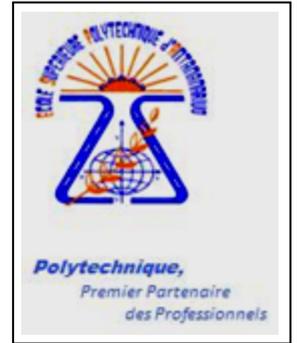




UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE



DEPARTEMENT SCIENCE DES MATERIAUX ET METALLURGIE

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Matériaux



**CONCEPTION ET REALISATION D'UNE PRESSE VIBRANTE
PVR 2012 POUR LE LABORATOIRE DE MATERIAUX A
VONTOVORONA**

Présenté par : RAKOTOLAHY Riantsoa Nasandratra

Sous la Direction de : Docteur RAKOTOSAONA Rijalalaina

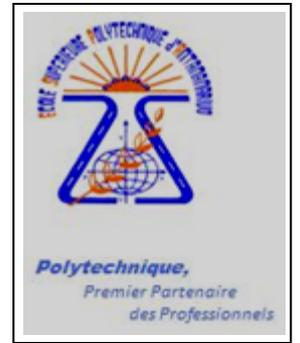
Soutenu le : 26 Mars 2013

« Je suis persuadé que celui qui a commencé en vous une œuvre bonne, en poursuivra l'achèvement jusqu'au jour du Christ-Jésus. » Ph 1.6

« Si tu confesses de ta bouche le Seigneur Jésus, et si tu crois dans ton cœur que Dieu l'a ressuscité d'entre les morts, tu seras sauvés. » Rm 10.9



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE
POLYTECHNIQUE



DEPARTEMENT SCIENCE DES MATERIAUX ET METALLURGIE

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur Matériaux



CONCEPTION ET REALISATION D'UNE PRESSE VIBRANTE PVR 2012
POUR LE LABORATOIRE DE MATERIAUX A VONTOVORONA

Présenté par : RAKOTOLAHY Riantsoa Nasandratra

Président : Professeur ANDRIANARY Philippe Antoine

Encadreur : Docteur RAKOTOSAONA Rijalalaina

Examineurs : Professeur RANAIVONARIVO Velomanantsoa Gabriely

Docteur RANARIVELO Michel

Docteur RANDRIANARIVELO Frédéric

REMERCIEMENTS

Avant toutes choses, je remercie Dieu tout puissant pour sa bénédiction qui m'a permis de finir mes études en cycle ingénieur et d'achever ce travail de mémoire dans les meilleures conditions.

Je remercie, par la présente, le Directeur de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, Professeur **ANDRIANARY Philippe Antoine**, qui me fait l'honneur de présider les membres de jury de ce mémoire.

J'adresse un vif remerciement au Docteur **RANARIVELO Michel**, Maître de conférences, et Chef du Département Science des Matériaux et Métallurgie, qui a donné tant d'efforts pour l'amélioration de nos formations au sein du Département. Et d'avoir accepté d'examiner ce mémoire.

Je suis très reconnaissant envers Docteur **RAKOTOSAONA Rijalaina**, Directeur de Partenariat à l'Université d'Antananarivo et enseignant au sein du Département Science des Matériaux et Métallurgie à l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo pour son dévouement, ses conseils en tant qu'encadreur de ce mémoire ;

Aussi je remercie respectueusement :

- Professeur **RANAIVONIARIVO Velomanantsoa Gabriely**, Responsable de la formation en 3^{ème} cycle dans le Département Science des Matériaux et Métallurgie à l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, d'avoir accepté de juger ce présent mémoire,
- Docteur **RANDRIANARIVELO Frédéric**, Enseignant au sein du Département Science des Matériaux et Métallurgie à l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, d'avoir accepté de faire partie des membres de jury de ce mémoire en tant qu'examineur,
- Monsieur **RANDRIAMORASATA Ravaka**, Enseignant au sein du Département Génie Industriel; pour ses précieux conseils et son encouragement.

Mes vifs remerciements s'adressent également à :

- Tous les Enseignants du Département Science des Matériaux et Métallurgie, ainsi que les Enseignants et les Personnels de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, qui ont assuré notre formation durant les études.

REMERCIEMENTS

- Le responsable du bureau d'étude, les techniciens ainsi que tous les personnels du Bloc Technique à Ankatso et les personnels du laboratoire et du Bloc Technique à l'ESPA Vontovorona ;
- A toute ma famille, qui m'a soutenu financièrement et moralement ;
- Tous nos collègues et amis ; à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

A TOUS, MERCI INFINIMENT !!!

SOMMAIRE

Remerciements

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des photos

Abréviations et sigles

Introduction générale

Objectifs de l'ouvrage

PARTIE A: ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I: LA PRESSE VIBRANTE

Chapitre II: LES MACHINES ET OUTILS D'USINAGE

Chapitre III: LA STABILISATION DE LA LATERITE

PARTIE B: ETUDE EXPERIMENTALE: CONCEPTION ET REALISATION DE LA PRESSE

PVR 2012

Chapitre I: ANALYSE DE FABRICATION

Chapitre II: PROCEDES DE CONFECTIONNAGE DES BRIQUETTES

Chapitre III: RESULTATS DES ESSAIS ET INTERPRETATIONS

PARTIE C: EVALUATION ECONOMIQUE ET APPROCHE ENVIRONNEMENTALE

Chapitre I: EVALUATION ECONOMIQUE

Chapitre II: APPROCHE ENVIRONNEMENTALE

Conclusion générale

Bibliographie

Annexe

Table de matière

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01: Différents modèles de tables vibrantes	9
Tableau 02: Classification des latérites selon LACROIX	34
Tableau 03: Classification des latérites par son rapport silice-alumine K_i ou ρ	35
Tableau 04: Classification des latérites par son rapport silice-sesquioxydes K_i'	35
Tableau 05: Comparaison des résistances des produits obtenus par différentes méthodes	42
Tableau 06: Notation des cimentiers	43
Tableau 07: Matières utilisées pour la réalisation de la partie mécanique	58
Tableau 08: Pièces utilisés pour la réalisation de la partie électrique	59
Tableau 09: Résistance à la compression des briquettes à 28 jours d'âge.	66
Tableau 10: Estimation du prix de revient de la réalisation de la presse PVR 2012	69
Tableau 11: Les unités et grandeurs courantes	C
Tableau 12: Résultats des analyses chimiques des latérites de Vontovorona	E
Tableau 13: Dénominations et symboles des ciments	F
Tableau 14: Les 27 produits de la famille des ciments courants de la norme NM 031-1	H

LISTE DES FIGURES

Figure 01: Influence de la durée de vibration sur le compactage du béton frais vibré	6
Figure 02: Installation classique pour la fabrication de blocs	10
Figure 03: Machine fixe américaine pour la production de blocs	11
Figure 04: Machine fixe européenne pour la production de blocs	12
Figure 05: Schéma de l'architecture d'une presse	14
Figure 06: Réglage de la force de vibration par déphasage	15
Figure 07: Représentation schématique partielle du système vibrant	15
Figure 08: Photo d'une presse vibrante lors de la sortie des produits	16
Figure 09: Différentes opérations d'un cycle de mise en forme des blocs	17
Figure 10: Pliage sur une presse-plieuse	24
Figure 11: Pliage sur plieuse universelle ou à sommier	25
Figure 12: Soudage à l'arc	26
Figure 13: Les outils	26
Figure 14: Les accessoires de protection	27
Figure 15: Filetage extérieur	30
Figure 16: Schémas du circuit de commande électrique	59
Figure 17: Procédés de confectionnage des briquettes	63
Figure 18: Courbe de comparaison des Rc	67
Figure 19: Coffrage réalisé autour d'une machine de fabrication de parpaings	74

LISTE DES PHOTOS

Photo 01 : Tables Vibrantes avec balourd-table solidaire entraîné par le moteur à l'aide d'une courroie	7
Photo 02 : Deux tables vibrantes avec balourd-moteur-table solidaire	8
Photo 03 : Moteur à balourd	8
Photo 04 : Photo d'une presse vibrante de type A650	12
Photo 05 : Photo d'une moule.	13
Photo 06 : Fraiseuse dont s'est servie	18
Photo 07 : Tour d'outilleur qu'on a utilisé	20
Photo 08 : Meules	21
Photo 09 : Deux sortes de meuleuses dont-on a utilisées	21
Photo 10 : Scie mécanique	22
Photo 11 : Coupe tôle dont on s'est servi	23
Photo 12 : Plieuse de tôle qu'on a utilisée	25
Photo 13 : Machine TESTWELL qu'on a utilisée (avec une briquette à écraser)	29
Photo 14 : Plateau	48
Photo 15 : Plaque de la presse (élément de l'étrier)	49
Photo 16 : Vis sans fin de pressage	49
Photo 17 : Traverse de la table vibrante	50
Photo 18 : Axe-guide ressort	51
Photo 19 : Cage de ressort	52
Photo 20 : Axe de bridage du moteur	53
Photo 21 : Ve de bridage du moteur	54
Photo 22 : Moteur utilisé pour notre presse	58
Photo 23 : La Presse vibrante PVR 2012	61
Photo 24 : PVR 2012	62
Photo 25 : Tamis vibrante	64
Photo 26 : PVR 2012	65
Photo 27 : Biquettes conçues	66

ABREVIATIONS ET SIGLES

AFNOR : Association Française de Normalisation

CEN : Comité Européenne de la Normalisation.

EN : Norme Européenne

NF : Norme Française

BNM : Bureau des Normes de Madagascar

NM : Norme malagasy

TPN : Tôle Plate Noire

PVR : Presse Vibrante Riantsoa

Rc : Résistance à la compression à 28 jours d'âge

EIE : Etude d'Impact Environnemental

PVC: PolyVynilChlorure

PREE : Programme d'Engagement Environnemental

CAO : Conception Assistée par Ordinateur

ISO : Organisation Internationale de Normalisation

FAO : Fabrication Assistée par Ordinateur

CFAO : Conception et Fabrication Assistée par Ordinateur

I : intensité de la vibration

d : distance de transmission

f : fréquence

INTRODUCTION GENERALE

Depuis toujours la science est en perpétuel mouvement pour améliorer les conditions de notre vie quotidienne. Dans le domaine des matériaux, elle a apporté beaucoup de progrès surtout pour avoir des matériaux de plus en plus performants et résistants.

Le compactage est l'une des phases essentielles pour l'amélioration de la performance des matériaux. Cela entraîne d'une part une augmentation de la densité de l'ensemble, et d'autre part une diminution de sa porosité et de sa perméabilité qui sont toutes les trois parmi les caractéristiques très importantes dans l'utilisation future du matériau. Certainement, l'intervention au niveau du compactage va avoir une influence sur les résistances que ce soit à la compression ou à la traction.

C'est justement l'importance de cette phase de compactage qui nous a incités de chercher un moyen afin de l'améliorer. Et l'utilisation d'une presse vibrante s'avère prometteuse. En effet, la vibration permet de faciliter les déplacements des grains dans un matériau, on peut alors penser que si on réalise un compactage en appliquant en même temps une vibration sur l'ensemble, les résultats pourraient être intéressants. Ce principe est déjà exploité pour la mise en œuvre des bétons.

Cette étude nécessite un appareillage spécifique qui permet de réaliser en même temps le pressage et la vibration. La réalisation de cet appareil est l'objet de cette étude : **« Conception et réalisation d'une presse vibrante PVR 2012 pour le laboratoire de matériaux à Vontovorona ».**

Pour se faire, le plan de ce présent livre est élaboré comme suit :

Une première partie est consacrée entièrement à l'étude bibliographique afin de rassembler les informations nécessaires pour réaliser notre presse vibrante. Une deuxième partie, qui est la partie expérimentale, dans laquelle on trouve, la conception, la réalisation de la presse vibrante ainsi que les résultats des essais préliminaires que nous avons effectués. Et enfin une troisième partie qui montre les aspects économiques et une approche environnementale.

OBJECTIFS DE L'ETUDE

Cet appareil une fois réalisé permet d'apporter des avantages pour plusieurs personnes ou entités.

Pour les enseignants et étudiants, l'appareil *PVR 2012* permet de réaliser les études sur l'effet de la vibration sur un matériau donné (matériaux de construction, ...)

Pour l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, et précisément le Département Science des Matériaux et Métallurgie, il les a permis de se procurer d'un appareil de laboratoire, avec :

- Commande très simple ;
- Appareil très résistant et durable pour un usage de laboratoire ;
- Facile à déplacer ;
- Moins encombrant ;
- Moins de risque d'accident corporel, d'incendie et de court-circuit.

Pour les industries de matériaux de construction, cet appareil peut leur apporter des idées pour perfectionner la qualité de leurs produits, surtout au niveau du procédé de compactage en utilisant une presse vibrante. Et aussi d'y trouver des idées ou des méthodes afin de réduire les impacts négatifs de l'utilisation des grandes machines nuisibles pour l'environnement sur le niveau sonore.

Et pour moi-même, la conception et la réalisation du PVR 2012 m'étaient d'une précieuse utilité car elles m'ont permis d'approfondir mes connaissances de base dans le domaine de la science de l'ingénieur, de faire les différentes manipulations des appareils de laboratoire, de machines-outils, d'outils d'usinages etc. Elles m'ont permis aussi de côtoyer les différents responsables et personnels de l'Ecole Supérieure Polytechnique et des entreprises (directeurs, enseignants, étudiants, secrétaires, techniciens, laborantins, gardiens...), afin de m'initier à la communication dans le secteur du travail.

PARTIE A: ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I: **LA PRESSE VIBRANTE [1] [2][3][4]**

I-1 Introduction :

A l'origine, les processus de fabrication des éléments en béton faisaient essentiellement appel à des techniques de pressage. Les procédés vibratoires, introduits dès la fin des années 1950, ont permis d'améliorer la qualité des productions.

Les activités liées à l'élaboration des éléments de construction en béton, en usine ou sur les chantiers, font largement appel aux vibrations.

I-2 Notion sur la vibration :

I-2-1 Définitions :

La vibration peut être définie par :

- Chocs ou tremblements produits par un appareil.
- Oscillation, mouvement de va-et-vient très rapide.

D'habitude, la vibration est surtout utilisée lors de la mise en œuvre des bétons frais.

Elle a pour objectif de faciliter l'opération d'ouvrabilité, de compactage et de remplissage correct des moules pour avoir une parfaite finition des produits finis (serrage du béton, élimination du bullage, résistance mécanique, etc.). On définit la notion d'ouvrabilité comme étant la capacité du béton frais à être transporté et mis en place suffisamment, facilement et sans ségrégation. La vibration a donc une influence sur l'ouvrabilité du matériau car elle favorise sa mise en place.

La vibration est caractérisée par les paramètres suivants :

- direction principale de vibration,
- fréquence,
- amplitude ou vitesse ou accélération,
- durée d'application.

Des résultats qualitatifs sur l'influence de chaque paramètre peuvent être consultés dans un certain nombre de publications dont quelques résultats sont présentés dans les sections suivantes.

I-2-2 Effets de la vibration :

I-2-2-1 Influence de la direction principale de vibration :

La direction de la vibration doit être orientée “perpendiculairement aux parois de l’élément à vibrer”, et de façon à être “homogène sur toute la surface”. Ceci permet d’assurer une bonne transmission de la sollicitation dans le matériau. En effet une vibration rapidement amortie ne peut être efficace que dans une petite partie du matériau considéré.

I-2-2-2 Influence de la fréquence : [1]

Selon Bresson, l’amortissement de la vibration augmente avec la fréquence de vibration et la distance de transmission selon la relation :

$$I(d) = I(0)e^{-kf^2 d}$$

Où : I est l’intensité de la vibration, f la fréquence et k un paramètre du modèle, d et O sont les distances de transmission.

I-2-2-3 Influence de l’amplitude, de la vitesse et de l’accélération :

Les résultats bibliographiques sont très variés, sans nécessairement être contradictoires puisque les conditions expérimentales (matériau, sollicitation) ne sont pas toujours clairement exposées. Généralement les vibrations étudiées sont harmoniques. Les grandeurs : vitesse, accélération et amplitude sont donc liées. Il est à remarquer que peu d’étude a été réalisée sur l’influence de la vibration sur la mise en œuvre de matériaux autre que le béton frais.

L’action de la vibration sur le béton frais est divisée en trois phases successives dont le paramètre d’efficacité est différent :

- 1- D’abord, la vibration agit sur le frottement entre les gros grains et l’inertie des gros grains a une influence sur la compactibilité des bétons. Le paramètre d’efficacité est alors l’amplitude.
- 2- Puis la vibration influe sur la rhéologie du béton frais, qui est considéré comme un fluide visqueux à seuil, et induit une chute du seuil et de la viscosité. Le paramètre

d'efficacité est alors la vitesse. Pour un béton à démoulage immédiat de type "bloc", le critère est alors :

$$\text{Vibration efficace si : } V > 0.15 \text{ m/s}$$

3- Enfin, la vibration agit sur les bulles d'air qui remontent à la surface, Le paramètre d'efficacité est alors l'accélération.

I-2-2-4 **Durée de vibration :**

D'une manière générale, la courbe d'évolution de la densité du béton en fonction du temps est donnée sur la figure ci-dessous. Le compactage est donc un processus logarithmiquement lent. Plus l'accélération est grande et plus le processus est rapide.

