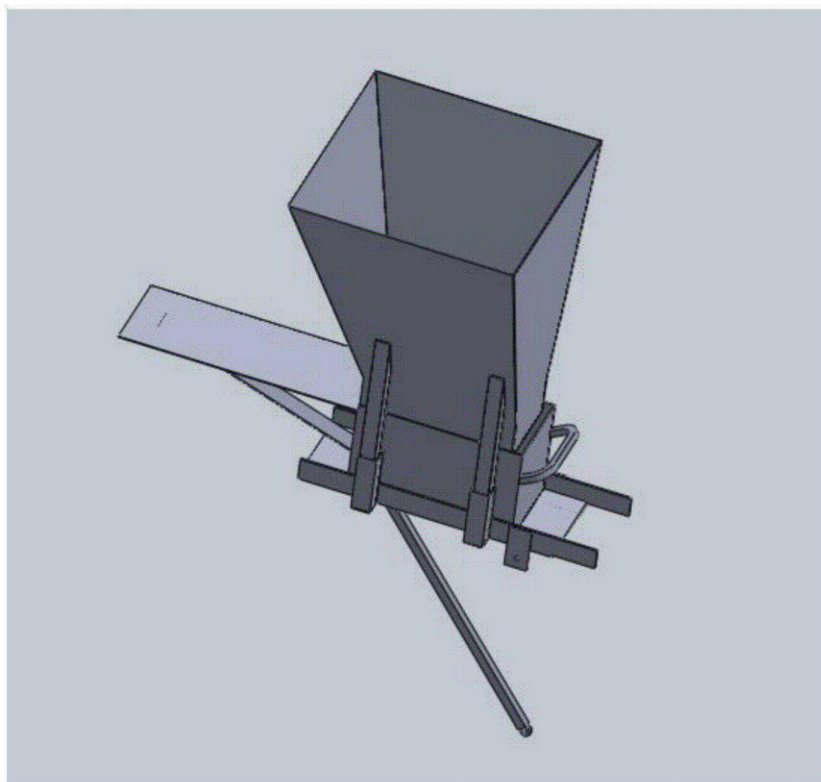


Fig. II.8 la trémie

II.6 Le mécanisme de retour du piston

On a pensé à utiliser le ressort de rappel pour le retour du piston, mais il va démunier la force agissant sur le sol-ciment c'est pour cela, on est obligé de réaliser ce mécanisme.

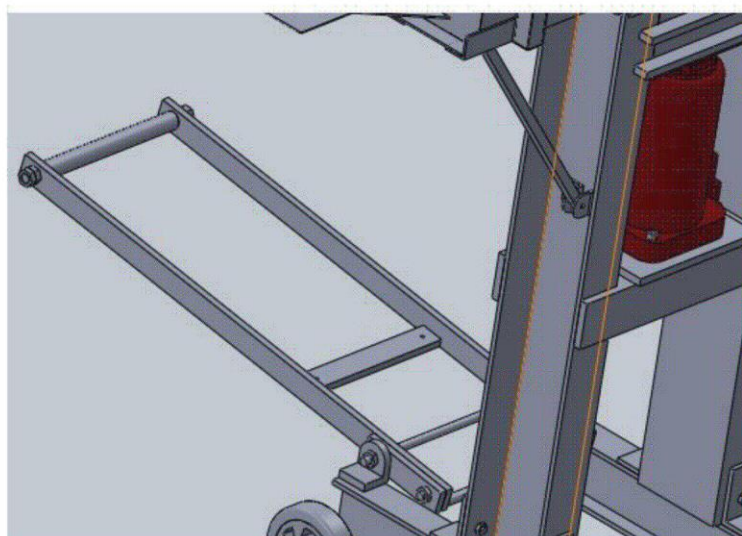


Fig. II.9 mécanisme de retour du piston

II.7 Assemblage de la presse

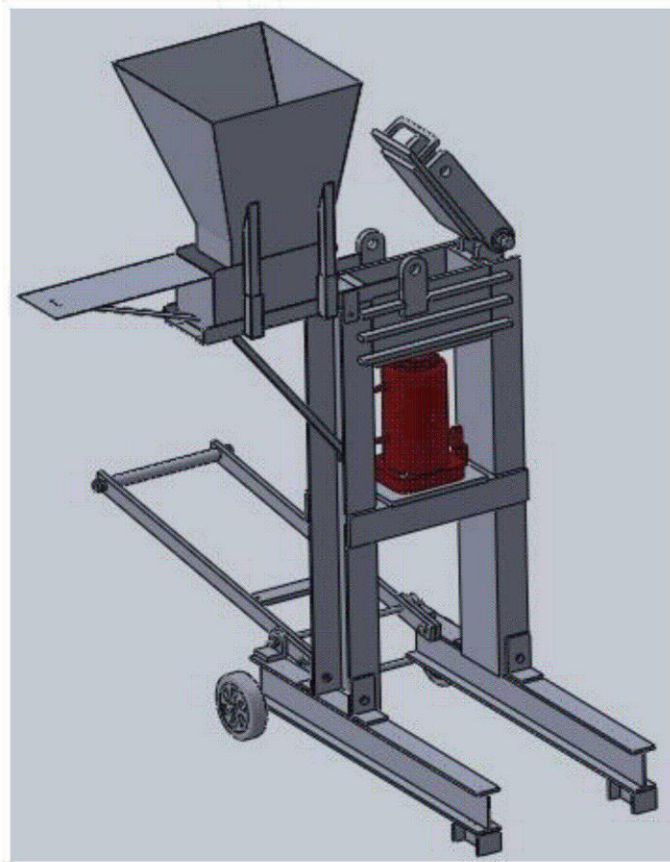


Fig. II.10 Presse pour brique de terre comprimée

II.8 Considération de sécurité

Afin de rendre la machine sûre à utiliser, de nombreux coins du métal ont été arrondis pour empêcher les lacérations lors de manipulation de la presse. La plupart des pièces sont conçues pour résister à une charge causée par 20T appliqué par le cric, bien qu'il ne soit pas conseillé d'appliquer autant de force.

CHAPITRE III

Analyse et Simulation des plaques du moule

III.1. Introduction

Après la conception du modèle selon la matière fournie, on doit vérifier le moule aux conditions de résistances selon les sollicitations imposées lors de la compression du sol.

III.2. Vérification de l'épaisseur des plaques du moule

Le moule est constitué de quatre plaques latérales (2X2), elles sont soumis à la pression ce qui provoque une flexion lors de l'application de la charge. La plaque de compression est fixée sur le piston du cric.

La théorie utilisée est celle de la flexion des plaques élaborée par Westergaad (voir tableau annexe c).

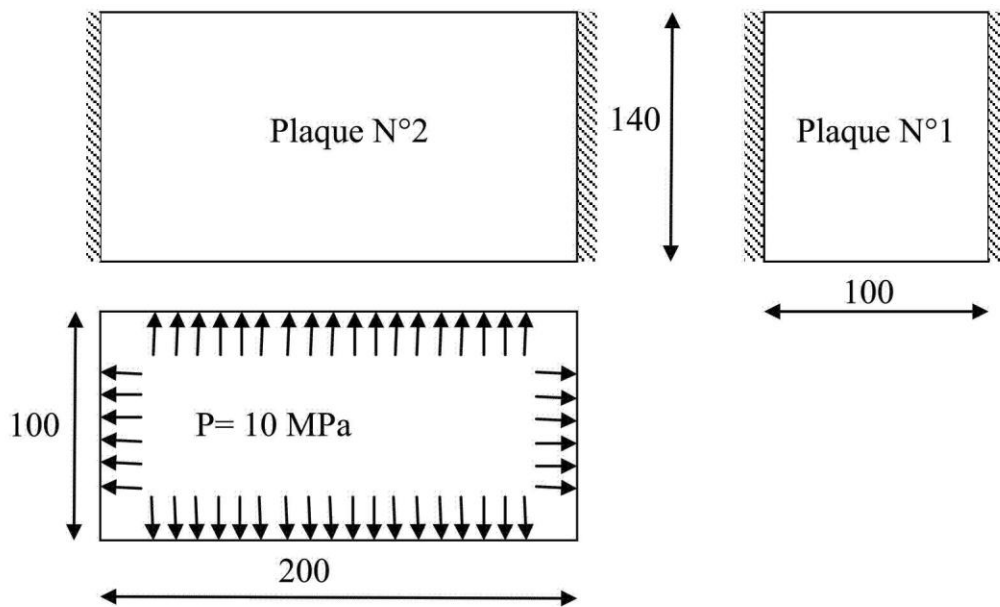


Fig. III.1 Sollicitation des plaques du moule

Les moments de flexion par unité de longueur au centre de la plaque sont donnés par :

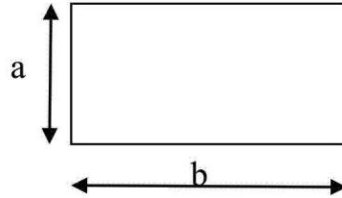
Suivent la portée a :

$$M_{acv} = M_{ac} + \nu M_{bc} \quad [III.1]$$

Suivent la portée b :

$$M_{bcv} = M_{bc} + \nu M_{ac} \quad [\text{III.2}]$$

Les moments M_{ac} et M_{bc} sont donnés sur le tableau de l'annexe c



$b < a$; ν : coefficient de poisson

L'épaisseur d'une plaque est donnée par la formule :

$$h = \sqrt{\frac{6M_{max}}{\sigma_{adm}}} \quad [\text{III.3}]$$

Avec : $\sigma_{adm} = R_e / f$

R_e : limite d'élasticité

f : facteur de sécurité

$$\sigma_{adm} = R_e / f = \frac{360}{1.5} \cong 240 \text{ N/mm}^2$$

A. Épaisseur de la plaque N°1

Conditions aux limites : la portée b est simplement supportée par un raidisseur et la portée a est fixe (soudée).

D'après le tableau de l'annexe c :

$$M_{bcv} = \frac{pb^2}{8(1+0.8\alpha^2+6\alpha^4)} + \nu(0.015pb^2 \frac{1+3\alpha^2}{1+\alpha^4}) \quad [\text{III.4}]$$

$$P = 1 \text{Exp}7 \text{ Pa} \quad ; \quad E = 200 \text{ Gpa}$$

$$b = 100 \text{ mm} \quad ; \quad a = 140 \text{ mm}$$

$$\nu = 0.29$$

$$\alpha = b/a = 100/140 = 0.71$$

D'après l'équation ()

$$M_{bcv} = \frac{1 * 10^7 * 0.1^2}{8(1 + 0.8 * 0.71^2 + 6 * 0.71^4)} + 0.29 \\ * (0.015 * 1 * 10^7 * 0.71^2 \frac{1 + 3 * 0.71^2}{1 + 0.71^4})$$

$$M_{bcv} = 48197 \text{ N.M/M}$$

On déduit la hauteur de la plaque par l'équation

$$h = \cong 15.5 \text{ mm}$$

Déflexion maximale : W_{max}

$$W_{max} = C(1 - \nu^2) \frac{pb^4}{Eh^3} \quad [\text{III.5}]$$

Avec :

$$C = \frac{0.16}{1 + \alpha^2 + 5\alpha^4} = 0.057$$

D'où : $W_{max} = 0.077 \text{ mm}$

B. Epaisseur de la plaque N°2 :

Conditions aux limites : la portée a est simplement supportée par un raidisseur et la portée b est fixe (soudée).

$$b = 140 \text{ mm} \quad ; \quad a = 200 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{b}{a} = \frac{140}{200} = 0.7$$

D'après le tableau de l'annexe c :

$$M_{acv} = \frac{pb^2}{80} (1 + 0.3\alpha^2) + \nu \left(\frac{pb^2}{24(1 + 0.4\alpha^4)} \right) = 4971 \text{ Nm/m}$$

$$h = \sqrt{\frac{6M_{acv}}{\sigma_{adm}}} = 11.14 \text{ mm}$$

Déflexion maximale : W_{max}

$$C = \frac{0.032}{1 + 0.4\alpha^3} = 0.028$$

$$W_{max} = C(1 - \nu^2) \frac{pb^4}{Eh^3} = 0.356 \text{ mm}$$

III.3. Vérification de l'épaisseur de la plaque de compression :

Conditions aux limites : ' cotés simplement supportés.

$$b = 100 \text{ mm} \quad ; \quad a = 200 \text{ mm}$$

$$\alpha = 0.5 \quad ; \quad \nu = 0.29$$

Etant la plus grande, nous calculons le moment suivant la portée b

$$M_{bcv} = \frac{pb^2}{8} \left[\frac{1}{1+2\alpha^3} + \frac{\nu(1+\alpha^2)}{6} \right] = 10755 \text{ Nm/m} \quad [\text{III.6}]$$

$$h = \sqrt{\frac{6M_{bcv}}{\sigma_{adm}}} = 16.39 \text{ mm}$$

Déflexion maximale :

$$C = \frac{0.16}{1 + 24\alpha^3} = 0.04$$

$$W_{max} = C(1 - \nu^2) \frac{pb^4}{Eh^3} = 0.08 \text{ mm}$$

III.4. Vérification des plaques par Solidworks Simulation

Solidworks simulation nous offre un environnement de test virtuel intuitif pour les mouvements de type linéaire statique basés sur le temps et la simulation de fatigue. Nous pouvons ainsi répondre aux problèmes d'ingénierie courants avec une solution intégrée de CAO 3D Solidworks

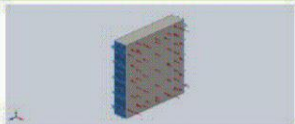
Pour toutes les plaques, on a utilisé le même matériau qui est AISI 1020 avec les caractéristiques suivantes :

Nom de la propriété	Valeur	Unités	Type de valeur
Module d'élasticité	2e+011	N/m ²	Constante
Coefficient de Poisson	0.29	NA	Constante
Module de cisaillement	7.7e+010	N/m ²	Constante
Masse volumique	7900	kg/m ³	Constante
Limite d'élasticité	3.51e+008	N/m ²	Constante

III.4.1. Simulation de la plaque N°1

A. Conditions aux limites

Les déplacements imposés et les chargements sont indiqués sur la figure :

Nom du déplacement imposé	Image du déplacement imposé	Détails du déplacement imposé		
Fixe-1		Entités: 2 face(s) Type: Géométrie fixe		
Forces résultantes				
Composants	X	Y	Z	Résultante
Force de réaction(N)	140001	0.230331	-0.108704	140001
Moment de réaction(N.m)	0	0	0	0

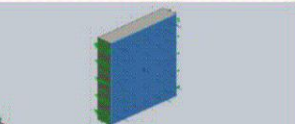
Nom du chargement	Image du chargement	Détails du chargement
Pression-1		Entités: 1 face(s) Type: Normal à la face sélectionnée Valeur: 1e+007 Unités: N/m ² Angle de phase: 0 Unités: deg

Fig.III.2.déplacement et chargement imposé sur la plaque N°1

B. Propriété de maillage :

Type de maillage	Maillage volumique
Taille de l'élément	5.194 mm
Nombre d'éléments	12933
Nombre de nœuds	20024