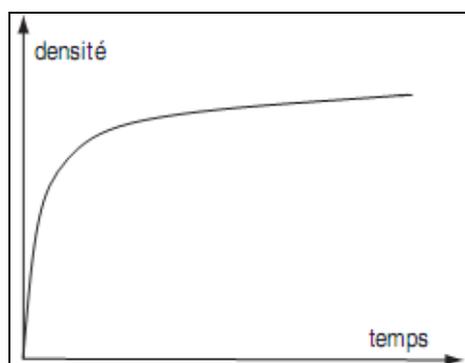


Figure 1: Influence de la durée de vibration sur le compactage du béton frais vibré

La durée de vibration est un paramètre fondamental pour la mise en forme des matériaux puisqu'elle fixe directement le seuil de rentabilité. Par conséquent, l'optimisation de la vibration doit intégrer la minimisation de la durée de vibration.

I-3 Table vibrante : [5] [6]

Une presse vibrante est essentiellement composée d'une presse et d'une table vibrante qui lui transmet la vibration.

La table vibrante est un outil vibrant rationnellement élaborée. Comme son nom l'indique, elle est une table équipée d'un système vibrant ayant une amplitude de vibration variable ou non selon les mécanismes adoptés par les constructeurs.

Il existe plusieurs types de tables vibrantes. Elles se différencient selon leur forme et le mécanisme vibratoire utilisé. Dans la majorité des cas, on utilise le système à balourd excentrique. Le balourd est un terme de mécanique classique caractérisant une **masse** non parfaitement répartie sur un volume de révolution en rotation. Dans ce cas, l'axe d'inertie (ou centre de gravité) n'est plus confondu avec l'axe de rotation. Le balourd entraîne un déséquilibre et provoque une vibration du système considéré. Cette propriété est exploitée lors de la conception de la table vibrante. Alors, soit le balourd est fixé directement sur le moteur, soit il est entraîné par le moteur à l'aide d'une courroie. Les photos suivantes montrent la différence entre ces deux mécanismes.



Vue de gauche



Vue de face

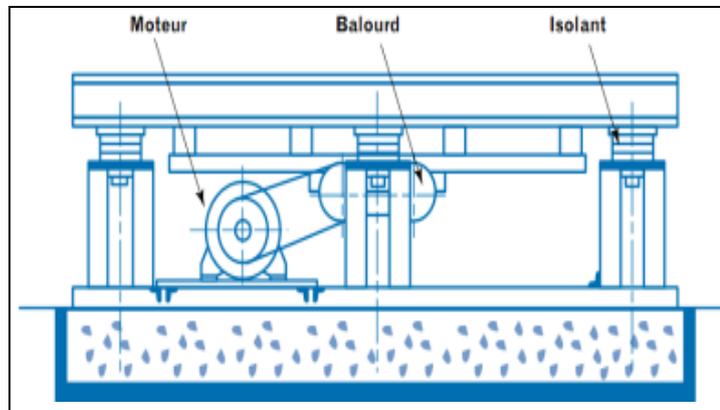
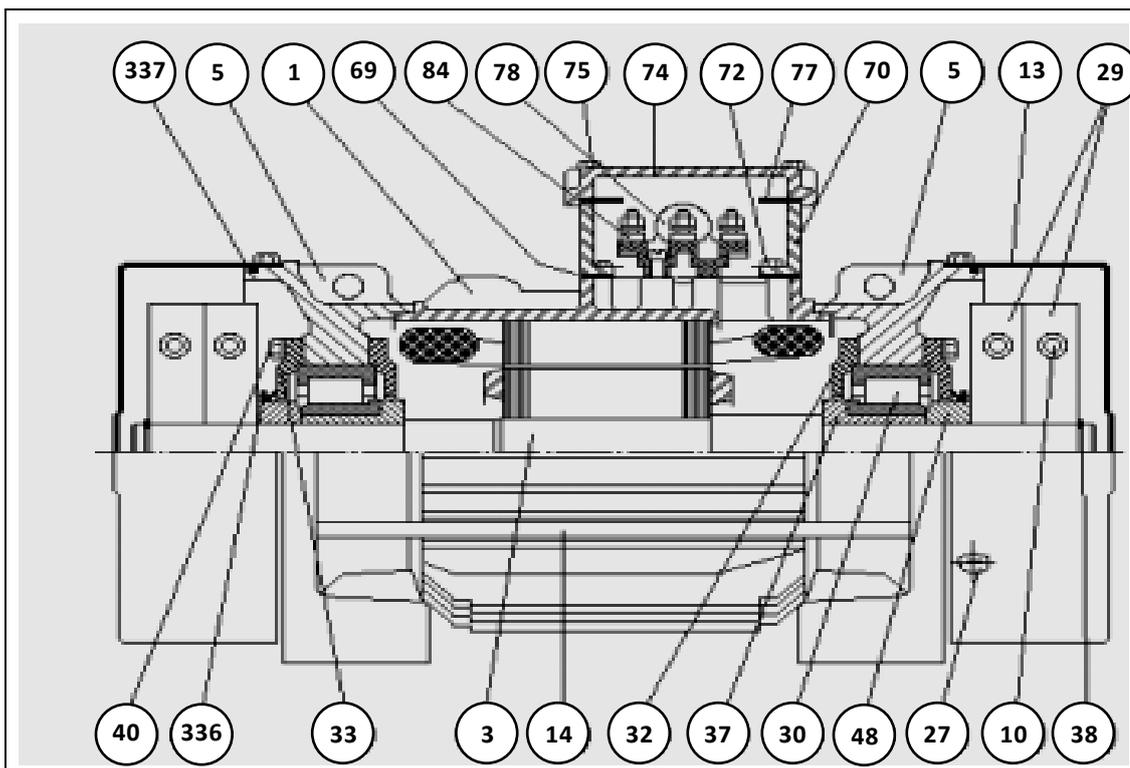


Photo 1 : Tables Vibrantes avec balourd-table solidaire entraîné

par le moteur à l'aide d'une courroie



Photo 2 : deux tables vibrantes avec balourd-moteur-table solidaires



1-Carter 2-Arbre rotor 5-Flasques 10-Vis balourds 13-Capot 14-Tiges de montage 27-Vis de capot 29-Alourds 30-Roulements 32-Chapeaux extérieurs 33-Chapeaux intérieurs 37-Douilles de roulements 38-Circlips 40-Vis de chapeaux 48-Bagues extérieurs 69-Joints de boîte à bornes 70-Corps de boîte à bornes 72-Vis de boîte à bornes 74-Couvercle de boîte à bornes 75-Vis de couvercle 77-Joint de couvercle 78-Presses-étoupe 84-Planchette à bornes 336-Joint V-ring 337-Joint de capot



Photo 3 : Moteur à balourd

Quelques modèles (avec photos) de tables vibrantes courantes sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1: Différents modèles de tables vibrantes

	<p><u>Tables vibrantes :</u> Normes EN 12390/1 - BS 1881 :108 - UNI 6127 Pour le compactage d'éprouvette de béton. Table en acier, hauteur 410mm, équipé d'un moteur à vibration de 3000 mouvements/ min, 220/240 V, 50 Hz. On peut varier l'intensité des vibrations en agissant sur les masses excentriques.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Modèles</th> <th>Dimensions table</th> <th>Poids/kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C279</td> <td>1100mm x 550 mm</td> <td>145</td> </tr> </tbody> </table>	Modèles	Dimensions table	Poids/kg	C279	1100mm x 550 mm	145
Modèles	Dimensions table	Poids/kg					
C279	1100mm x 550 mm	145					
	<p>• <u>Tables vibrantes :</u> Normes EN 12390/1 - BS 1881 :108 - UNI 6127</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Modèles</th> <th>Dimensions table</th> <th>Poids/kg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C278</td> <td>600mm x 400 mm</td> <td>85</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> • C279-02 Boîte de commande à part • C279-03 Dispositif de fixation du moule 	Modèles	Dimensions table	Poids/kg	C278	600mm x 400 mm	85
Modèles	Dimensions table	Poids/kg					
C278	600mm x 400 mm	85					
	<p>C280 Table de vibration pour moules 15x15 cm Avec bouton "Marche/Arrêt", 220/240 V, 50 Hz, 300 W, dimensions 320x320x300 mm, poids 20 kg.</p>						
							

Source : [7] et [8]

I-4 Exemple d'utilisation de la vibration dans l'élaboration des parpaings

L'exemple courant où l'on rencontre l'utilisation de la vibration dans l'élaboration des matériaux de construction est la fabrication de parpaing. En effet, pour faciliter le compactage des parpaings, on leur soumet une vibration, en les compactant (sous le choc) en même temps.

I-4-1 Installation classique semi industrielle pour la production de blocs :

La figure 2 montre une vue d'ensemble d'une installation classique pour la fabrication de blocs ou parpaings. Les granulats sont amenés par camion et sont stockés à l'extérieur. Un malaxeur effectue le mélange des matières premières de façon automatique, selon la formulation programmée, adaptée au type de produit. Le mélange est ensuite convoyé jusqu'à la presse par un transporteur à bandes. Toute la phase de mise en forme est réalisée par la presse vibrante. Les produits démoulés sont alors immédiatement stockés en étuve pour séchage pendant environ 36 heures. Le produit peut être transporté vers son lieu de stockage ou d'utilisation. Notons que toute l'installation est automatique et que deux personnes seulement sont nécessaires à son fonctionnement (une personne pour l'approvisionnement et une personne pour le pilotage général).

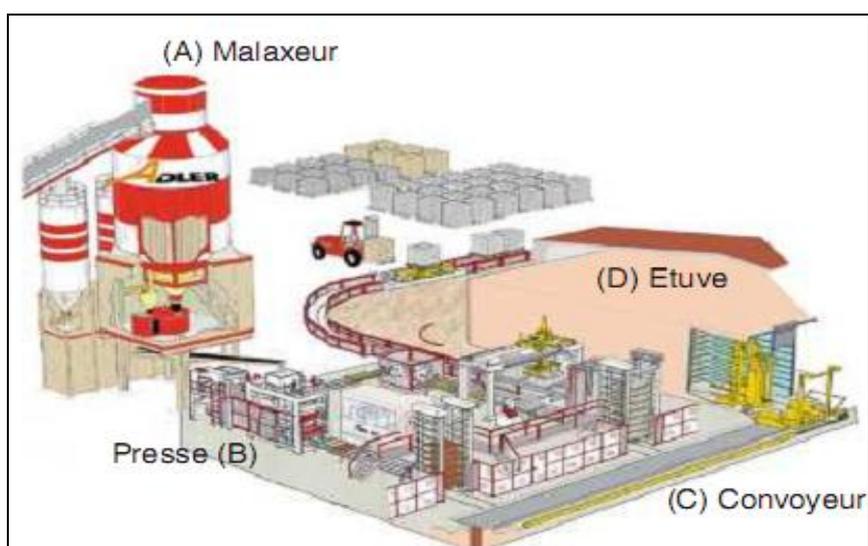


Figure 2 : Installation classique pour la fabrication de blocs

I-4-2 *Fonctionnement de la presse :*

L'opération complexe de mise en forme des blocs ou de parpaing est réalisée automatiquement sur une seule machine : la presse vibrante. C'est une machine fixe à démoulage immédiat. Les produits sont donc mis en forme et immédiatement convoyés hors de la presse pour le séchage.

On distingue deux types de machines utilisées pour la production de blocs, basées sur le principe de l'action combinée d'une vibration et d'un effort de pressage.

Les machines fixes américaines : La vibration est produite directement sur le moule (voir figure 3). Le démoulage est réalisé par poussée des produits sous le moule. Les produits sont très homogènes et donc adaptés pour une utilisation comme blocs apparents. Cependant les moules doivent être très robustes.

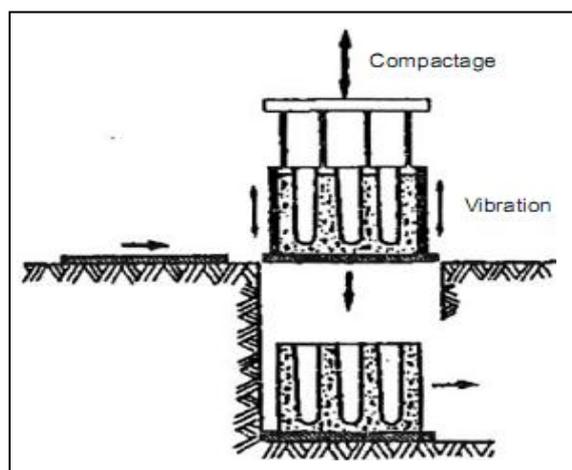


Figure 3 : Machine fixe américaine pour la production de blocs

Les machines fixes européennes : La vibration est produite par une table vibrante et transmise au moule par une plaque (comme indiqué sur la figure 4). Ces machines permettent l'utilisation de moules de grandes dimensions et de formes complexes. Un modèle de presse est présenté sur la photo 4. Une telle presse peut réaliser 10 parpaings en une seule opération. La cadence est de 5 opérations par minute.

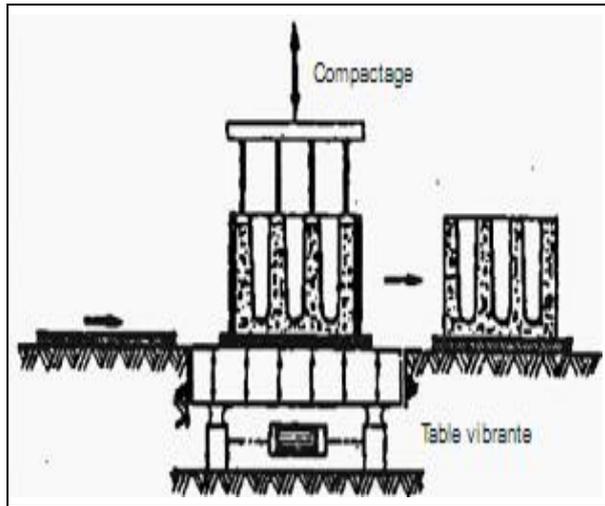


Figure 4 : Machine fixe européenne pour la production de blocs

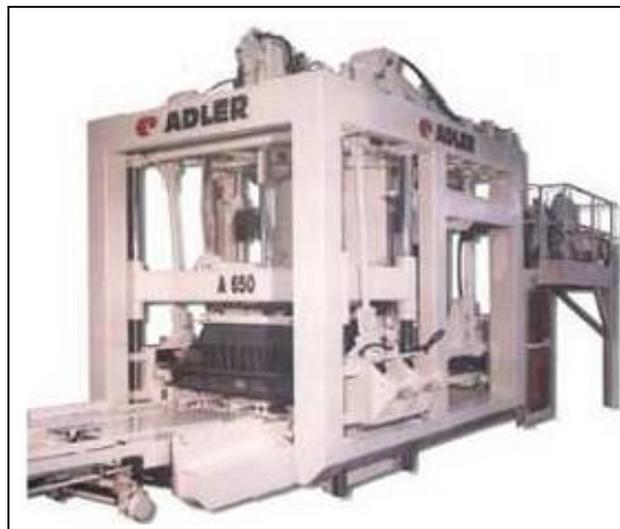


Photo 4 : Photo d'une presse vibrante de type A650

L'architecture générale d'une presse vibrante est schématisée sur la figure 5. Le béton est mis en forme par moulage, sous un effort de compactage exercé par le pilon. Cette opération est assistée par une succession de chocs périodiques, souvent assimilée à une vibration. Le principe de transmission de cette énergie de vibration au béton est le suivant : durant son mouvement de vibration, la table vient heurter la planche et poursuit son mouvement quasi-sinusoïdal. La planche décolle et retombe sur les pontées.

Les éléments principaux de la presse sont décrits ci-dessous.

Le moule : Le moule est une structure mécano-soudée débouchant, en acier traité 66 HRC (Photo 5). Les noyaux sont en tôle d'acier, fixés sur le moule à l'aide de traverses. L'ensemble assure l'essentiel de la conformation du produit, les deux faces supérieures et inférieures étant en contact respectivement avec le pilon et avec la planche.



Photo 5 : Photo d'une moule.

La planche : La planche sert de support plan au moule et au produit moulé. Elle assure la transmission de l'énergie de vibration de la table vibrante vers le couple moule/béton. Elle sert aussi au convoyage du bloc. Elle est généralement en bois (épaisseur 45 mm) car les planches métalliques, bien qu'elles soient plus efficaces, sont plus chères et plus bruyantes.

La planche est serrée élastiquement contre des butées fixes, appelées "pontées", par des vérins à vessie assurant une certaine souplesse au montage.

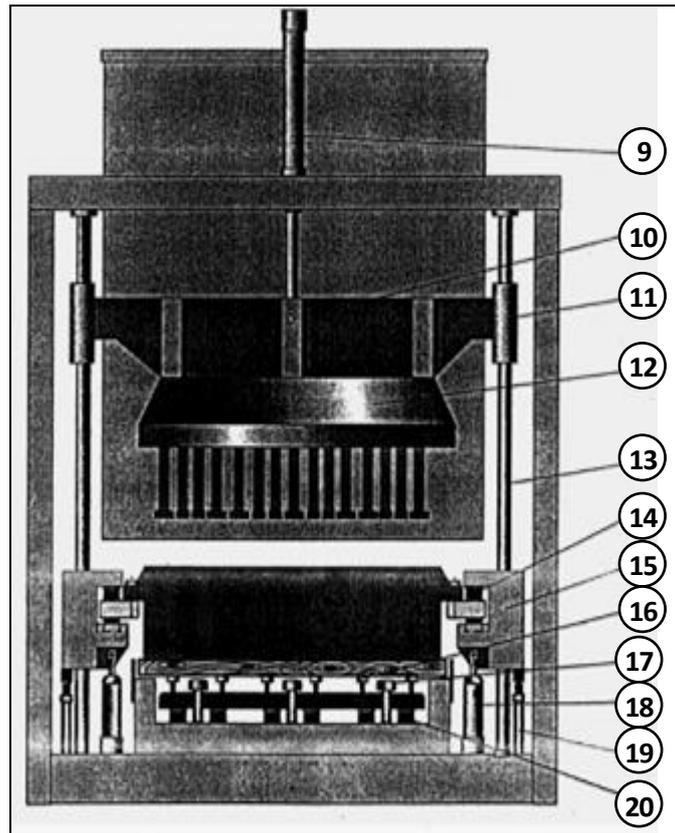


Figure 5 : Schéma de l'architecture d'une presse (le système vibrant n'est pas représenté).

[9-12] : ensemble pilon, [15, 18] : coulisseaux du moule et vérin de démoulage, [16] : pontées, [17] : frappeurs et table, [20] : suspensions élastiques de la table

La table vibrante : La table vibrante est l'élément qui transmet la vibration à la planche, via des frappeurs. Elle repose sur des plots élastiques en élastomère permettant le mouvement de la table et participant à l'isolation (phonique et vibration) du système vibrant pour l'environnement extérieur. Sous l'effet des efforts d'inertie du système vibrant, la table vibrante est donc animée d'un mouvement quasi-sinusoïdal : la vibration.

Le système vibrant : Le système vibrant est constitué de moteurs (généralement 2 ou 4) qui mettent en rotation des arbres montés en liaison pivot sur la table vibrante (figure 7). Les arbres sont équipés de balourds. Les moteurs tournent à la même vitesse (de l'ordre de 3000 tr/min) et ont des sens de rotation inversés pour équilibrer les efforts hors-axe du moule. La table est donc mise en vibration sous l'action de l'inertie des balourds. Le réglage de l'amplitude de vibration se fait par réglage du déphasage entre les balourds. Comme indiqué sur la figure 6, les moteurs sont en phase, et l'amplitude est maximale. Lorsque les moteurs

sont réglés en opposition de phase, l'amplitude est théoriquement nulle puisque les efforts d'inertie des moteurs se compensent. En pratique, l'opérateur règle la force de vibration (entre 0 et 16000 daN) correspondant aux efforts d'inertie des balourds.

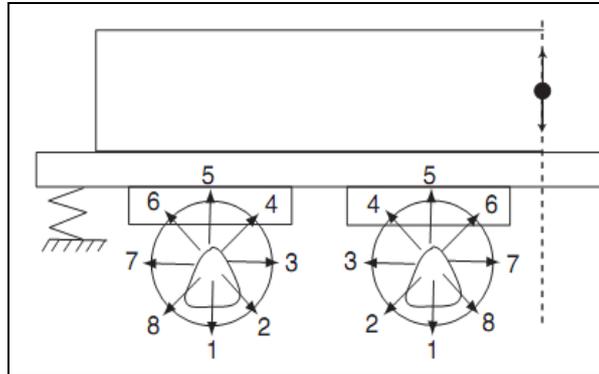


Figure 6 : Réglage de la force de vibration

par déphasage (représentation : en phase, force maximale)

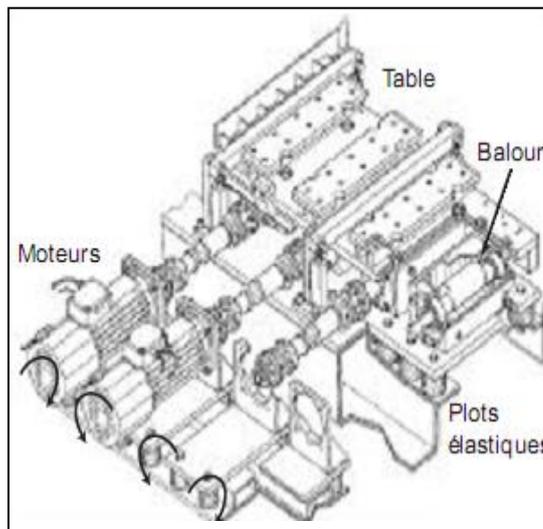


Figure 7 : Représentation schématique partielle du système vibrant

Le pilon : Le pilon (ou dameur) est l'effecteur venant appliquer l'effort de compactage sur le produit. De plus, il assure le démoulage du produit compacté lors de la montée du moule. Il est actionné par un vérin lors du compactage. Lorsque le pilon atteint un déplacement conférant au produit la hauteur spécifiée, il est bloqué en position, jusqu'à la fin du démoulage.



Figure 8 : Photo d'une presse vibrante lors de la sortie des produits

La figure 9 montre le cycle de fonctionnement d'une presse vibrante. Le temps de cycle est environ d'une dizaine de secondes.

Prévibration : C'est la phase de remplissage du moule. Elle se fait sous vibration afin d'assurer un bon remplissage des cavités, sans formation de bouchons, et jusque sous les noyaux.

Compactage : C'est la phase de mise en forme du produit, toujours sous vibration. Le pilon est actionné par le vérin piloté en pression constante.

Décompression : Cette phase intermédiaire, suite au compactage, est nécessaire au bon démoulage du produit. Le pilon est maintenu en position, toujours sous vibration. Le terme de

“décompression” fait référence à l’action de la vibration afin de relaxer les contraintes internes de pression dans le béton.

Démoulage : La vibration est arrêtée. Le pilon est toujours maintenu en position et le moule se relève. Puis le pilon est relevé à son tour, et la planche supportant les blocs est convoyée hors de la machine. La tenue du produit, encore frais au démoulage, dépend de l’efficacité des opérations précédentes.

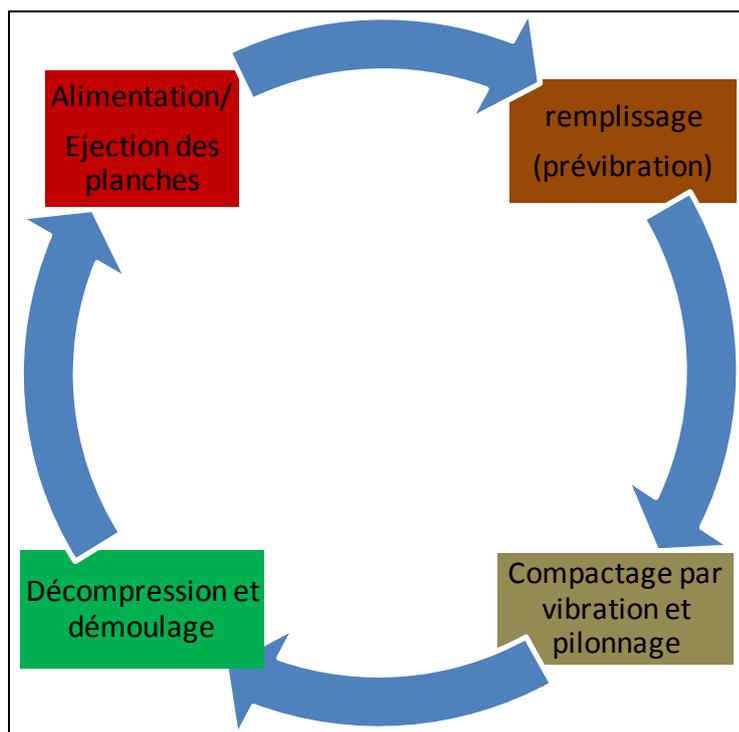


Figure 9 : Différentes opérations d’un cycle de mise en forme des blocs

Chapitre II: **LES MACHINES ET OUTILS D'USINAGE [9][10][11]**

Pour la réalisation de la presse, l'apprentissage et l'utilisation des machines-outils d'usinage sont obligatoires. Nous décrivons, dans la suite du travail, quelques machines que nous avons utilisées lors de la fabrication de notre presse.

II-1 Fraiseuse [9]

Une fraiseuse est une machine-outil utilisée pour usiner tous types de pièces mécaniques, à l'unité ou en série, par enlèvement de matière à partir de blocs ou parfois d'ébauches estampées ou moulées, à l'aide d'un outil coupant nommé fraise. A part cet outil qui lui a donné son nom, une fraiseuse peut également être équipée de foret, de taraud ou d'alésoir.



Photo 6 : Fraiseuse dont s'est servie

La fraise est mise en rotation et taille la matière suite à sa rotation et au mouvement relatif de l'outil tranchant (fraise) par rapport à la pièce.

La forme de la fraise est variable ; elle peut être cylindrique, torique, conique, hémisphérique ou quelquefois de forme encore plus complexe. La fraise et la pièce sont montées sur des glissières et peuvent se déplacer relativement suivant des coordonnées X Y ou Z (on parle alors de fraiseuse trois axes). Par convention, l'axe Z est l'axe de rotation de la broche (porte-outil), les axes X et Y sont contenus dans un plan perpendiculaire à Z. Les axes de rotation A B et C ont respectivement axes sur X, Y ou Z. Il existe des fraiseuses à quatre axes ou cinq axes.

Les propriétés physiques de la fraise, ainsi que sa vitesse de rotation et sa vitesse d'avancement, dépendent de la matière à usiner, de la profondeur de travail et de la coupe. On utilise principalement le carbure de tungstène et l'acier rapide. Tous les deux sont recouverts d'un revêtement résistant à l'abrasion du copeau.

Il existe plusieurs types de fraises :

- les fraiseuses manuelles où les mouvements sont commandés par le "fraiseur",
- les fraiseuses à apprentissage qui peuvent répéter les mouvements une fois donnés par l'opérateur (enregistrement des mouvements) et
- les fraiseuses à commande numérique où les informations concernant l'usinage sont enregistrées préalablement et un ordinateur transmet à la fraiseuse (via des interface numériques) des ordres de mouvement de l'outil pour usiner une pièce complexe (pilotee par un programme informatique). La CAO (conception assistée par ordinateur) associée à la fabrication se nomme FAO (Fabrication Assisté par Ordinateur) ou CFAO (Conception et Fabrication Assisté par Ordinateur)

II-2 Tour d'outilleur [10]

Le *tour d'outilleur* est une machine de construction soignée destinée à produire des pièces à l'unité ou en petite série. C'est le côté universel qui est donc privilégié et non la recherche de productivité.

Le tour d'outilleur permet à un ouvrier qualifié (le tourneur outilleur) d'usiner les pièces les plus complexes. Les critères de choix seront une gamme de vitesses de broche (porte-outils)

étendue et bien étagée ainsi qu'un grand choix de vitesses d'avance pour pouvoir réaliser tous les filetages possibles (métrique ou pouces), ou réaliser des pas au module (vis sans fin).

Ces machines disposent également de butées réglables facilement sur les mouvements d'avance automatique, et de réglages micrométriques pour la course des outils. Un changement facile des outils est également prévu ainsi que des translations rapides. Le plus souvent un mandrin 3 mors concentriques, un plateau 4 mors indépendants et une lunette couvriront tous les besoins de montage des pièces. Parfois, un copieur hydraulique permettra d'obtenir les formes les plus compliquées.



Photo 7 : Tour d'outilleur qu'on a utilisé

On rencontre fréquemment des machines de ce type de plus de trente ans encore en production. Toutefois, concurrencées par les modèles à commande numérique elles vont probablement à plus ou moins long terme disparaître des usines.

II-3 Autres

A part les machines outils, voici une brève description d'autres machines et appareils qu'on a eus recourt lors de la réalisation pratique :

II-3-1 *Meuleuse :*

La meule en tant qu'outil est un disque constitué de grains d'émeri, montée sur une machine-outil appelée meuleuse ou disqueuse qui sert à usiner de la matière par abrasion.

Les photos suivantes montrent quelques meules :



Photo 8 : Meules

Les deux photos suivantes montrent les deux sortes de meuleuses dont a eu recourt lors de la réalisation de la presse PVR:



Photo 9 : Deux sortes de meuleuses dont-on a utilisées

II-3-2 *Scie mécanique :*

La scie à métaux est un outil spécialement prévu pour scier le métal. Cet outil possède une denture très fine et très acérée. Contrairement aux scies à bois, la lame est habituellement accrochée aux deux extrémités pour être bien tendue, afin de faciliter la découpe. La lame est interchangeable car elle s'use plus vite que celle du bois.



Photo 10 : scie mécanique

II-3-3 Coupes tôles : [11]

➤ **Description :**

Les coupes tôles sont des machines de coupe rectiligne de tôles ou de flans de faible épaisseur. Elles sont destinées aux pièces de grandes dimensions. Les épaisseurs maximum de flans cisailés peuvent aller jusqu'à 14mm. Ces machines appartiennent à la série de machines génératrices de risques.



Photo 11 : Coupe tôle dont on s'est servi

La tôle est généralement présentée de l'avant, face à la machine, entre les lames de la cisaille et la serre-flan qui sert à maintenir la pièce à couper. Un serrage efficace de la tôle est nécessaire. Le cisailage de la tôle se fait par déplacement vertical du porte-lame supérieur. Puis, dès que les lames entrent en contact avec la tôle, cette force de serrage varie proportionnellement à l'effort de coupe (500 à 3000daN).

Les coupes obtenues avec de la coupe tôle seront sans bombé, sans flèche et sans déformation en hélice si le réglage du jeu entre lames, et de l'angle de coupe (angle résultant de l'inclinaison de la lame supérieure par rapport à la lame fixe inférieure) respectent les critères liés à l'épaisseur de la tôle et à la nature des matériaux.

Les flans coupés sont récupérés à l'arrière de la machine. Le plan de travail a une hauteur normalisée de 855mm. La commande de la machine se fait au pied à l'aide d'une pédale.

➤ **Risques et prévention :**

Les risques principaux liés à l'utilisation de la machine sont le cisaillement ou l'écrasement des doigts, et des mains.

Sur l'avant de la machine, un protecteur fixe doit interdire l'accès au serre-flans tout en permettant le passage de l'épaisseur maximal de tôle admissible sur la machine. Le protecteur sera réalisé de façon que l'on puisse bien voir la position du couteau pour les coupes au tracé.

Comme protection individuelle, l'opérateur doit porter :

- Des gants pour la manutention des tôles ;
- Des chaussures d'atelier et tablier de métallier en cuir.

II-3-4 **Plieuse [12]**

Le pliage est une opération de conformation à froid qui consiste à déformer une tôle plane en changeant sa direction de façon brusque suivant un angle. Un poinçon applique une force F sur une tôle et ce dernier va s'enfoncer dans une matrice (figure 10).

Il existe plusieurs technologies pour plier une pièce : pliage en l'air (presse-plieuse), pliage en frappe (pliage sur plieuse à sommier ou universelle)...

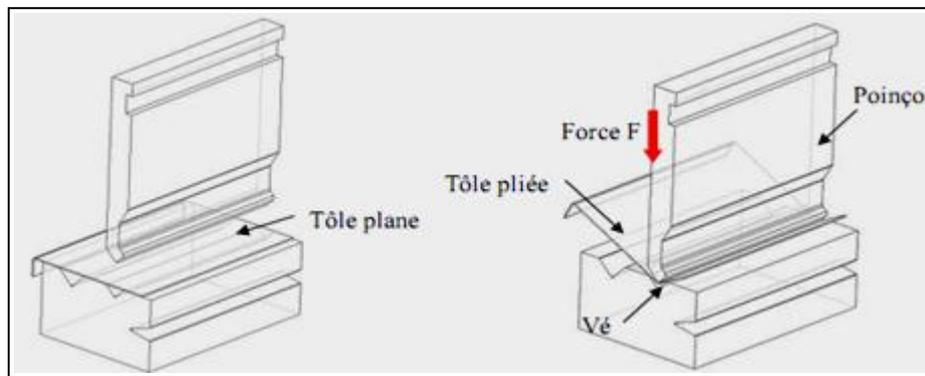


Figure 10 : Pliage sur une presse-plieuse

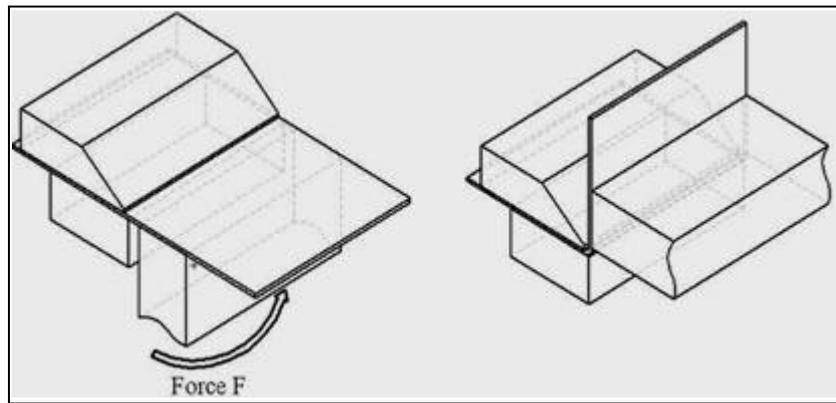


Figure 11 : Pliage sur plieuse universelle ou à sommier



Photo 12 : Plieuse de tôle qu'on a utilisée

II-3-5 Soudure à arc [13]

La soudure à l'arc permet un soudage à haute température des métaux de même nature ou non, avec un métal d'apport, par fusion. La très haute température est fournie par l'arc électrique (au moins 3.000°C). L'arc résulte du passage d'un courant électrique entre les pièces à souder et une électrode. L'électrode est un fil métallique enrobé. Une extrémité de l'électrode est dénudée, ce qui permet d'établir le contact électrique.