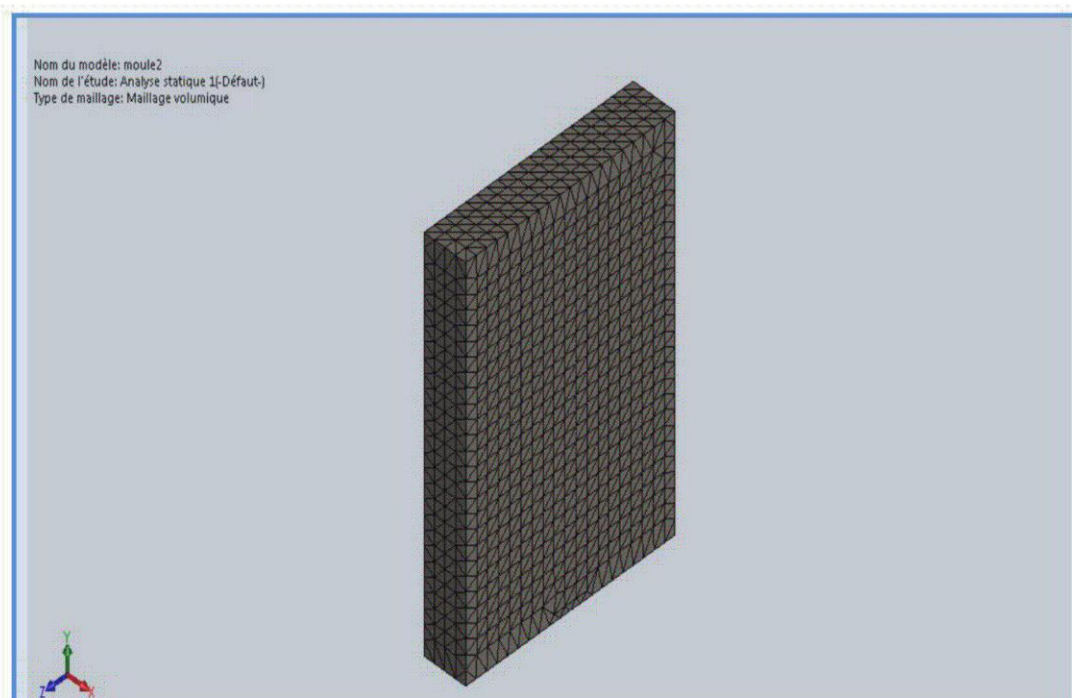


Fig.III.3. Maillage de la plaque N°1

C. Résultats de l'étude de la plaque N°1

- Contrainte de Von Mises

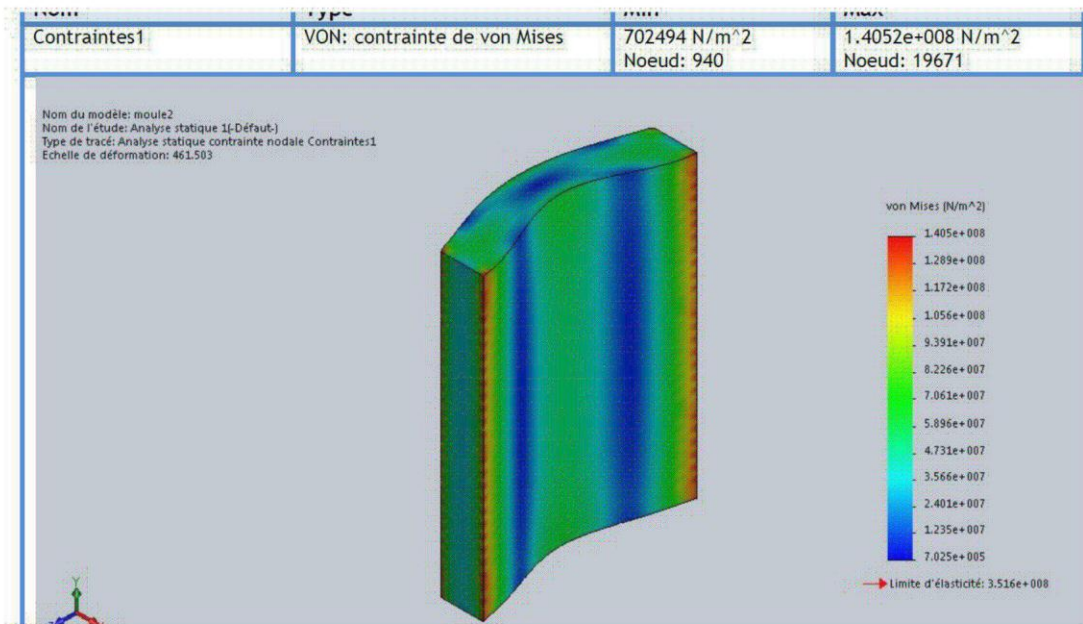


Fig.III.4. contraintes de Von Mises (plaque N°1)

➤ Déplacements

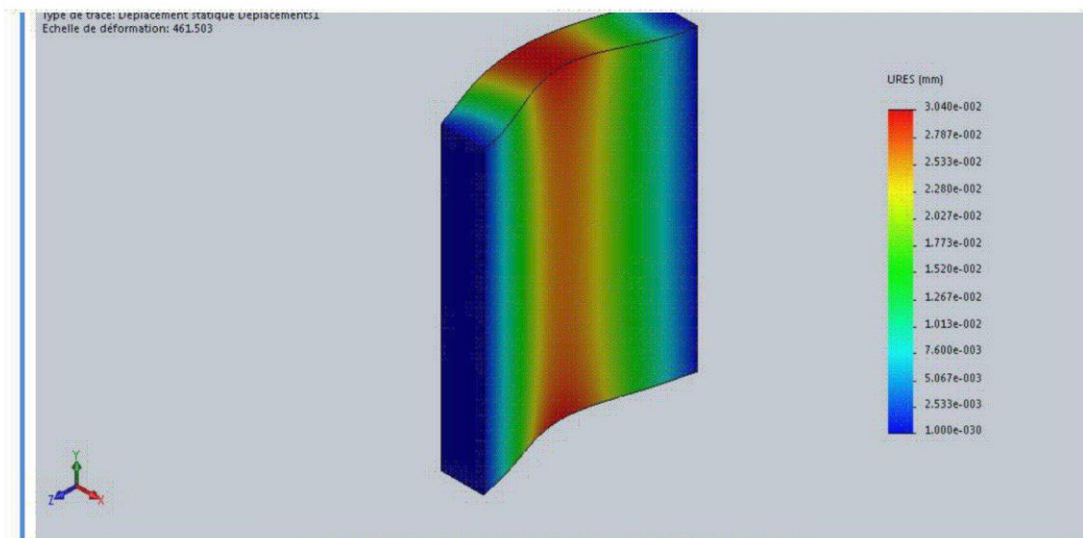


Fig.III.5. déplacements (plaque N°1)

➤ **Déformations**

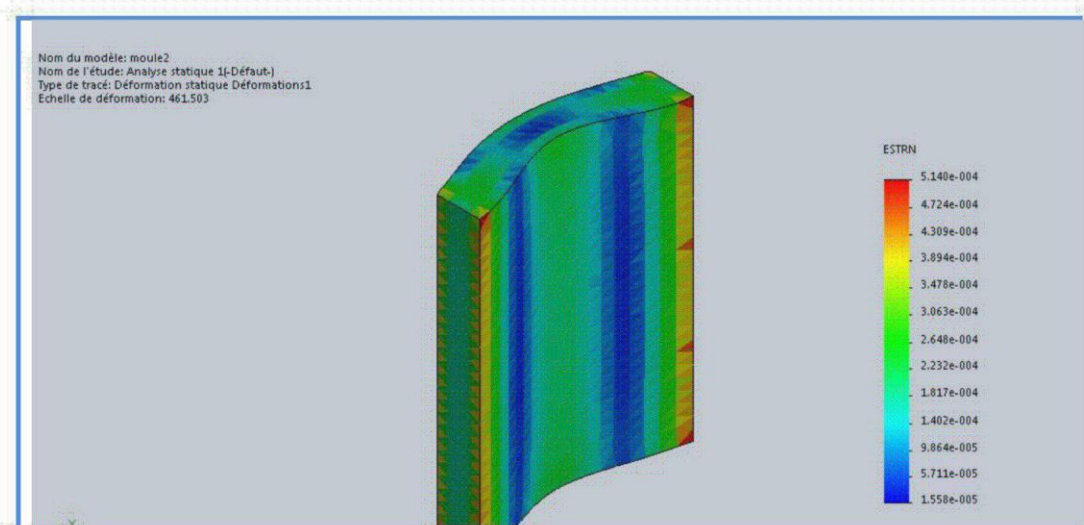


Fig.III.6. déformations (plaque N°1)

On voit que la contrainte de Von Mises maximale est inférieure à la limite élastique ce qui vérifie la condition de résistance de la plaque

III.4.2. Simulation de la plaque N°2

A. Conditions aux limites

Les déplacements imposés et les chargements sont indiqués sur la figure :

Nom du déplacement imposé	Image du déplacement imposé	Détails du déplacement imposé		
Fixe-1		Entités: 2 face(s) Type: Géométrie fixe		
Forces résultantes				
Composants	X	Y	Z	Résultante
Force de réaction(N)	4.73975	3.17816	200002	200002
Moment de réaction(N.m)	0	0	0	0

Nom du chargement	Image du chargement	Détails du chargement
Force-1		Entités: 1 face(s) Type: Force normale Valeur: 200000 N

Fig.III.7. déplacement et chargement imposé sur la plaque N°2

B. Propriété de maillage :

Type de maillage	Maillage volumique
Taille de l'élément	10.06 mm
Nombre d'éléments	8129
Nombre de nœuds	13753