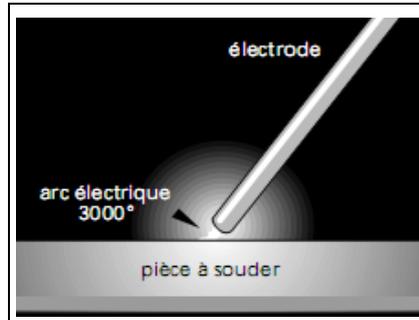


Figure 12 : Soudage à l'arc

Pour être à l'aise et en sécurité dans une opération de soudage, il faut se procurer de tous les outils nécessaires et des divers accessoires de protection (figure 13 et 14).

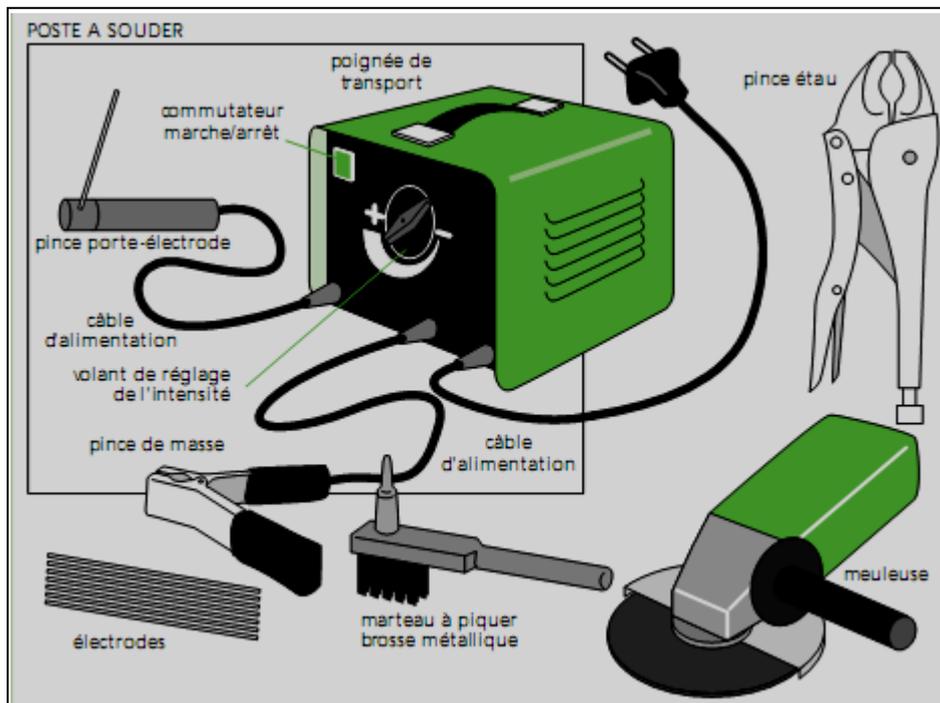


Figure 13 : Les outils

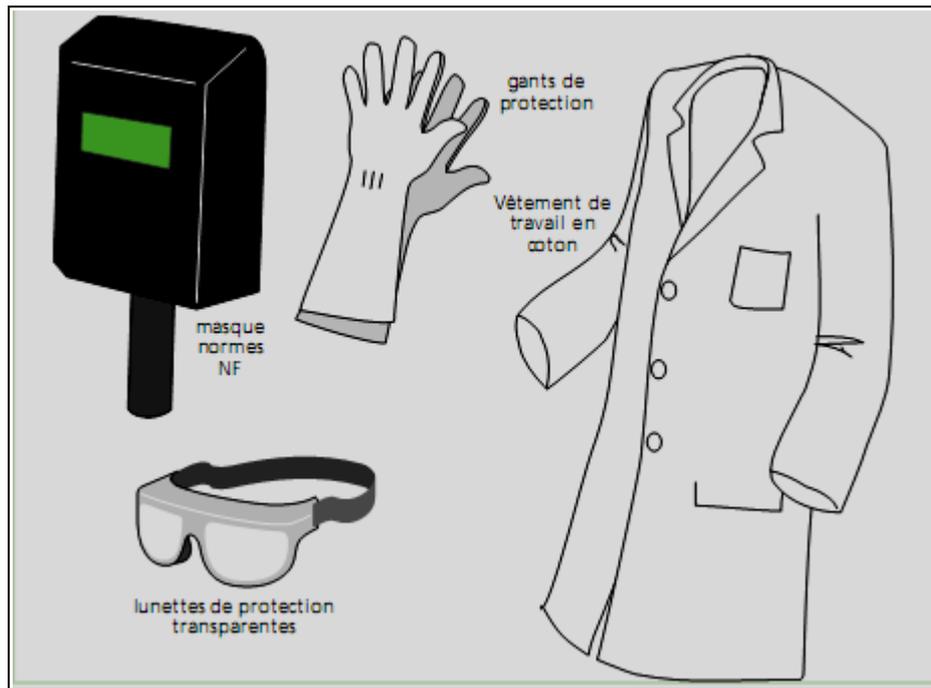
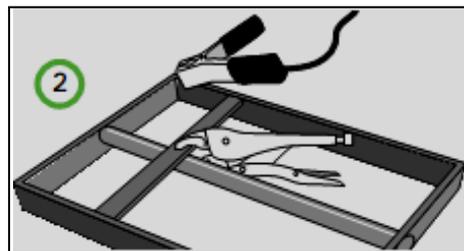


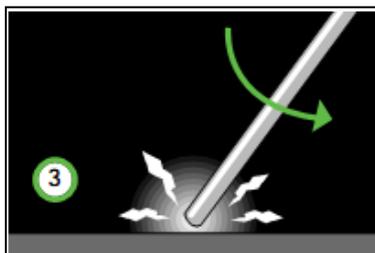
Figure 14 : Les accessoires de protection

Le mode opératoire pour réaliser une bonne soudure est :

1. Brancher le poste à souder sur une prise munie d'une terre en assurant que la tension aux bornes de la prise est compatible à celle de l'appareil.
2. Fixer la pince de masse sur une des deux pièces à souder

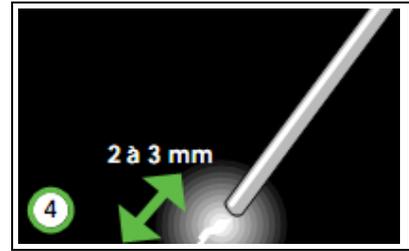


3. Frotter le bout de l'électrode à l'emplacement où la soudure doit être faite.

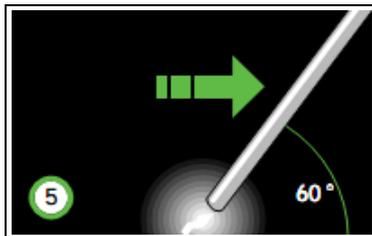


Ce frottement amorce l'arc, c'est très visible puisque des étincelles apparaissent.

4. Une fois que l'arc est allumé, rapprocher l'électrode à 2 ou 3 mm de la pièce et commencer le soudage. La longueur de l'arc (c'est-à-dire la distance entre l'électrode et la pièce à souder) doit être constante et à peu près égale au diamètre de l'électrode.

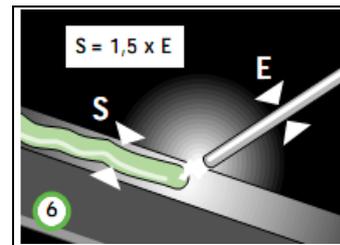


5. Souder en tirant l'électrode vers soi, incliné à 60°.



Garder une vitesse régulière en maintenant un écart constant de 2 à 3 mm. Descendre la main au fur et à mesure de l'usure de l'électrode pour compenser la fusion de l'électrode.

6. Adapter la vitesse d'avancement pour obtenir une largeur de cordon (valeur S) de soudure égale à 1.5 à 2 fois le diamètre de l'électrode (valeur E).

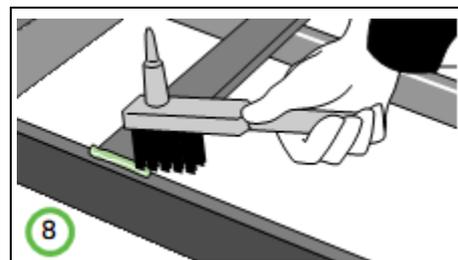


SECURITE

La pièce à souder étant extrêmement chaude après la soudure, ne pas la toucher à main nue.

7. Laisser refroidir la soudure. Lors de la fusion des métaux, il se forme un agglomérat appelé « laitier » qui protège le cordon de soudure lors de son refroidissement.

8. Une fois le laitier solidifié, il doit être éliminé par piquage et brossage. Piquer le laitier avec le marteau et enlever les éclats en frottant avec la brosse. Mettre des lunettes de protection pour éviter les éclats.



9. Régulariser le cordon avec une meuleuse.

II-3-6 *Machine TESTWELL*

La machine TESTWELL sert à mesurer la résistance à la compression et la résistance à la traction des matériaux (photo 13). Elle utilise un système hydraulique et peut atteindre une force de compression maximale de 12000daN.



Photo 13 : Machine TESTWELL qu'on a utilisée (avec une briquette à écraser)

II-4 Opérations d'usinage

Il existe plusieurs types d'opérations d'usinage, mais les opérations les plus fréquentes lors de la réalisation de notre presse sont : le filetage et le taraudage.

II-4-1 Filetage [14]

Un filetage est obtenu à partir d'un cylindre (quelques fois d'un cône) sur lequel on a exécuté une ou plusieurs rainures hélicoïdales. La partie pleine restante est appelé filet.

On dit qu'une tige est « fileté extérieurement » ou « fileté » et qu'un trou est « fileté intérieurement » ou « taraudé ». Une tige fileté est aussi appelée vis et un trou taraudé est appelé écrou.

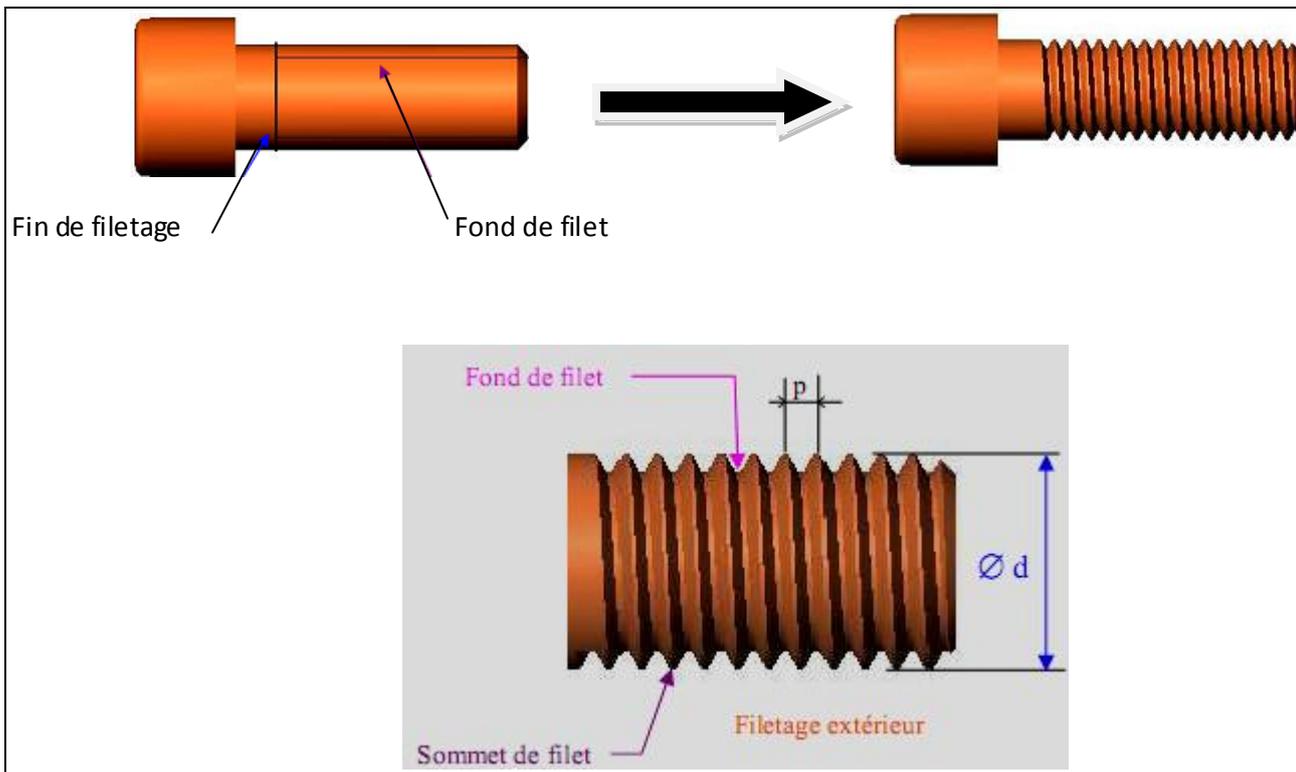
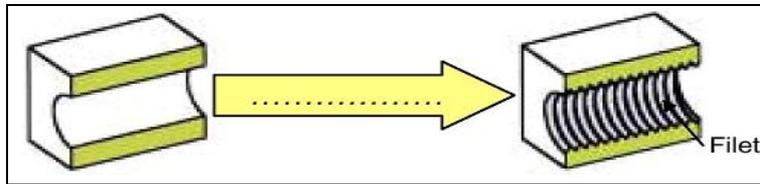


Figure 15 : Filetage extérieur

II-4-2 *Taraudage [15]*

La Réalisation d'un taraudage, consiste à tailler des filets hélicoïdaux dans un trou percé.



Le mode opératoire est comme suit :

1. Percer le trou au diamètre correspondant aux tarauds.
Lubrifier à l'huile pour faciliter le perçage.



2. Placer le taraud ébaucheur (le plus conique) dans le tourne-gauche et le serrer fortement.

3. Parfaitement perpendiculaire au perçage. Commencer à visser lentement tout en maintenant fermement la position.



4. Visser sur une première profondeur de 1cm environ. Desserrer un demi-tour et lubrifier à l'huile, puis continuer en dévissant et en lubrifiant tous les trois tours.

5. En dévissant totalement le taraud, la limaille sera éliminée. Dévisser sans se précipiter, bien dans l'axe, en veillant à la sortie du taraud.



6. Changer l'ébaucheur pour le taraud intermédiaire et recommencer l'opération avec les mêmes précautions. Ne pas forcer le taraud dans l'empreinte précédente.

7. Terminer au taraud de finition en nettoyant entre les passes.



8. Nettoyer et contrôler à l'aide d'une vis.

Chapitre III: **LA STABILISATION DE LA LATERITE [16][17][18]**

L'objectif de notre réalisation est d'optimiser la réalisation de la stabilisation de la latérite en utilisant l'effet de la vibration. Dans ce chapitre, nous décrivons les méthodes pour la stabilisation des latérites.

III-1 LA LATERITE

III-1-1 Définition

Le terme latérite vient du mot latin « later » qui signifie brique.

Depuis le début de XIX^e siècle, le terme latérite était utilisé pour désigner presque tous les sols rouges. La couleur rouge est due à l'accumulation du fer qui est l'élément chimique le plus facilement libéré lors de l'altération des roches lorsqu'elles sont soumises aux différents types de climat. La latérite est rencontrée surtout dans la région tropicale ou équatoriale.

En 1807, BUCHMAN, désigne les latérites comme un matériau ferrugineux utilisé dans la fabrication de matériaux de construction.

En 1957, RIQUIE définit la latérite comme étant mélange composé d'une partie dure sous forme d'oxyde de fer et d'une partie tendre sous forme d'alumine. Cette dernière partie étant susceptible de durcir par dessiccation lorsqu'elle est exposée à l'air.

MUKERJI définit les latérites comme des mélanges très variables d'oxyde de fer, d'aluminium, de quartz et d'autres minéraux.

La caractéristique d'ameublissement naturel des latérites varie du conglomérat compact à la terre friable. La couleur est très variable : ocre, rouge brun, violette et noire. Elle est facile à découper, et elle durcit très vite à l'air libre et devient assez résistante aux agents climatiques.

III-1-2 Classification des latérites

La classification des latérites peut se faire de deux manières : la première selon LACROIX et la seconde selon MARTIN et DOYEN.