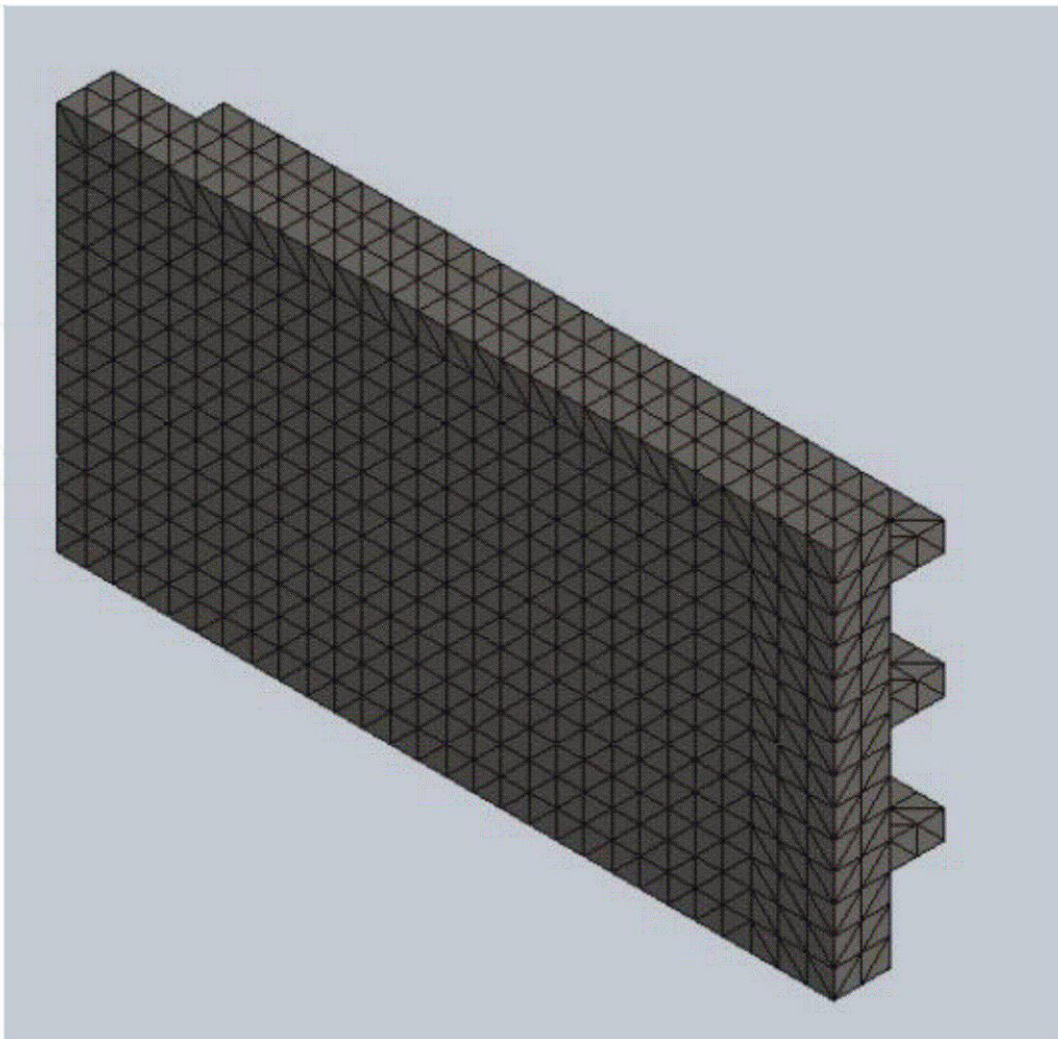


Fig.III.8. Maillage de la plaque N°2

C. Résultats de simulation de la plaque N°2

➤ Contrainte de Von Mises

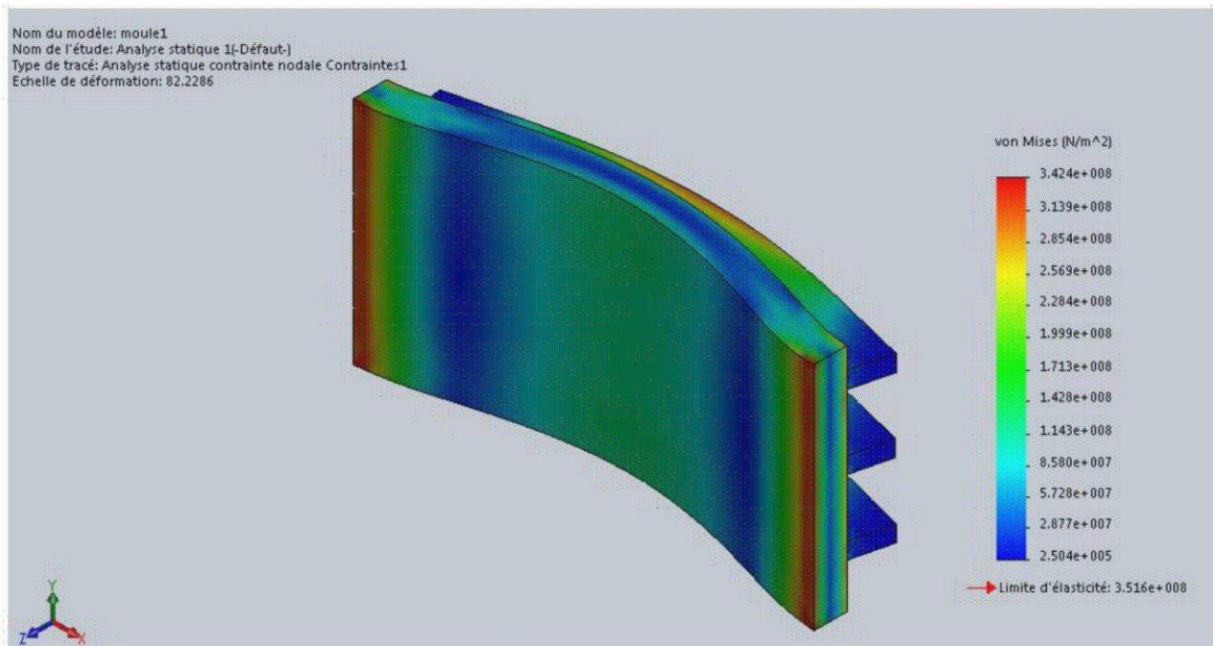


Fig.III.9. contraintes de Von Mises (plaque N°2)

➤ Déplacements

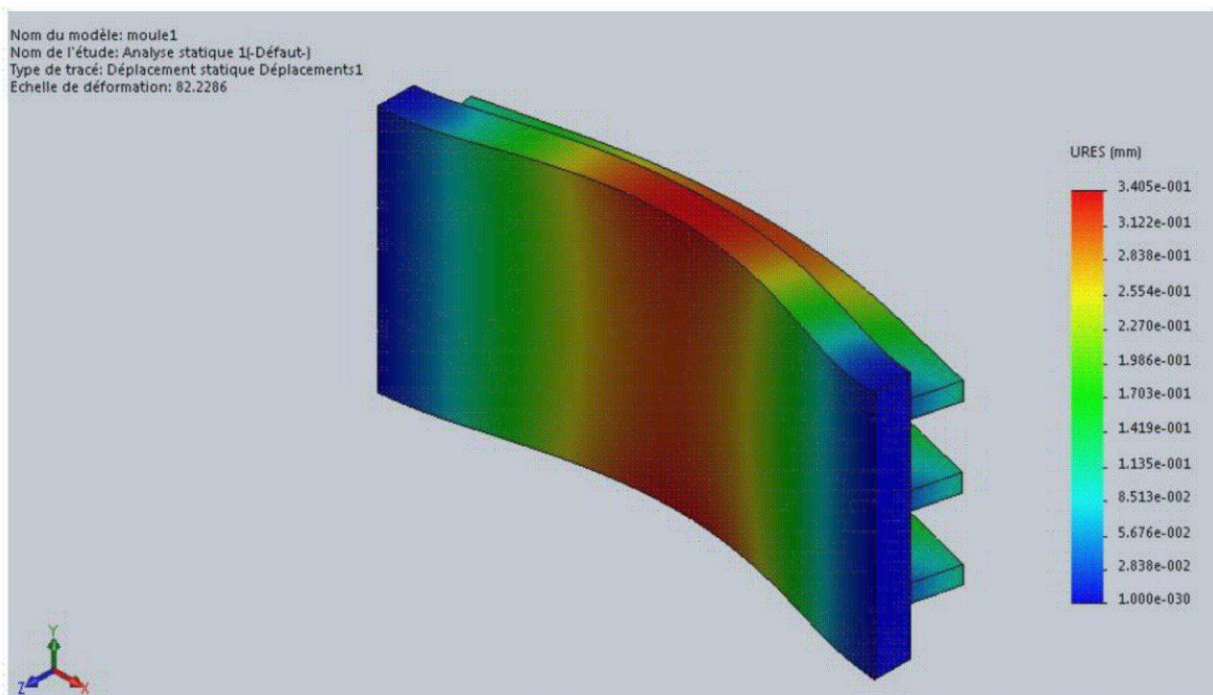


Fig.III.10. déplacements (plaque N°2)

➤ Déformations

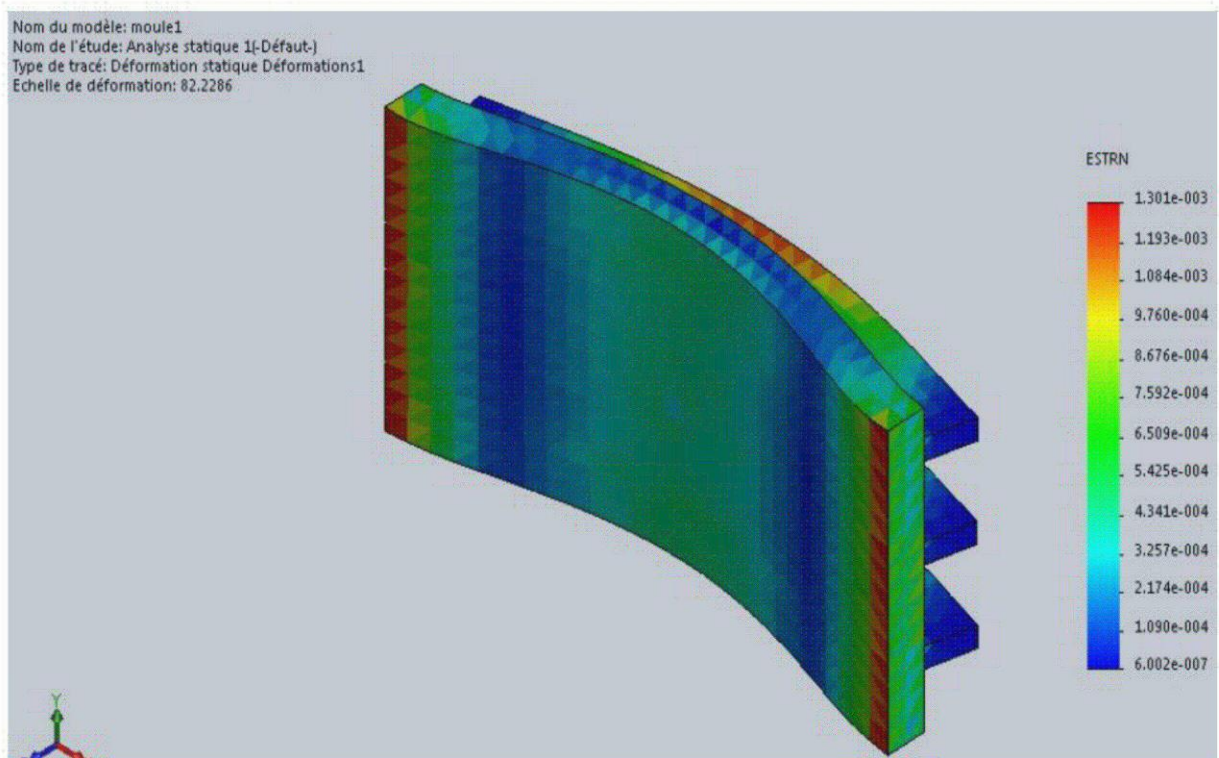


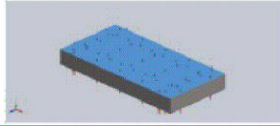
Fig.III.11. déformations (plaque N°2)

On voit que la contrainte de Von Mises maximale est inférieure à la limite élastique ce qui vérifie la condition de résistance de la plaque N°2

III.4.3. Simulation de la plaque de compression

A. Conditions aux limites

Les déplacements imposés et les chargements sont indiqués sur la figure :

Nom du déplacement imposé	Image du déplacement imposé	Détails du déplacement imposé		
Appui plan-1		Entités: 1 face(s) Type: Appui plan		
Forces résultantes				
Composants	X	Y	Z	Résultante
Force de réaction(N)	-0.818379	-200000	-1.12848	200000
Moment de réaction(N.m)	0	0	0	0

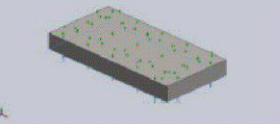
Nom du chargement	Image du chargement	Détails du chargement
Pression-1		Entités: 1 face(s) Type: Normal à la face sélectionnée Valeur: 1e+007 Unités: N/m^2 Angle de phase: 0 Unités: deg

Fig.III.12. déplacement et chargement imposé sur la plaque de compression

B. Propriété de maillage :

Type de maillage	Maillage volumique
Taille de l'élément	5.194 mm
Nombre d'éléments	7667
Nombre de nœuds	12008

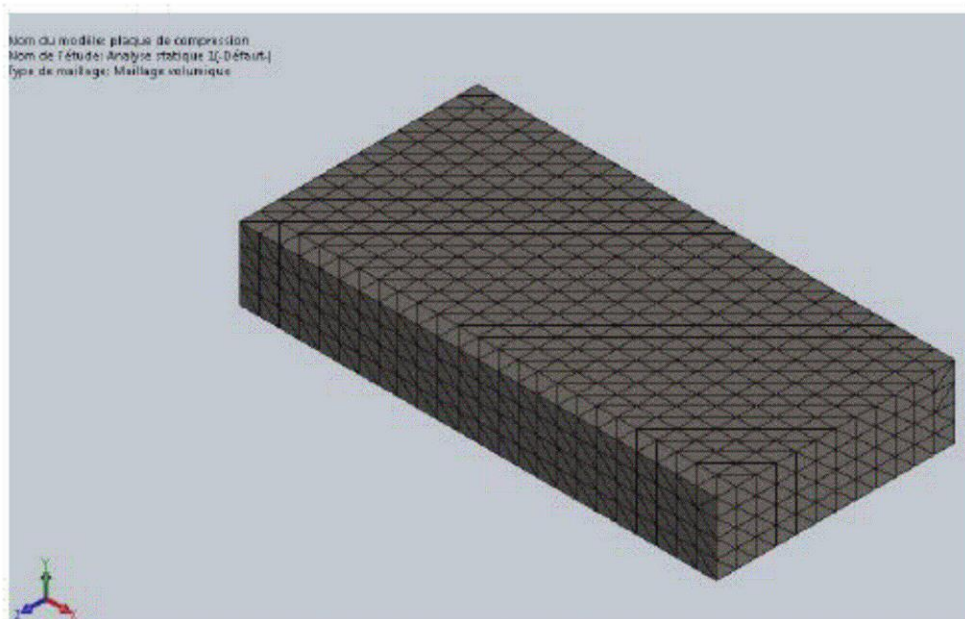


Fig.III.13. Maillage de la plaque de compression

C. Résultats de l'étude de la plaque de compression

➤ Contrainte de Von Mises

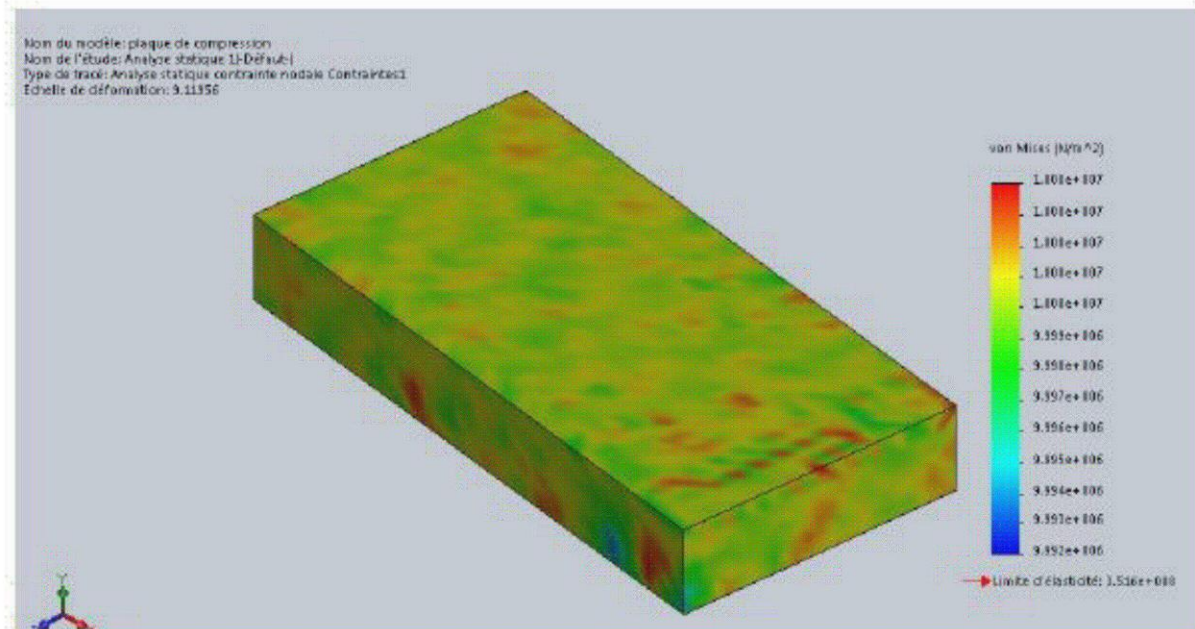


Fig.III.14. contraintes de Von Mises (plaque de compression)