- D'après LACROIX en 1923, les latérites sont classées selon leur teneur en minéraux latéritiques. Le tableau suivant montre des différentes classes de latérite.

Tableau 2: Classification des latérites selon LACROIX

Teneur en matériaux latéritiques (%)	Classes
100 à 90	Latérites vraies
90 à 50	Latérites argileuses
50 à 10	Kaolinites et argiles latéritiques
< 10	Kaolinites et argiles

- Selon MARTIN et DOYEN en 1930, on peut classer les latérites en fonction du rapport silice-alumine K_i ou en fonction du rapport silice-sesquioxydes K_i' .

Le rapport silice-alumine K_i , ou intensité de latérisation ρ est donnée par la formule suivante :

$$K_i = \frac{\% \text{ en poids de SiO}_2 \text{ (combiné)}}{\% \text{ en poids de Al}_2\text{O}_3 \text{ (combiné)}} \times 1,7$$

Ou plus simplement :

$$K_i = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3} \times 1,7$$

Avec :

K_i (ou ρ) : rapport silice-alumine ou intensité de latérisation

Coefficient 1,7 : rapport $\frac{\text{masse molaire du Al}_2\text{O}_3}{\text{masse molaire du SiO}_2} = \frac{102}{60}$

Les différentes classifications selon l'intensité de latérisation sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 3 : Classification des latérites par son rapport silice-alumine K_i ou ρ

intensité de latérisation	Classes
$\rho < 1$	latérites vraies
$1 < \rho < 2$	argiles latéritiques
$\rho = 2$	Kaolins et argiles kaolinites

Concernant le rapport silice-sesquioxydes K_i' , il est donné par la formule suivante :

$$K_i' = \frac{\frac{SiO_2}{60}}{\frac{Al_2O_3}{102} + \frac{Fe_2O_3}{160}}$$

Ou plus simplement :

$$K_i' = \frac{S}{R}$$

D'où les différentes classifications présentées dans le tableau suivant

Tableau 4 : Classification des latérites par son rapport silice-sesquioxydes K_i'

K_i'	Classes
$K_i' < 1,33$	latérites vraies
$1,33 < K_i' < 2$	sols latéritiques
$K_i' > 2$	Sols tropicaux non latéritiques

III-1-3 *Les principaux constituants des latérites*

III-1-3-1 **Le Fer :**

Le Fer se présente sous deux formes ; soit sous forme d'oxyde comme Limonite (Fe_2O_3), Magnétite (Fe_3O_4), Hématite ; soit sous forme d'hydroxyde comme la Goethite ($\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{H}_2\text{O}$ ou $2\text{FeO}_2\text{H}$).

III-1-3-2 **L'Aluminium :**

L'Aluminium se présente sous trois formes ; soit sous forme d'oxyde comme le Corindon (Al_2O_3) ; soit sous forme d'hydroxyde comme le Diaspore ($\text{Al}_2\text{O}_3, \text{H}_2\text{O}$), Gibbsite ou Hydrargillite ($\text{Al}_2\text{O}_3, 3\text{H}_2\text{O}$), Boehmite (AlO_2H) ; soit sous forme combinée à la Silice dans le Kaolinite ($\text{SiO}_5, \text{Al}_2(\text{OH})_4$).

L'Alumine assure la plasticité de la latérite. Plus la teneur en alumine est élevée plus la plasticité est grande.

III-1-3-3 **Le Titane :**

Le Titane se présente sous forme d'ilménite (FeTiO_3) ou d'autres formes mais toujours combiné au Fer.

III-1-3-4 **La Silice :**

La silice se présente sous forme combinée aux différents silicates d'Alumine ou sous forme de Silice libre (quartz). Elle joue le rôle d'éléments dégraissants et de squelette du produit fini.

III-1-3-5 **Les minéraux argileux :**

Ils se présentent sous forme de Kaolinite, Halloysite, Illite, Montmorillonite.

III-1-3-6 **Le Manganèse :**

Il apparaît sous forme d'oxyde MnO présent en faible quantité.

III-1-4 *Structures des latérites*

La structure des latérites est décrite comme étant la suivante :

- Structure primaire : l'oxyde de fer (Fe_2O_3)
- Structure secondaire : l'argile
- Structure tertiaire : la magnétite (Fe_3O_4)
- Structure quaternaire : le quartz (SiO_2)

III-1-5 *Utilisations des latérites*

La latérite est largement utilisée dans le domaine de la construction d'habitation. Quelques utilisations sont décrites dans les paragraphes suivants.

III-1-5-1 **Le latorex**

Ce sont des parpaings de terre dont la production industrielle est obtenue en additionnant de la chaux comprimée avec de la latérite, l'ensemble est traité sous autoclave vers 100°C. Le produit obtenu est appelé « latorex ».

III-1-5-2 **Ciment pouzzolanique**

C'est un liant pouzzolanique de synthèse élaboré à partir des latérites calcinées en moyenne température.

III-1-5-3 **Construction des murs traditionnels malagasy**

Les murs traditionnels ou « tambohon'ny Ntaolo » sont typiques des Malagasy surtout dans la région des Hautes Terres Centrales. Les gens utilisent les latérites de leur localité. Arrosées d'eau et additionnées d'agent stabilisant ensuite piétinées par des bœufs. Ils confectionnent des murs en latérite qui résistent aux intempéries (pluies, cyclones) et peuvent durer des siècles.

Les stabilisants utilisés varient d'une région à l'autre. Ils sont :

- la bouse de zébus ;
- le blanc d'œuf ;
- le mélange de la paille et de la bouse de zébus ;
- l'extrait de tronc d'un bananier.

III-1-5-4 Enduit économique traditionnel

Le matériau de base est toujours la latérite à laquelle on ajoute de gros sable, de la bouse de vache, de l'eau et du ciment.

III-1-5-5 Utilisation des latérites en agriculture

L'avantage de l'utilisation de la latérite en agriculture se repose sur sa faculté de libérer rapidement des éléments nutritifs pour le sol. Elle a aussi une grande capacité à emmagasiner l'eau et les éléments fertilisants.

III-1-5-6 Utilisation en métallurgie

La latérite est une source de plusieurs métaux rares et nobles. L'aluminium, le Chrome, le Magnésium, le Mercure, le Titane, le Nickel, le Cobalt peuvent être extraits des latérites.

La latérite peut aussi être utilisée dans la fabrication de moules de fonderie, et aussi comme additifs dans la fabrication des métaux, résines, plastiques.

III-1-5-7 Utilisation en céramique

La latérite peut servir à la fabrication des briques réfractaires, des carreaux ou même de poterie où la couleur a une importance primordiale. Elle est également utilisée pour synthétiser des zéolites.

III-1-5-8 Utilisation dans le domaine routier

L'abondance des latérites dans les régions tropicales rend nécessaire leur utilisation dans la construction des routes. Elles sont bien utilisées en couche de base qu'en couche de fondation.

- ◆ Couche de base : stabilisation mécanique (compactage) ;
- ◆ Couche de fondation : stabilisation mécanique et stabilisation physico-chimique à froid (traitement au ciment, à la chaux ou d'autres stabilisants).

La stabilisation des latérites à la chaux permet de valoriser les sols argileux latéritiques.

Le mélange sol chaux peut alors être utilisé soit directement en couche de roulement, soit seulement comme corps de chaussée selon l'intensité du trafic routier.

Il existe d'autre stabilisant chimique routier appelé TOPSIL. Le TOPSIL est un stabilisant Sud Africain dont l'efficacité est en phase d'expérimentation des plusieurs régions de l'île comme sur le tronçon de route latéritique reliant VOHIPARARA-IRONDRO.

III-2 LA STABILISATION DE LA LATERITE [18]

III-2-1 Définition

Stabiliser la latérite c'est de modifier la terre locale pour qu'elle convienne mieux aux exigences de l'utilisateur final, c'est-à-dire, modifier les propriétés d'un système terre-eau-air pour obtenir des propriétés permanentes compatibles avec une application donnée.

III-2-2 Objectifs

Les principaux objectifs de la stabilisation consistent à :

- Obtenir des meilleures caractéristiques mécaniques en augmentant la résistance à la compression sèche et humide, la résistance à la traction, et la résistance au cisaillement ;
- Réduire la porosité et les variations de volumes qui entraînent le gonflement et le retrait des matériaux. En général, cette variation de volume est due à l'humidité du matériau.
- Améliorer la résistance à l'érosion du vent et de la pluie. En d'autre termes réduire l'abrasion de surface et imperméabiliser cette surface ;
- Obtenir une meilleure cohésion.

De ce fait, la stabilisation peut intervenir sur deux caractéristiques de la terre qui sont la structure et la texture.

III-2-3 *Mécanismes de stabilisation [19]*

III-2-3-1 **Densifier**

On peut densifier la terre de deux manières :

- la première est de comprimer mécaniquement la terre pour éliminer un maximum de vide
- la seconde c'est d'ajouter d'autres grains pour combler les vides.

III-2-3-2 **Armer**

Le principe est d'introduire une armature constituée de fibres d'origine animale (poils, bouse), végétale (paille), minérale ou synthétique (fibre de synthèse) dans le bloc de terre. Ceci crée un réseau de fibres omnidirectionnel dans les buts d'améliorer la résistance au cisaillement, la résistance à la compression de la terre et de réduire le retrait du bloc.

III-2-3-3 **Enchaîner**

C'est introduire une matrice tridimensionnelle inerte et résistante dans le bloc de latérite qui va s'opposer à tout mouvement global du bloc. Il s'agit d'un mouvement de consolidation qui résulte du remplissage des vides par un liant insoluble capable d'enrober les particules dans la latérite.

III-2-3-4 **Lier**

La matrice inerte introduite dans la terre doit comporter de l'argile. Pour cela, on connaît deux mécanismes différents donnant le même résultat qui est la formation d'une matrice argileuse.

- La première, on utilise les charges positives et négatives des plaquettes argileuses et leur composition chimique pour se lier entre elles. Cette liaison est assurée par un stabilisant qui joue le rôle d'un catalyseur.
- La seconde, on emploie un stabilisant qui réagit avec l'argile et forme un nouveau matériau insoluble et inerte par précipitation, c'est une réaction pouzzolanique obtenue avec la chaux. Cette réaction est lente et dépend de la quantité et qualité de l'argile.

III-2-3-5 **Perméabiliser**

Perméabiliser la latérite consiste à réduire l'érosion à l'eau et le retrait. On peut perméabiliser la latérite de deux manières :

- On remplit les vides, les pores, les fissures et les microfissures par une matière insensible à l'eau.

- on disperse dans le bloc de latérite une matière qui au moindre contact avec l'eau va gonfler et obstruer les accès aux pores.

III-2-3-6 **Hydrofuger**

On réduit la sensibilité à l'eau des plaquettes d'argile en faisant intervenir des produits (chlorure de calcium, résine ou acide aminé) qui contribuent à l'élimination d'absorption d'eau.

III-2-4 *Paramètres de stabilisation*

Plusieurs paramètres doivent être pris en compte pour réaliser une stabilisation. Il faut en effet connaître :

- Les propriétés des terres à stabiliser ;
- Les améliorations envisagées ;
- L'économie du projet à réaliser : coût et délais de réalisation ;
- La technique de mise en œuvre de la terre choisie pour le projet.

III-2-5 *Types de stabilisation*

Il existe trois façons possibles de stabiliser la latérite. Elles peuvent être appliquées seules ou couplées.

III-2-5-1 **Stabilisation mécanique :**

On modifie les propriétés de la terre en intervenant sur sa structure : c'est le compactage qui modifie sa densité, sa compressibilité, sa perméabilité et sa porosité.

III-2-5-2 **Stabilisation physique :**

Les propriétés d'une terre peuvent être modifiées en intervenant sur sa texture. Dans ce cas, les granulométries de la matière première sont bien contrôlées pour avoir une texture finale bien définie. La stabilisation physique s'obtient soit par traitement thermique, par déshydratation ou soit par traitement électrique qui favorise un drainage de la terre en lui conférant des nouvelles qualités structurales.

III-2-5-3 Stabilisation chimique :

Le principe est d'ajouter d'autres matériaux ou d'autres produits chimiques dans la terre pour modifier ses propriétés.

Les modifications résultent des réactions physico-chimiques entre les constituants actifs de la terre et l'additif ajouté, entraînant une formation de nouvelles phases au sein de la texture et l'enrobage maximum des grains inertes.

Le tableau suivant montre les différentes techniques de stabilisation de la latérite ainsi que les résistances à la compression obtenue après 28 jours.

Tableau 5: Comparaison des résistances des produits obtenus par différentes méthodes

Méthode de stabilisation	Rc ₂₈ humide [bar]	Rc ₂₈ sec [bar]
A : Stabilisation par extrusion	13,50	29,20
B : Stabilisation par les stabilisants routiers		25,73
C : Stabilisation par la paille de riz : approche biochimique	8,41	24,30
D : Stabilisation par paille de riz : approche chimique	3,42	24,25
E : Stabilisation par la chaux		25,97
F : Stabilisation par le ciment	39,11	125,99
G : Stabilisation par la bouse de vaches	4,20	23,42
H : Stabilisation par polymérisation de matrice argileuse	3,06	23,69

Source : [17]

III-3 LES CIMENTS [20][21][22]

Nous avons choisi le liant ciment pour stabiliser la latérite pour les raisons suivantes :

- D'après l'étude comparative des différentes méthodes de stabilisation de la latérite, faite par LINA Zizy Aimée, la stabilisation par le ciment est largement meilleure de point de vue résistance (à l'eau et à la compression). Ceci grâce aux hydrates formés par hydratation du ciment, et la réaction entre la kaolinite et la gibbsite de la latérite et la chaux libérée par le ciment hydraté.
- Le ciment est une poudre fine, donc il réagit mieux aux vibrations en réduisant au maximum les vides entre les grains de la latérite.
- Il est facile de s'en procurer.

III-3-1 Définition du ciment

Le ciment est un liant hydraulique, c'est-à-dire un matériau minéral finement broyé qui, gâché avec de l'eau, forme une pâte qui fait prise et durcit par suite de réactions et de processus d'hydratation et qui, après durcissement, conserve sa résistance et sa stabilité même sous l'eau.

Les produits, dénominations et symboles de ciments sont montrés dans l'annexe 04.

III-3-2 Notation des cimentiers

Pour faciliter l'écriture, les cimentiers ont conventionnellement adopté une notation qu'on peut voir dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6 : Notation des cimentiers

	Formule complète	Formule abrégée	Appellation courante
Eau	H ₂ O	H	Eau
Trioxyde de soufre	SO ₃	S̄	Trioxyde de soufre
Dioxyde de carbone	CO ₂	C̄	Dioxyde de carbone
Constituants chimiques	CaO	C	Chaux
	SiO ₂	S	Silice
	Al ₂ O ₃	A	Alumine
	Fe ₂ O ₃	F	Oxyde de fer
	Na ₂ O, K ₂ O	N, K	Alcalis
	MgO	M	Magnésie ou periclase
	CaSO ₄	C̄S̄	Sulfate de calcium (anhydride)
	CaSO ₄ , 2H ₂ O	C̄S̄H ₂	Sulfate de calcium (gypse)
Constituants hydrauliques	3CaO, Al ₂ O ₃	C ₃ A	Aluminate tricalcique
	4CaO, Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃	C ₄ AF	Alumino-ferrite tétracalcique
	3CaO, SiO ₂	C ₃ S	Silicate tricalcique
	2CaO, SiO ₂	C ₂ S	Silicate bicalcique
	CaOlibre	CaO _{libre}	Chaux libre
Constituants hydratés	3CaO, 2SiO ₂ , 3 H ₂ O	C ₃ S ₂ H ₃	Silicate de calcium hydraté (tobermorite)
	4CaO, Al ₂ O ₃ , 13H ₂ O	C ₄ AH ₁₃	Aluminate de calcium hydraté
	3CaO, Al ₂ O ₃ , 6H ₂ O	C ₃ AH ₆	
	3CaO, Al ₂ O ₃ , 3CaSO ₄ , 31 H ₂ O	C ₃ AC̄S̄ ₃ H ₃₁	Sulfoaluminate de calcium hydraté (ettringite)
	Ca(OH) ₂	CH	Chaux hydratée

Source : [21]

III-3-3 *Les constituants du ciment*

On distingue deux familles de constituants du ciment selon ses proportions : les constituants principaux et les constituants secondaires.

Les constituants sont dits principaux lorsqu'ils sont en proportion élevée supérieure à 5%, et dits secondaires lorsque la proportion est inférieure ou égale à 5%.

A ces deux familles de constituants sont ajoutés généralement des régulateurs de prise.

III-3-3-1 **Le constituant principal du ciment : Le clinker :**

Le clinker est un produit obtenu par la cuisson jusqu'à fusion partielle (réaction de clinkerisation) d'un mélange dosé et homogénéisé des matières contenant les quatre oxydes CaO , SiO_2 , Al_2O_3 et Fe_2O_3 , généralement on utilise un mélange de calcaire (qui apporte la chaux) et d'argile naturelle (source des autres oxydes).