➤ Déplacements

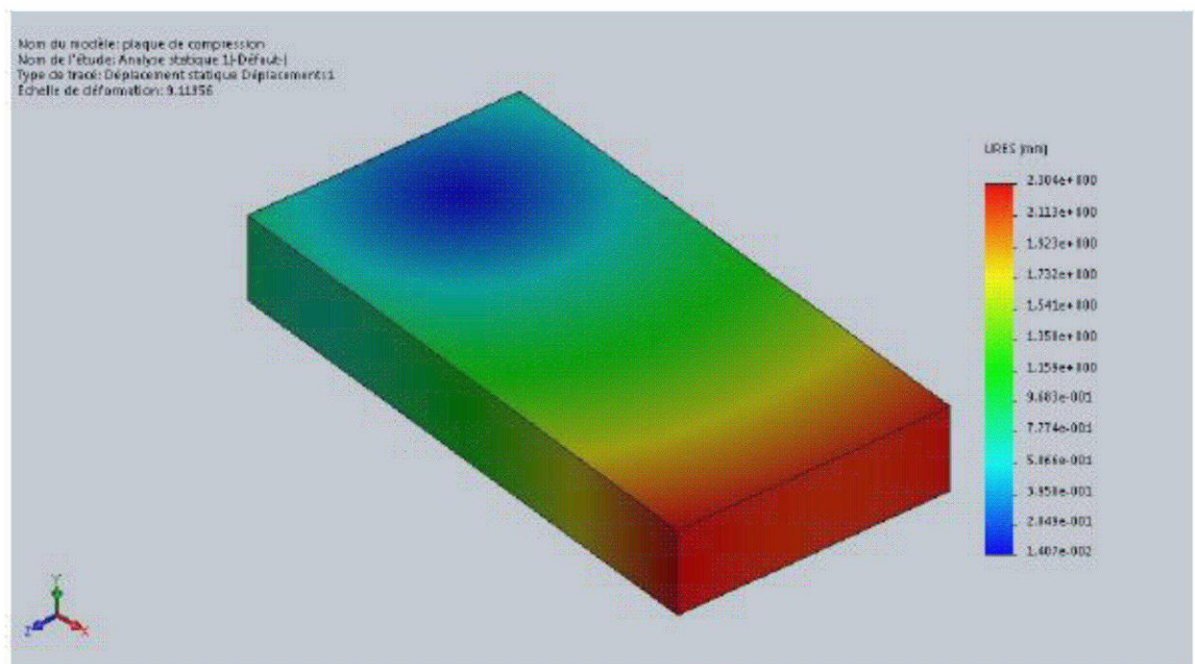


Fig.III.15. déplacements (plaque de compression)

➤ Déformations

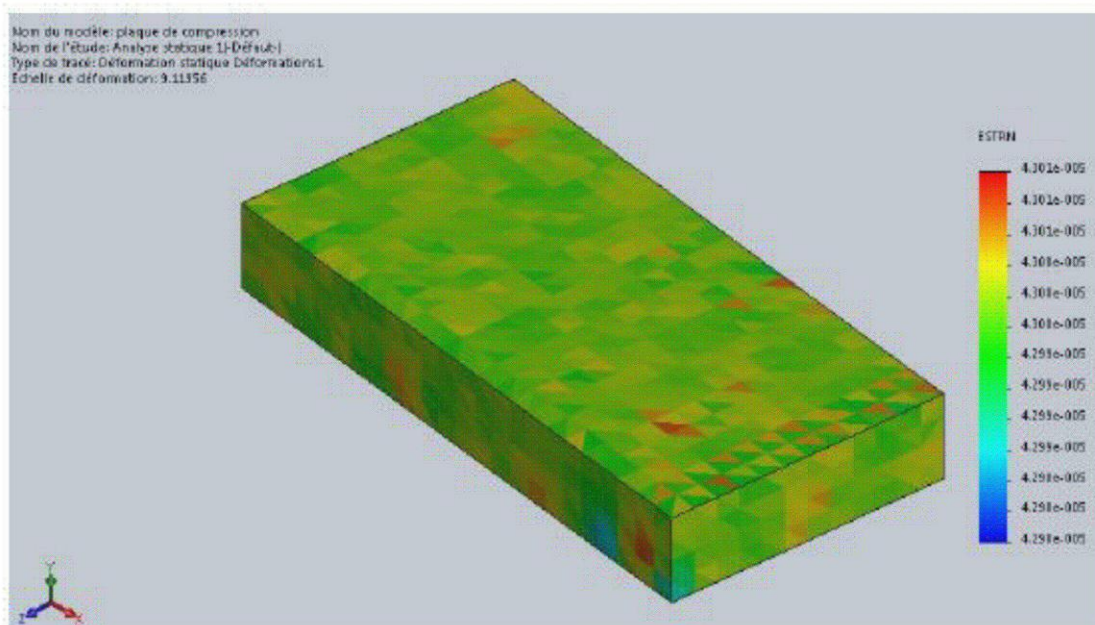


Fig.III.16. déformations (plaque de compression)

On voit que la contrainte de Von Mises maximale est inférieure à la limite élastique ce qui vérifie la condition de résistance de la plaque de compression.

III.5. Conclusion

D'après les résultats analytiques et de simulation, on voit que les plaques du moule résistent à la charge maximale du vérin cela nous indique que l'épaisseur des plaques choisies est bien choisie.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

A travers cette conception, nous avons donc essayé de mettre au point une presse correspondante aux exigences de départ que nous nous étions fixées. Il est à faire remarquer que ce travail a été effectué par un seul individu, dans des conditions de confinement d'où une certaine canalisation et un certain subjectivisme de l'œuvre ainsi accomplie. Il serait donc dommage de voir cette œuvre comme un produit bien fini.

En présence du membre du laboratoire de génie civil, et à partir des essais qu'on a réalisés sur cette presse on a remarqué que les briques produites sont dans les normes des exigences.

Pour le dimensionnement des plaques (moule et plateaux de compression), les résultats de simulation sont assez satisfaisants avec la pression maximale. Le prototype de démonstration a mis a nu des insuffisances de la solution proposée, de ce fait nos recommandations doivent être mise en pratique afin d'améliorer cette solution à partir de laquelle nous souhaitons que la presse soit utilisée dans des meilleur conditions.

Pour que le produit soit fini, nous recommandons :

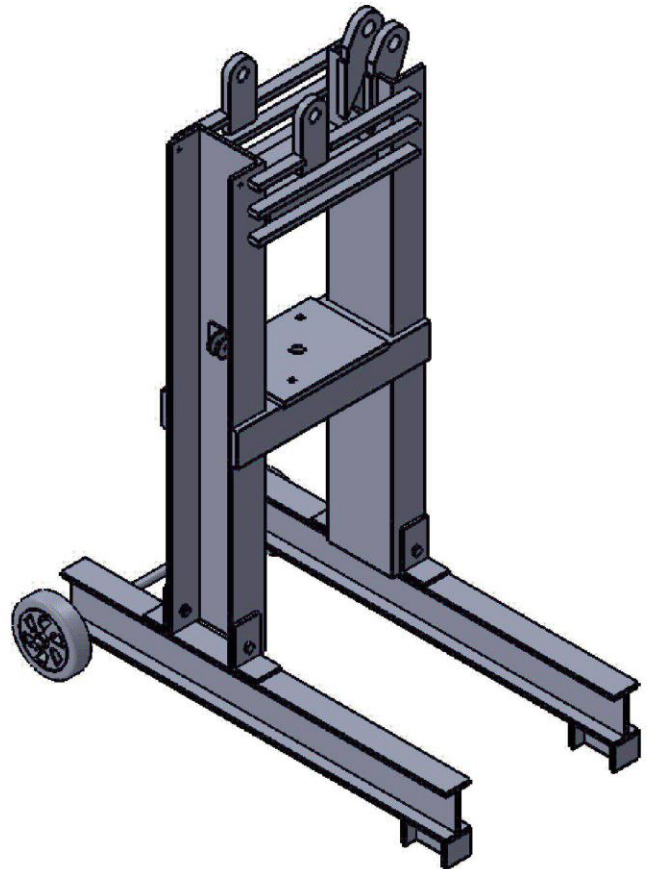
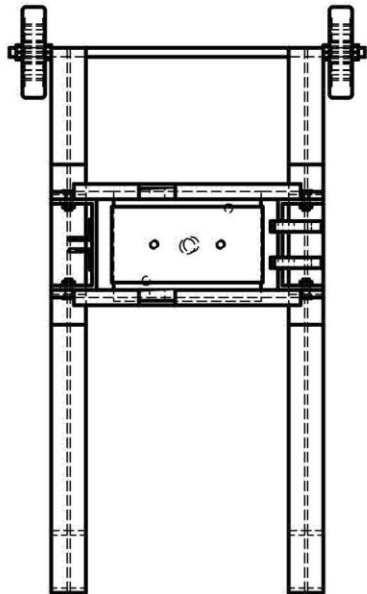
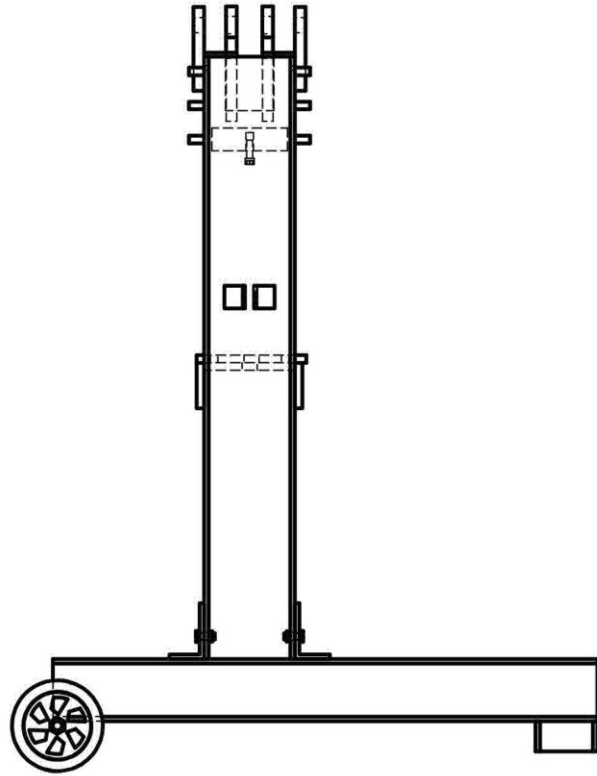
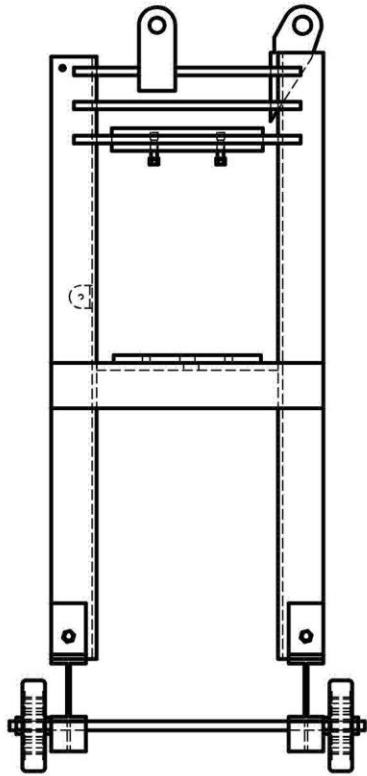
- ✓ De modifier le moule de telle sorte qu'on peut avoir différents formes de briques.
- ✓ D'introduire un moteur électrique et un mécanisme pour motoriser la manipulation du cric.

ANNEXES

ANNEXE A :

MISE EN PLAN DE LA PRESSE ET SES

ELEMENTS PRINCIPAUX

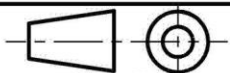


UNIVERSITE MOHAMED KHIDER - BISKRA

Echelle:1/10

**Presse pour brique de
terre comprimée
-BATI-**

S. TRODI



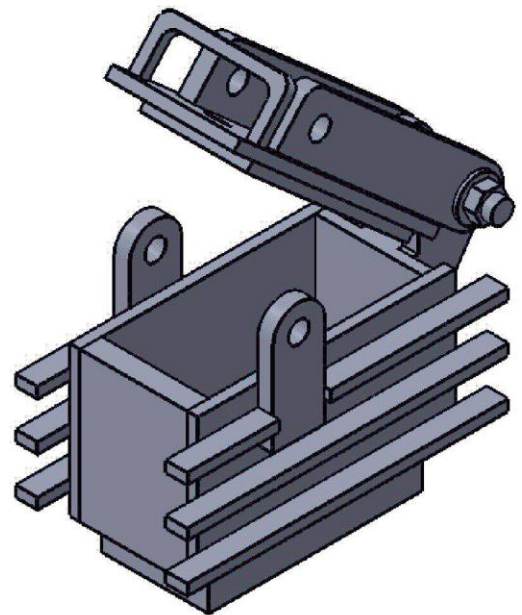
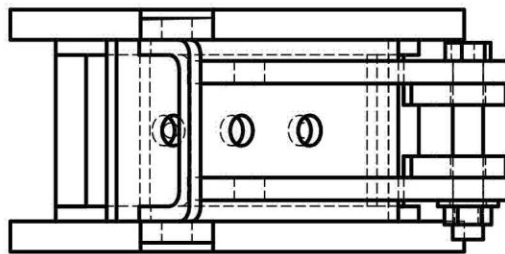
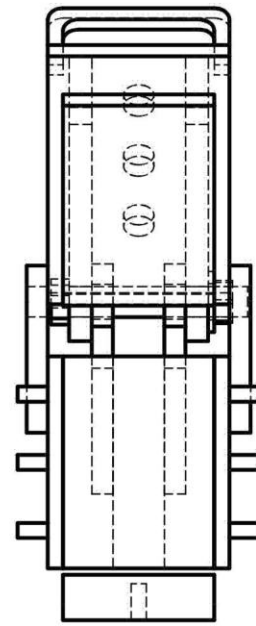
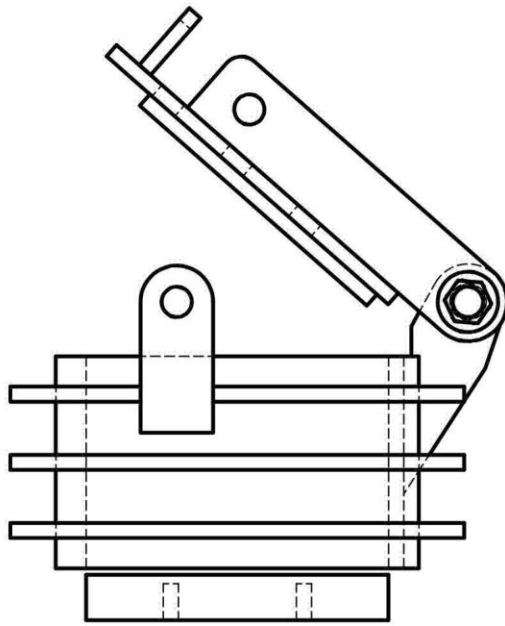
Projet fin cycle

A4_V

Annexe:A1

Septembre 2020



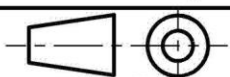


UNIVERSITE MOHAMED KHIDER - BISKRA

Echelle:1/5

**Presse pour brique de
terre comprimée
-Moule-**

S. TRODI



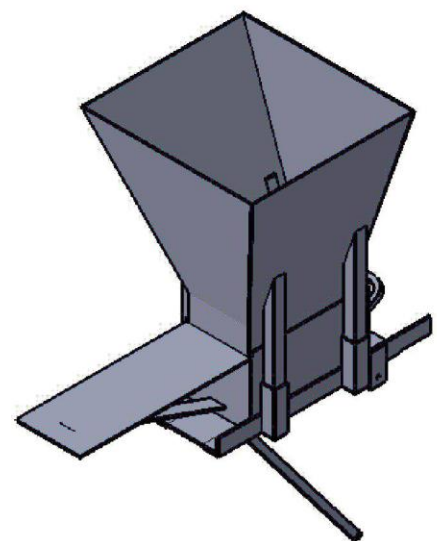
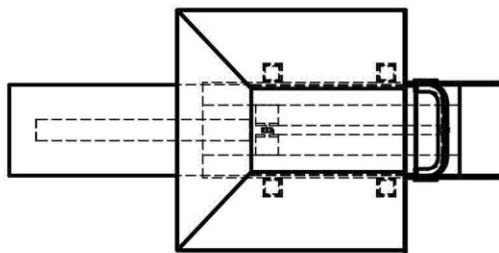
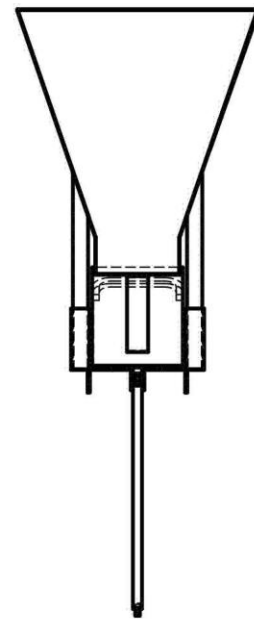
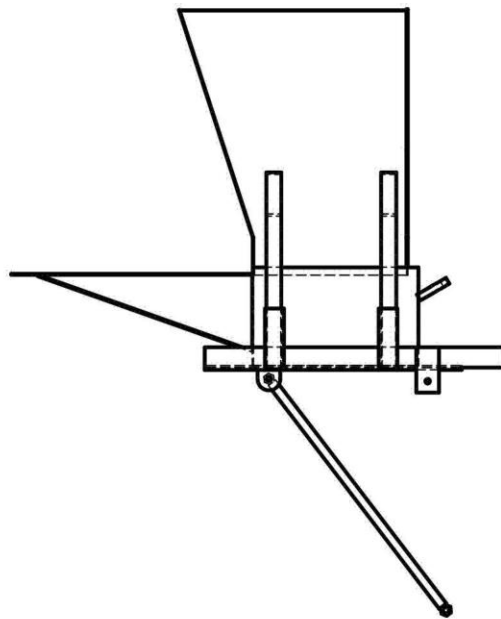
Projet fin cycle