Les oxydes cités ci-dessus se retrouvent dans le clinker sous forme de silicate et aluminates de calcium anhydres, dont les principaux sont :

- C_3S : silicate tricalcique appelé Alite 45 à 65% ;
- C_2S : silicate bicalcique appelé Belite 10 à 30% ;
- C_3A : aluminates tricalciques appelés Célite 5 à 15% ;
- C_4AF : aluminoferrite tétracalcique 5 à 15%.

III-3-3-2 **Les autres constituants principaux :**

Ils sont ajoutés au clinker avec une proportion supérieure à 5% et notifiés par des lettres significatives :

- Laitier de haut fourneaux (S) : C'est un sous produit de la sidérurgie du Fer. Il est obtenu par refroidissement rapide de la scorie provenant de la fusion de minerais de Fer dans un haut fourneau.
- Pouzzolanes naturelles (P et Q) : Ces sont des produits contenant essentiellement de la silice, d'alumine et d'oxyde de Fer présentant, soit naturellement soit après calcination, des propriétés pouzzolaniques. Ces pouzzolanes sont essentiellement des produits d'origine volcanique. P signifie Pouzzolanes naturelles à l'état brut et Q à l'état calciné

- Cendres volantes (V, W) : Ces sont des particules pulvérulentes récupérées dans les gaz émis par les chaudières de centrales thermiques qui fonctionnent aux charbons pulvérisés. Ils peuvent être d'origine silicoalumineuse ou calcique. Dans le premier cas ils présentent des propriétés pouzzolanniques, dans le deuxième des propriétés hydrauliques. V et W désignent la nature de la cendre volante, V : calcique (CaO) et W : siliceux (SiO₂)
- Schistes calcinés (T) : Ce sont des produits obtenus par la calcination d'un type d'argile bien défini (le schiste). Ces produits sont utilisés pour être utilisés dans la fabrication de ciment. Ils contiennent déjà certaines phases de clinker principalement C₂S, CA (aluminate monocalcique) et même de la solidre et de la sulfate de calcium finement broyés. Ils montrent de très fortes propriétés hydrauliques et propriétés pouzzolanniques.
- Calcaires (L) : Ce sont de produits obtenus par broyage très fins des roches naturelles présentant une très forte teneur en CaCO₃ (carbonate de calcium) supérieure ou égale à 75%. Ils sont ajoutés au ciment en tant que fine, c'est-à-dire qu'ils permettent d'améliorer la maniabilité de la pate de ciment, mais ne présente ni des propriétés hydrauliques ni pouzzolanniques.
- Fumée de silice (D) : Ce sont des particules très fines (environ 1 micromètre) présentant une très forte teneur en silice amorphe (non cristallisée). Ce son des sous produits de l'industrie de fabrication de Silicium et d'alliage Ferrosilicium.
- Autres produits artificiels : D'autres produits artificiellement fabriqués peuvent être ajoutés au clinker. Ces produits sont généralement obtenus par calcination de produits naturels. La calcination leur confère (comme le schiste calciné) des propriétés pouzzolanniques très marquées. On peut citer par exemple les latérites calcinées, le metalcaolin (kaolin calciné), les cendres de balle de riz, la bauxite calcinée...

III-3-3-3 **Les constituants secondaires :**

Ce sont des matériaux minéraux naturels ou des sous produits d'autres usines de fabrication d'autres produits ou encore des constituants décrits comme constituants principaux autres que le clinker mais avec des teneurs n'excèdent pas le 5%.

III-3-3-3-1 Les sulfates de calcium :

Ils sont ajoutés dans le ciment pour régulariser la prise (ce sont des régulateurs de prise). On utilise le Gypse ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$) 4% à 5% ou l'Anhydre(CaSO_4).

III-3-3-3-2 Les autres additifs :

Ce sont des produits autres que le sulfate de calcium qui peuvent être de nature minérales ou organiques qui sont utilisés pour améliorer la fabrication du ciment ou certaines propriétés de ciment. Dans tous les cas la proportion n'excède pas 1% et même pour les additifs de nature organique la totalité ne doit pas dépasser 0,5%.

**PARTIE B: ETUDE EXPERIMENTALE:
CONCEPTION ET REALISATION DE LA
PRESSE PVR 2012**

Chapitre I: **ANALYSE DE FABRICATION**

A partir de l'étude bibliographique et l'étude de la disponibilité des matériaux de construction à Antananarivo, la description de notre presse pour le laboratoire de matériaux est comme suit :

- A la base, elle sera équipée de quatre pieds sur lesquelles sera soudé le support de table.
- Quatre ressorts seront soudés entre ce support et la table. Ces ressorts assureront la suspension de la table. Quatre axes et quatre guides ressorts seront également soudés sur le support pour assurer le système de guidage des ressorts ;
- Une fois que le moteur est fixé sur la table, on montera les deux au dessus des ressorts par fixation avec des écrous ;
- Pour la presse on emploiera un système de vis sans fin assurée par un grand boulon M20.
- Le système de vibration est assuré par un moteur électrique monophasé dont on fixe le balourd sur l'axe du moteur.

Nous verrons par la suite les détails de ces pièces et leur assemblage.

I-1 Partie mécanique

I-1-1 Plateau :

Le plateau de la table vibrante est fabriqué avec de la tôle plate noire (TPN) de 8mm d'épaisseur. L'échantillon à étudier est posé sur cet élément qui transmet la vibration via des ressorts (Photo n° 14).



Photo 14 : Plateau

1-1-2 *L'étrier et le vis sans fin de la presse :*

- L'étrier est fixé par soudure sur deux supports. L'étrier sert à maintenir le vis sans fin de la presse.



Photo 15 : Plaque de la presse (élément de l'étrier)

- Le compactage est assuré par serrage de ce boulon.



Photo 16 : Vis sans fin de pressage

I-1-3 *Traverse de la table vibrante :*

Il a la fonction comme support de la table. Il est obtenu par découpage d'un fer cornier, à l'aide d'une scie mécanique.

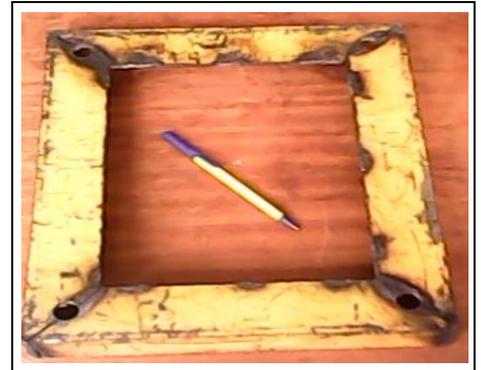
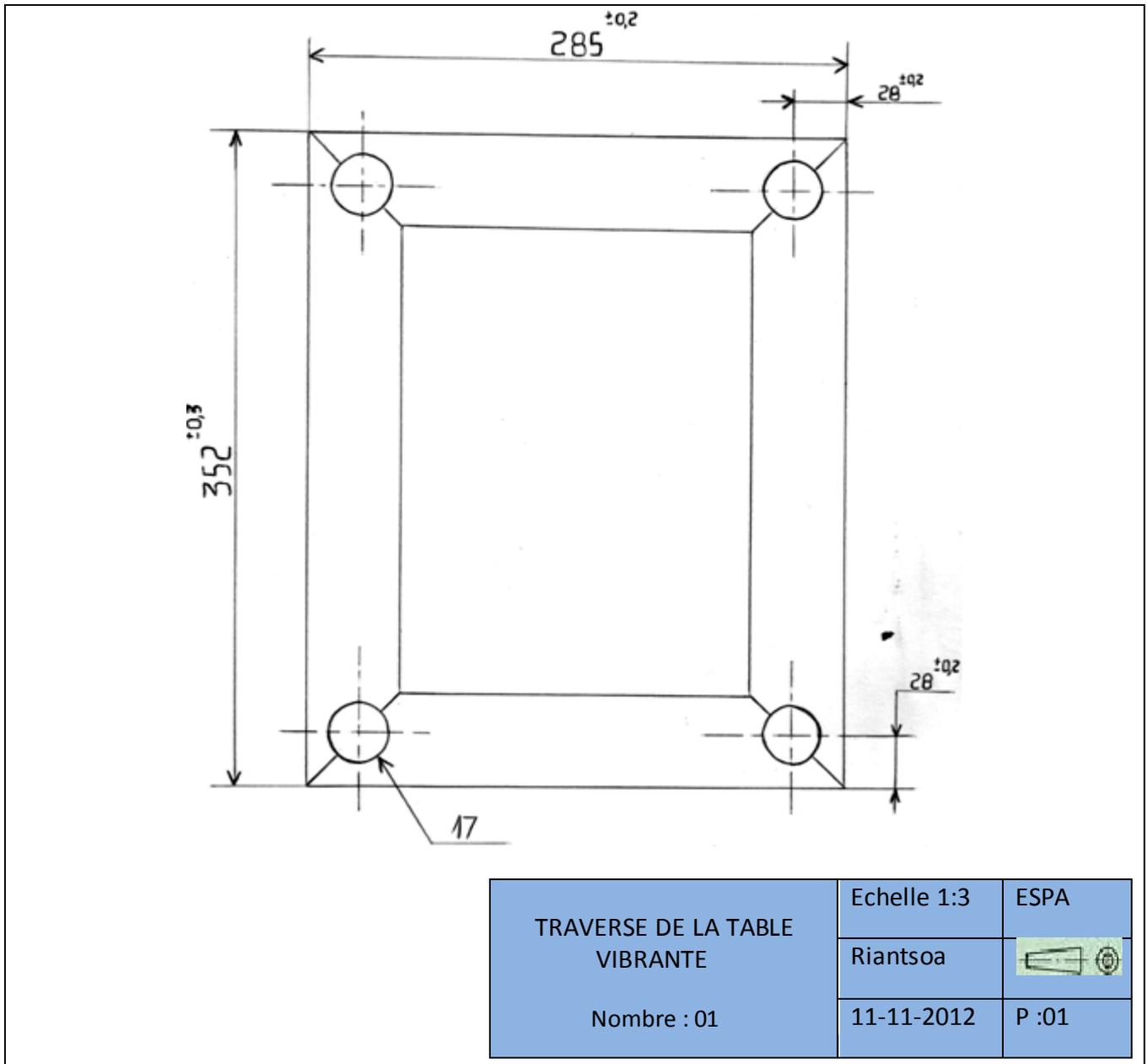


Photo 17 : Traverse de la table vibrante

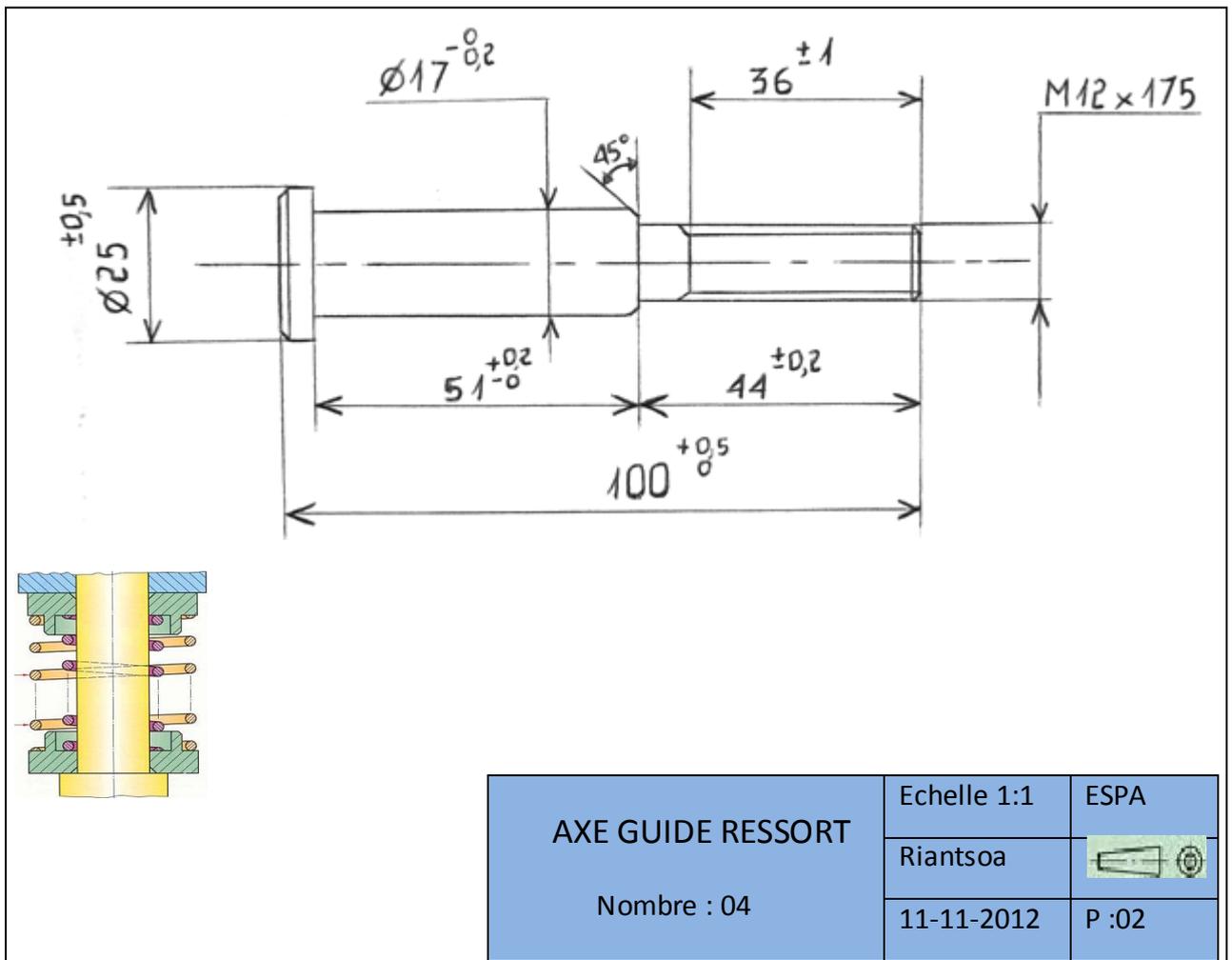


I-1-4 *Axe guide ressort :*

C'est un guidage à l'intérieur du ressort. Il a pour rôle, avec les cages, de perfectionner le système de guidage du ressort.



Photo 18 : Axe-guide ressort



I-1-5 *Cage de ressort :*

Un ressort doit être guidé pour éviter les déformations. La cage assure un guidage en extérieur du ressort tandis que l'axe-guide assure le guidage intérieur.

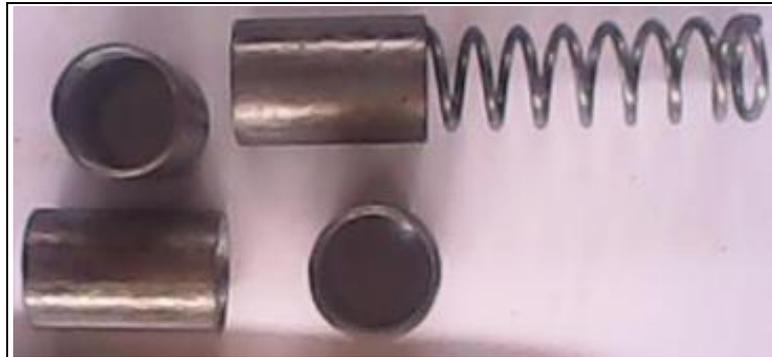
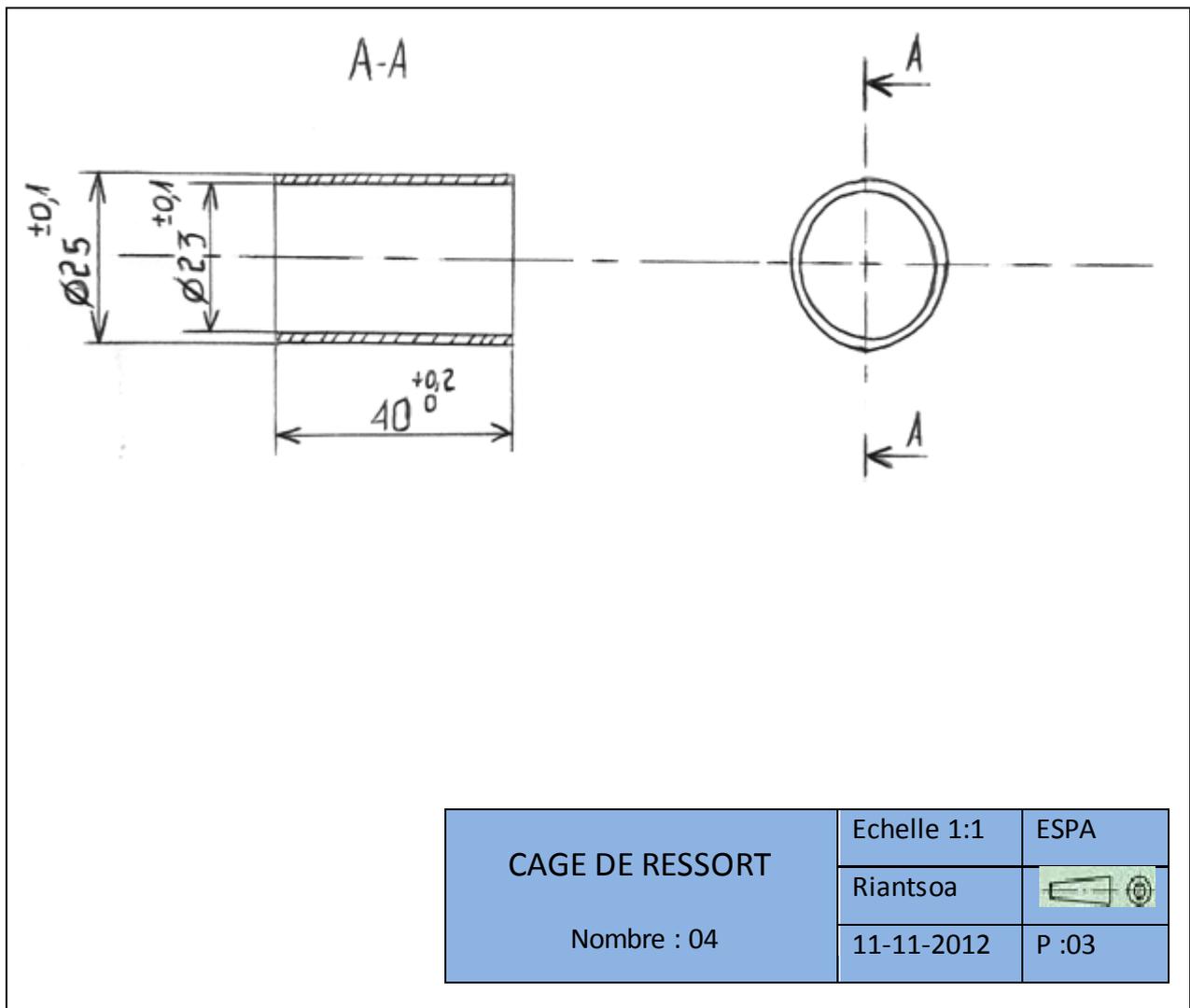


Photo 19 : Cage de ressort



I-1-6 *Axe de bridage du moteur :*

C'est un élément pour la fixation du moteur, obtenu après usinage d'un rond d'acier sur le tour d'outilleur. On obtient l'axe de bridage avec les dimensions voulues.