A4_V

Annexe:A2

septembre 2020



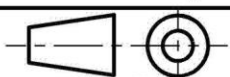


UNIVERSITE MOHAMED KHIDER - BISKRA

Echelle:1/10

**Presse pour brique de
terre comprimée
-Trémie-**

S. TRODI



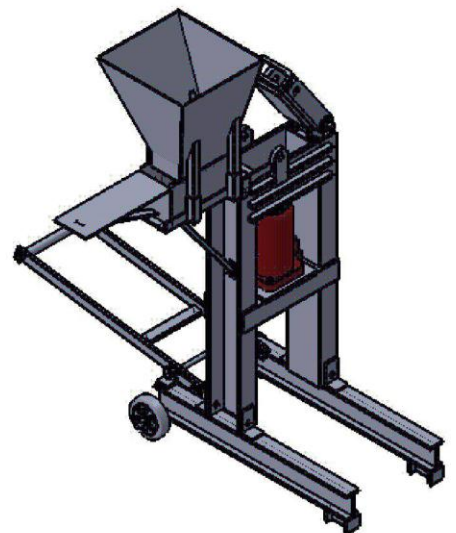
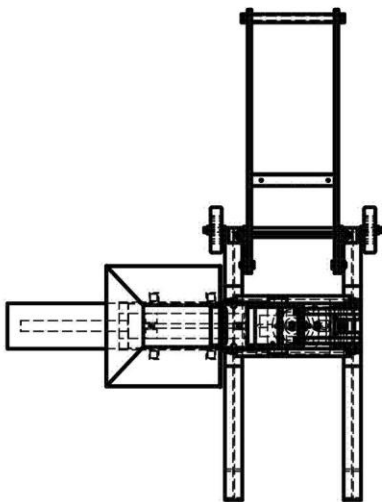
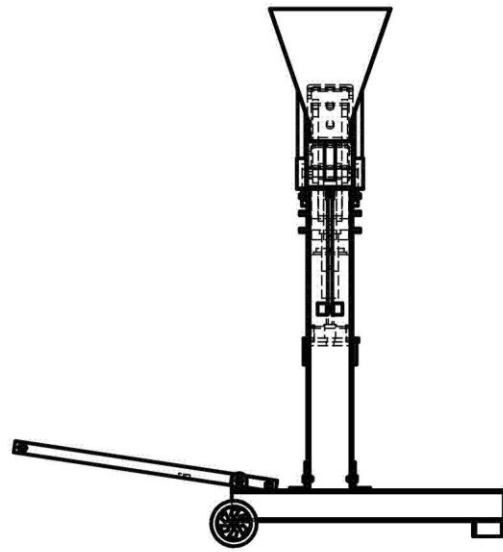
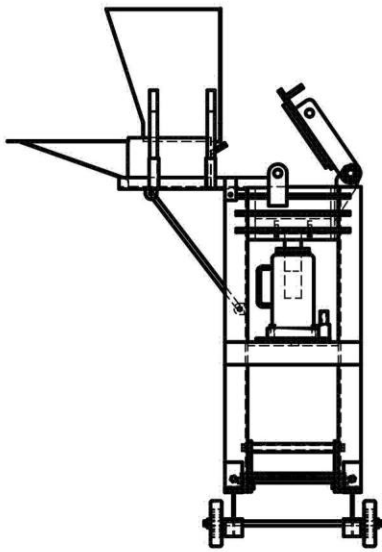
Projet fin cycle

A4_V

Annexe:A3

Septembre 2020





UNIVERSITE MOHAMED KHIDER - BISKRA

Echelle:1/10

Presse pour brique de terre comprimée

S. TRODI



Projet fin cycle

A4_V

Annexe:A4

Septembre 2020



ANNEXE B :

Cric à bouteille choisi



Caractéristiques du cric :

Avantages	- La faible puissance de la pompe facilite le travail dans les positions inconfortables.
Se compose de	- Équipé d'une soupape de sécurité
Longueur de plaque de base	160 mm
Poids à vide	9.7 kg
Course	B = 150 mm
Capacité (tonne)	20 t
Hauteur de réglage (suivant modèle)	C = 60 mm
Largeur, pied	140 mm
D Hauteur max.	D = 450 mm
A Hauteur min.	A = 240 mm

ANNEXE C :

Formules de calcul des plaques

TABLE 13.1 Formulas Obtained by the Theory of Flexure of Slabs, Giving Approximate Values of Bending Moments per Unit Width and Maximum Deflections in Rectangular and Elliptical Slabs Under Uniform Load (Given by Westergaard)^a

	Moments in span <i>b</i>		Moments in span <i>a</i>		Values of <i>C</i> at maximum deflection for $w_{max} = C(1 - \nu^2) \times (pb^4/EN^3)$
	At center of edge $-M_{b,e}$	At center of slab $M_{b,c}$	At center of edge $-M_{a,e}$	Along center line of slab $M_{a,c}$	
Rectangular slab, four edges simply supported	0	$\frac{1}{8}pb^2$ $1 + 2\alpha^2$	0	$\frac{pb^2}{48}(1 + \alpha^2)$	$\frac{0.16}{1 + 2.4\alpha^2}$
Rectangular slab, span <i>b</i> fixed; span <i>a</i> simply supported	$\frac{1}{12}wb^2$ $1 + 0.2\alpha^4$	$\frac{1}{24}pb^2$ $1 + 0.4\alpha^4$	0	$\frac{pb^2}{80}(1 + 0.3\alpha^2)$	$\frac{0.032}{1 + 0.4\alpha^2}$
Rectangular slab, span <i>a</i> fixed; span <i>b</i> simply supported	0	$\frac{1}{8}pb^2$ $1 + 0.8\alpha^2 + 6\alpha^4$	$\frac{1}{8}pb^2$ $1.08\alpha^4$	$0.015pb^2 \left(\frac{1 + 3\alpha^2}{1 + \alpha^4} \right)$	$\frac{0.16}{1 + \alpha^2 + 5\alpha^4}$
Rectangular slab, all edges fixed	$\frac{1}{12}wb^2$ $1 + \alpha^4$	$\frac{1}{8}pb^2$ $3 + 4\alpha^4$	$\frac{1}{24}wb^2$	$0.009pb^2(1 + 2\alpha^2 - \alpha^4)$	$\frac{0.032}{1 + \alpha^4}$
Elliptical slab with fixed edges; axes <i>a</i> and <i>b</i> ; <i>b/a</i> = α	$\frac{1}{12}wb^2$ $1 + \frac{2}{3}\alpha^2 + \alpha^4$	$\frac{1}{24}pb^2$ $1 + \frac{2}{3}\alpha^2 + \alpha^4$	$\frac{1}{12}pb^2\alpha^2$ $1 + \frac{2}{3}\alpha^2 + \alpha^4$	$\frac{1}{24}pb^2\alpha^2$ $1 + \frac{2}{3}\alpha^2 + \alpha^4$	

^aPoisson's ratio $\nu = 0$ (see Eq. 13.69). *b* = shorter side; *a* = longer side; *b/a* = α .

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- [1] CRATERRE, "Construction en terre", Ed. Alternatives Parallèles, Paris, 1980.
- [2] Eloy Christian « conception en construction mécanique » Bordas, Paris 1981.
- [3] Ferdinand P. Beer, E. Russell Johnston «Mécanique à l'usage des ingénieurs – statique » Mc Graw-HILL, 1981.
- [4] ARTHUR P. BORES1, RICHARD J. SCHMIDT «Advanced mechanics of materials», sixth edition, JOHN WILEY & SONS, INC. 2002
- [5] Nicole B. Trujillo « MIX DESIGN AND MECHANICAL CHARACTERIZATION OF STABILIZED COMPRESSED EARTH BLOCKS AND ASSEMBLIES FOR THE JEMEZ PUEBLO IN NEW MEXICO », *University of New Mexico 2016*
- [6] WARREN C. YOUNG, RICHARD G. BUDYNAS «Roark's Formulas for Stress and Strain», Mc Graw-HILL, 2002.
- [7] GAUVIN Raymond, DORE Roland, GOU Michel, "Hétnodologie du desien," EPM, 1976.
- [8] DROULE Gilbert, Gou Michel, THIRY Pierre, VIFET Robert, "éléments de macniney SFh, 1982.
- [9] P.N.U.D. Programme des Nations Unies pour le Développexent, "éléments pour la Pabrication d'une presse manuelle", Projet SEN/82/005, Dakar 1984.