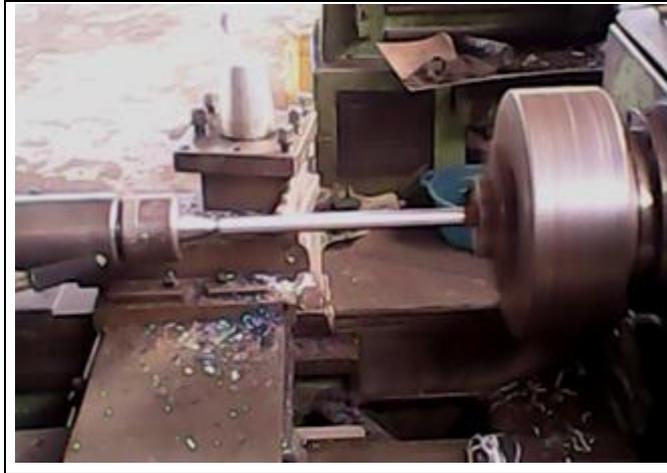
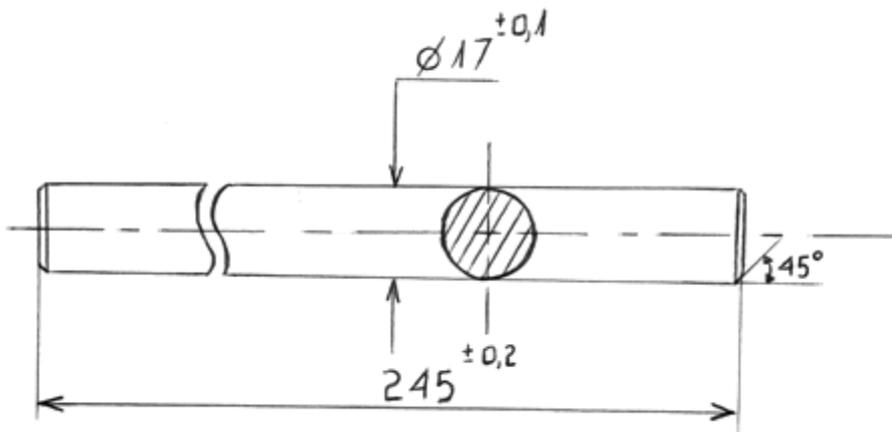
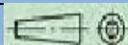


Photo 20 : Axe de bridage du moteur (monté sur le tour d'outilleur)



AXE DE BRIDAGE DU MOTEUR Nombre : 04	Echelle 1:1	ESPA
	Riantsoa	
	11-11-2012	P :05

I-1-7 *Ve de bridage du moteur :*

Ils soutiennent l'axe de bridage en forme de « V » sur les quatre côtés du moteur ; ils jouent le rôle de fixation du moteur.

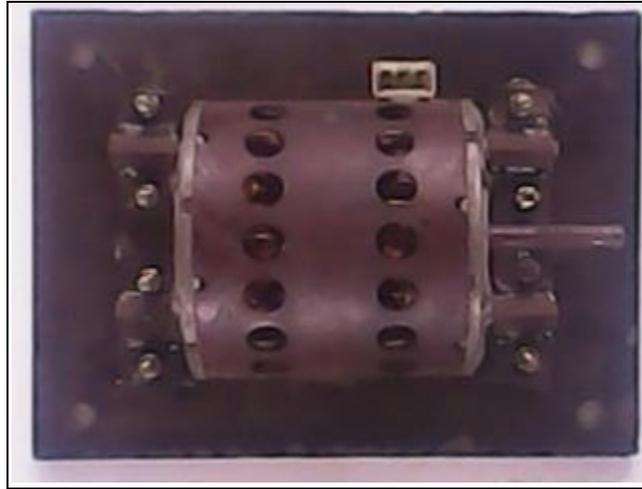
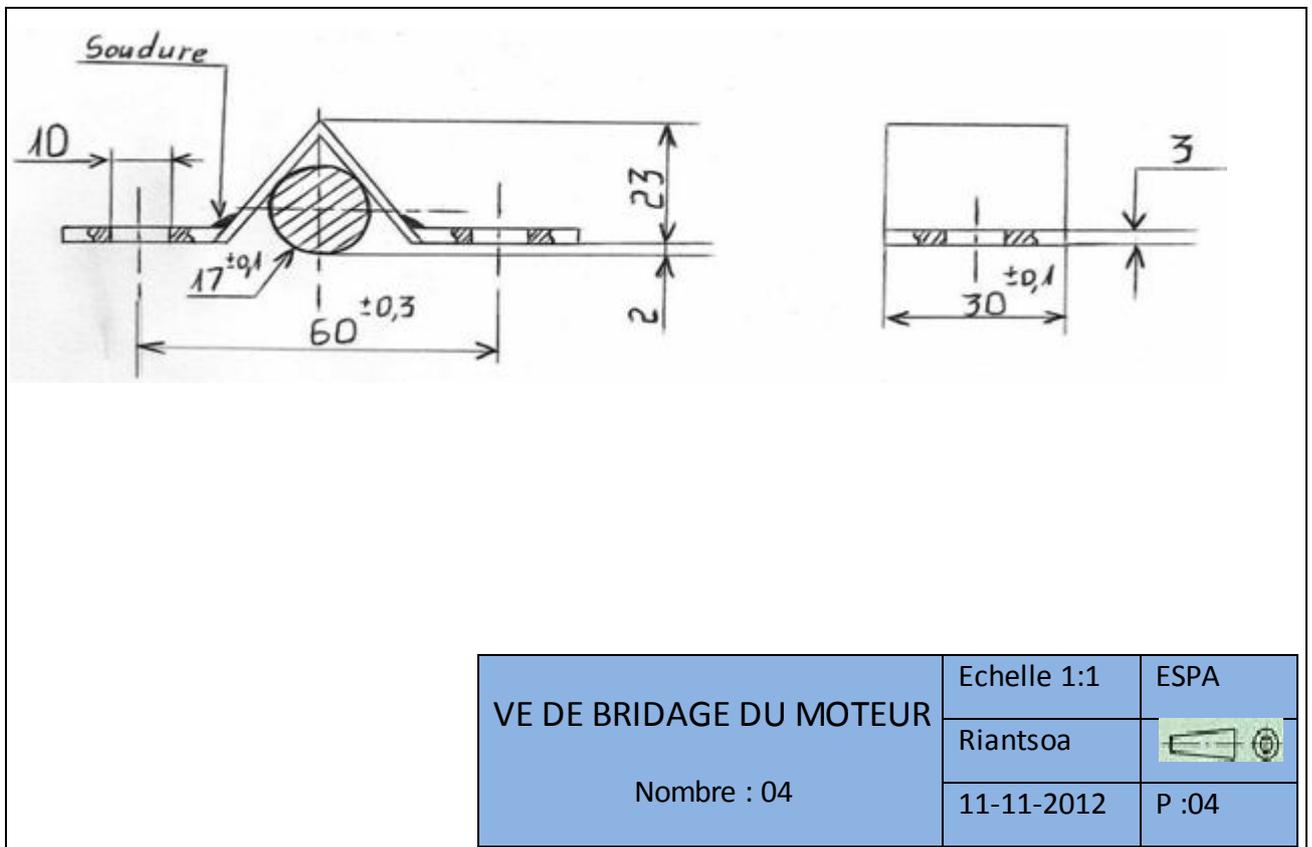
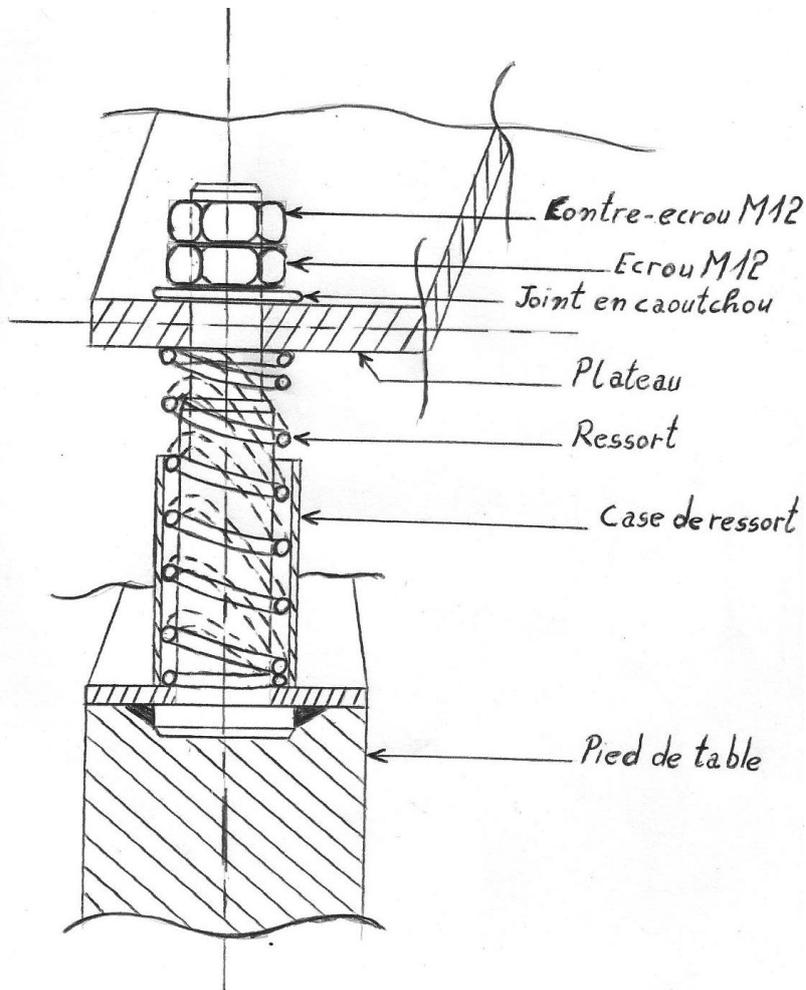


Photo 21 : Ve de bridage du moteur



I-1-8 *Montage du ressort :*

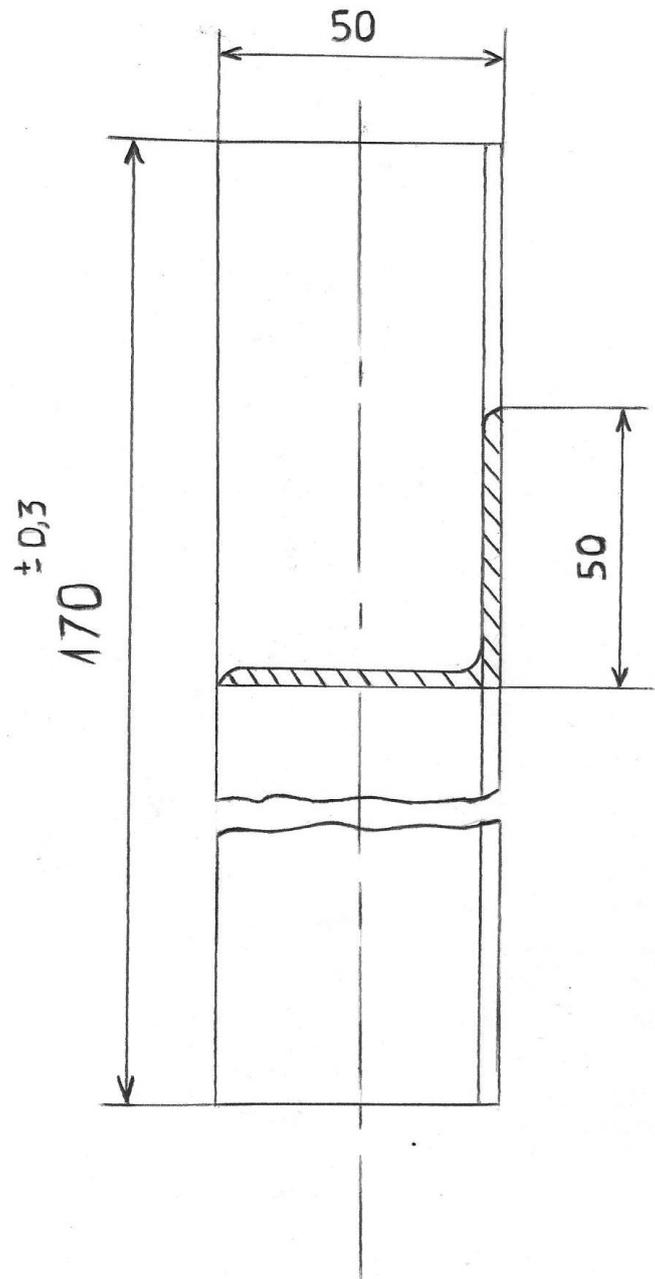
Pour une meilleur fixation, on monte le ressort par serrage contre-écrou ; et on insère un joint en caoutchouc afin d'atténuer le bruit.



MONTAGE DU RESSORT	Echelle 1:1	ESPA
	Riantsoa	
	11-11-2012	P :06

I-1-9 *Pied de table :*

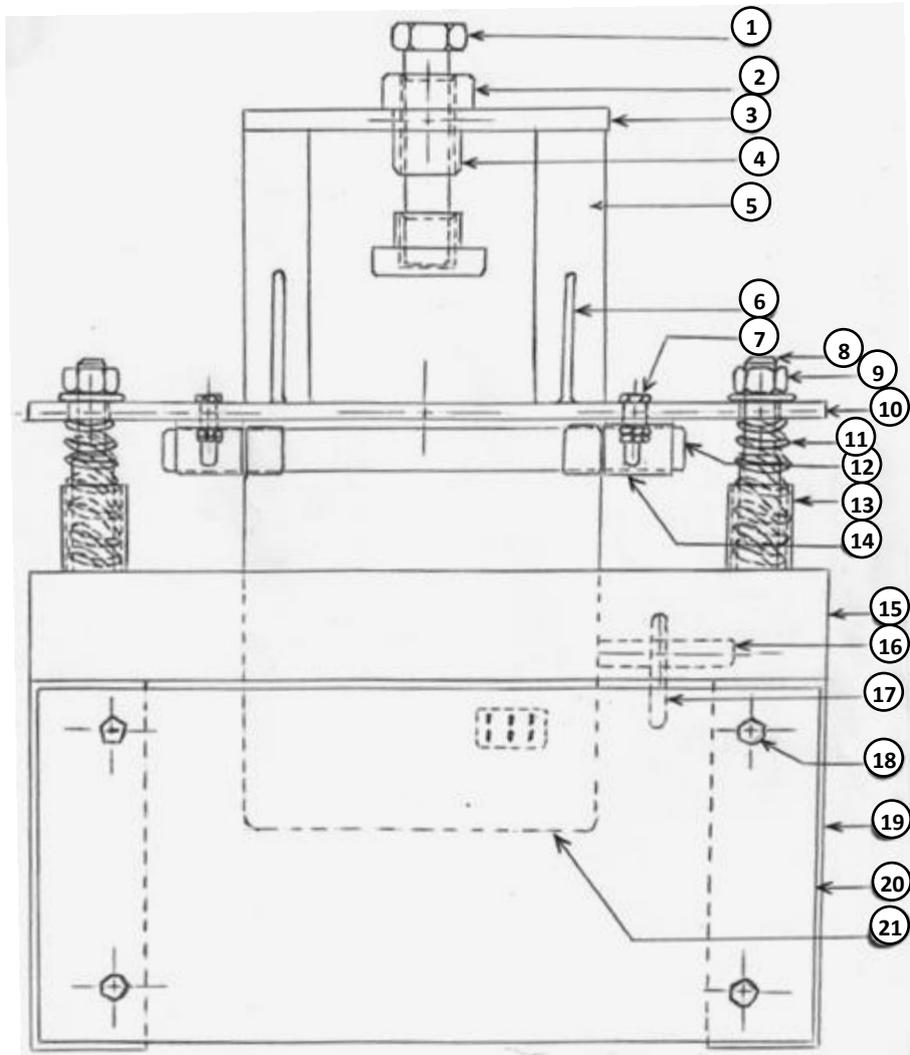
A la base, quatre pieds sont nécessaires pour supporter le poids de la presse.



PIED DE TABLE Nombre : 04	Echelle 1:1	ESPA
	Riantsoa	
	11-11-2012	P :07

I-1-10 PVR 2012 :

Une fois assemblée, la figure ci-dessous montre les différentes parties de la presse vibrante que nous avons conçue et réalisée.



[1] :Boulon de pressage, [2]:Ecroû de presse , [3]:Plaque de presse, [4]:Ensemble de presse, [6]:Nervure, [7]:Boulon M8, [8]:Guide ressort, [9]:Boulon M12, [10] :Plateau en TPN8, [11] :Ressort, [12]:Axe guide ressort, [13] :Cage ressort, [14] :Ve de bridage, [15] :Charpente de table, [16] :Axe du moteur, [17] :Balourd, [18] : Boulon M8, [19] :Pied de table, [20] :Couvercle, [21] :Moteur.

DESSIN D'ENSEMBLE DE DE LA PVR 2012	Echelle 1:3	ESPA
	Riantsoa	
	11-11-2012	P :08

I-1-11 Les matières et pièces utilisées

Voici le tableau représentant les matières utilisées pour la réalisation de la partie mécanique de la presse.

Tableau 7 : matières utilisées pour la réalisation de la partie mécanique

Désignations	Dimensions	Nombre	Fonction envisagée
TPN de 8 mm d'épaisseur en Aciers	285mm x 352mm	01	Table vibrante
TPN de 10 mm d'épaisseur en Aciers	50mm x 150mm	01	Plaque de la presse
TPN de 4 mm d'épaisseur en Aciers	150mm x 30mm	04	Ve de bridage du moteur
Tôle de 0,8mm	400mm x 800mm	01	Couvercles sur pieds de table
Cornière à ailes égales de 50 en Acier	2.500mm de long	01	Support et pied de table
Rond d'acier Ø 30	450mm de long	01	Axe guide ressort
Rond d'acier Ø 20	250mm de long	02	Axe de bridage du moteur
Fer en U en Acier	1.500mm de long	01	Support de la presse
Tube sans soudure de Ø _i 23	200mm de long	01	Cage de ressort
Boulon à tête hexagonal M8	20mm de long	16	Fixation des couvercles
Boulon à tête hexagonal M8	50mm de long	08	Fixation sur les bridages
Ecrou M8	Ø = M8	08	Contre-écrou (bridage)
Boulon à tête hexagonal M20	80mm de long	01	Vis sans fin de la presse
Ressort de Ø _i 16	100mm de long	04	Amortissement de la table
Electrode enrobés G 48 du type SAFER	Ø 3,15	10	Soudage
Electrode enrobés G 48 du type SAFER	Ø 2,15	04	Soudage avec précision
Peinture à l'huile de couleur blanche	200g	01	Coloration blanche
Peinture à l'huile de couleur bleu	200g	01	Coloration bleue
White spirit	350ml	01	Additif de peinture
Pinceau	150mm de long	01	Outil de peinture
Tube en PVC Ø 50	1.200mm	01	Moule

I-2 Partie électrique

Nous avons utilisé un moteur synchrone monophasé de puissance 1,5CV, qui tourne à la vitesse de 3.000tr/mn. Sur l'arbre du moteur on a fixé un balourd afin d'avoir un désaxement qui créera la vibration.



Photo 22 : moteur utilisé pour notre presse

Le moteur ne peut pas être directement connecté à la prise électrique mais il faut un condensateur de démarrage pour qu'il puisse démarrer normalement. Le schéma du circuit de commande du moteur électrique est présenté sur la figure suivante :

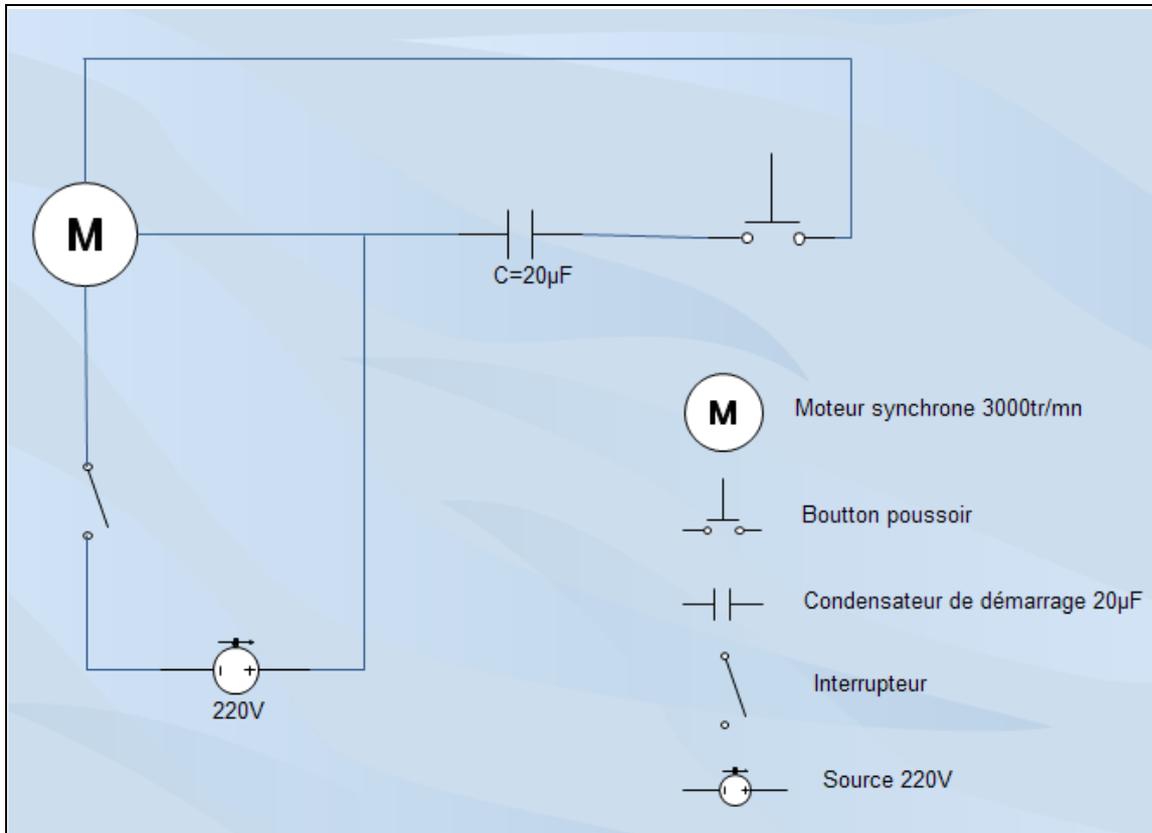


Figure 16: schémas du circuit de commande électrique

Les composants électriques utilisés lors de la réalisation de la presse sont présentés dans le tableau suivant:

Tableau 8: pièces utilisés pour la réalisation de la partie électrique

Désignation	Nombre
Moteur monophasé	01
Condensateur 20µF	01
Interrupteur	01
Bouton poussoir	01
Prise mâle	01
Prise femelle	01
VGV à 03 fils	02m x 01
VGV à 02 fils	03m x 01
Dominos	03 paires

I-3 La presse PVR 2012 :

I-3-1 *Présentation :*

Une fois réalisée les spécifications de la presse sont :

➤ Nom : **PVR 2012**

Avec : **PVR** : Presse Vibrante Riantsoa

2012 : année de conception

- Application : compactage d'éprouvettes de béton, de latérite stabilisée....à l'échelle laboratoire ;
- Dimension appareil : 352mm x 285mm x 525mm (L x l x h)
- Dimension plateau : 285mm x 525mm (L x l)
- Poids : 25kg
- Consommation : 1,5 Cheval (1.472W) ; Alimentation : 220V/50 Hz ;
- Fréquence : 3.000 mouvements/ min ;
- Intensité de vibration variable



Photo 23 : la Presse vibrante PVR 2012

I-3-2 *Fonctionnement :*

La mise en marche de l'appareil est très facile, elle se fait en trois mouvements **T.E.L.** :

1. Mettre l'appareil sous **Tension** : brancher la prise à une alimentation de 220V/50Hz ;
2. **Enclencher** l'interrupteur **E** : presser sur le bouton **E** ;
3. **Lancer** le moteur en appuyant (environ 2s) sur le bouton poussoir **L**.

Appuyer sur l'interrupteur pour arrêter le moteur.



Photo 24 : PVR 2012

Le réglage de l'intensité des vibrations se fait par serrage des boulons de fixation des ressorts.

1-3-3 Avantages :

Les avantages de l'utilisation de la PVR 2012 sont:

- Commande très simple ;
- Appareil très résistant et durable pour un usage de laboratoire ;
- Facile à déplacer ;
- Moins encombrant ;
- Risque d'accident corporel, d'incendie et de court-circuit minimum.

1-3-4 Améliorations envisagées :

Il y a quelques améliorations qu'on peut apporter, pour perfectionner la presse, comme :

- L'ajout d'un manomètre pour connaître la force de compression ;
- L'insertion d'une minuterie pour fixer le temps de l'opération
- La modification du système de presse, vérin hydraulique par exemple, pour avoir un taux de compression élevé.

Chapitre II: **PROCEDES DE CONFECTIONNAGE DES BRIQUETTES**

Nous avons suivi l'organigramme des procédés suivant pour confectionner nos échantillons-briquettes.

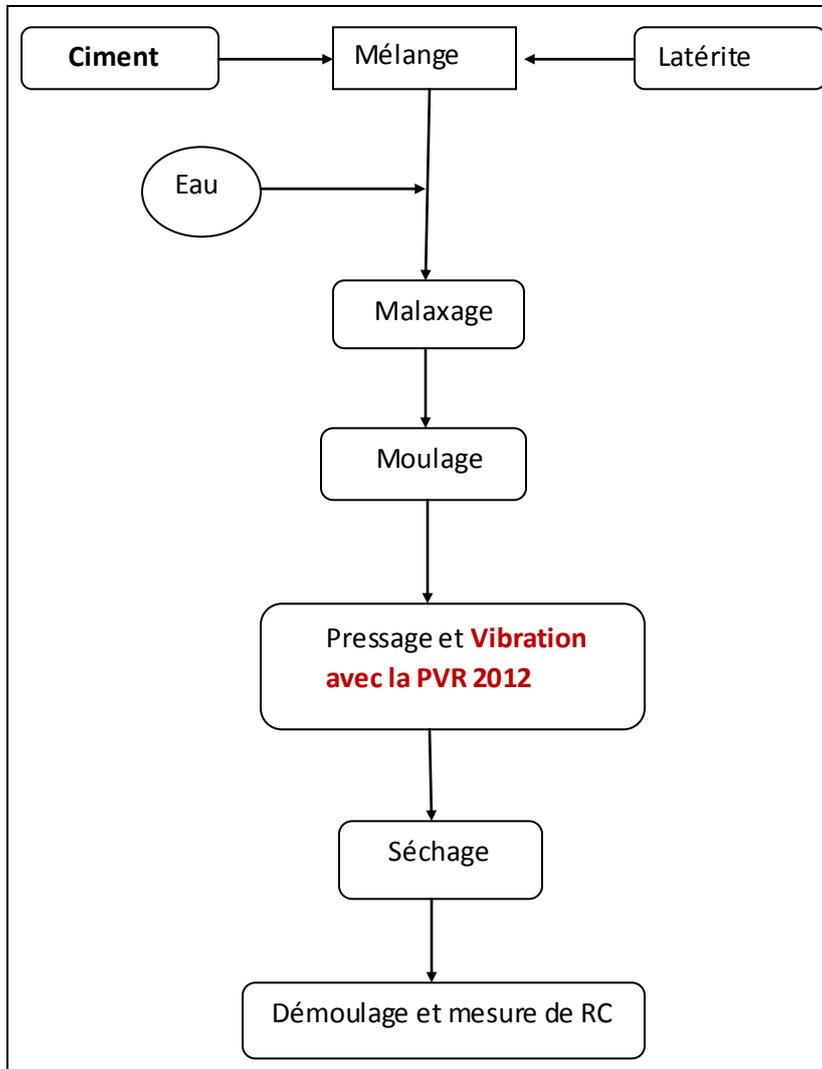


Figure 17 : procédés de confectionnage des briquettes

II-1 Préparation des matières premières :

Les latérites ne sont pas directement utilisables, elles nécessitent quelques traitements préliminaires.

II-1-1 Extraction :

L'échantillon de latérite était extrait à Vontovorona à l'aide d'une pelle manuellement. On enlève les débris organiques et les gros éléments.

Après avoir été extraite, la latérite est déchargée et stockée dans un endroit bien espacé et bien aéré pour faciliter la manipulation.

II-1-2 *Broyage :*

Il a pour but de former les latérites en grains relativement fins, en vue d'améliorer la surface de contact avec d'autres grains.

Il faut donc détruire et briser les molètes et les éléments grossiers.

II-1-3 *Le tamisage :*

La latérite après avoir été broyée, est tamisée pour éliminer les particules grossières c'est-à-dire les particules supérieures à la granulométrie voulue.

On utilise un tamis d'ouverture de 500microns.



Photo 25 : tamis vibrante

II-2 Fabrication des éprouvettes :

II-2-1 *Dosage :*

On utilise le dosage en poids ou dosage pondéral. Plus les quantités sont faibles, plus la balance devra être précise. Il faut s'assurer de la fiabilité de l'opération, ainsi que de son efficacité.

II-2-2 *Malaxage :*

Après avoir effectué le dosage et réalisé le mélange, on passe au malaxage des matières premières. Le malaxage à sec a pour but d'homogénéiser le mélange.

II-2-3 *Moulage :*

Le moulage consiste en une mise en forme de l'échantillon voulu, il s'agit de couler dans un moule la pâte ainsi dosée et malaxée.

On utilise des moules cylindriques à partir d'un tuyau en PVC, découpé en portion de 70mm, dont le diamètre intérieur est de 50mm.

Pour éviter le collage à la paroi du moule, on utilise de l'huile. Presque toutes les huiles sont susceptibles d'être employées. Le notre est de l'huile de moteur d'automobiles.

II-2-4 *Pressage et vibration :*



Photo 26 : PVR 2012

On procède comme suit :

- Mettre le mélange dans le moule ;
- Lancer le moteur (seulement pour les pressages avec vibration) et presser à la fois avec effort maximal jusqu'à ce que le levier ne puisse plus tourner (pendant environ 1mn) ;
- Arrêter le moteur.

II-2-5 *Séchage :*

Le but de cet ouvrage est de vérifier si le dosage en ciment et la vibration influent la résistance à la compression des briquettes. Donc, un séchage de 28 jours est nécessaire pour avoir les résultats.

Chapitre III: **RESULTATS DES ESSAIS ET INTERPRETATIONS**

On a effectué des essais avec vibration et sans vibration pour des dosages en ciments différents. Les résistances à la compression des briquettes sont présentées dans ce chapitre.

III-1 Résultats de la résistance à la compression des briquettes

Après séchage, on effectue les tests de la résistance à la compression à l'aide de la machine TESTWELL. La valeur de la résistance R_c correspondant à l'écrasement est lue sur le cadran de la machine. La photo suivante montre les briquettes après 28 jours de séchage.



Photo 27 : Briquettes conçues

Le tableau suivant regroupe les résistances à la compression des briquettes.

Tableau 9 : Résistances à la compression des briquettes à 28 jours d'âge.

Essai N°	Ciment [%]	Vibration [%]	Force de compression [daN]	Résistance R_c [kPa]
01	0	0	13	63,3
02	0	100	15,5	79,05
03	10	0	17	86,7
04	10	100	37,5	107,1
05	20	0	21	191,25
06	20	100	46,5	237,15

III-2 Interprétations des résultats

Pour un même dosage en ciment, les briquettes pressées avec vibration ont des Rc plus grandes que celles pressées sans vibration. Cela s'observe dans les trois cas avec 0%, 10% et 20% de ciment.

L'écart entre les Rc des briquettes pressées vibrées et non vibrées est de l'ordre de 27,32 [kPa] en moyen. Cette différence de résistances à la compression des briquettes est constatée sur les deux courbes suivantes.

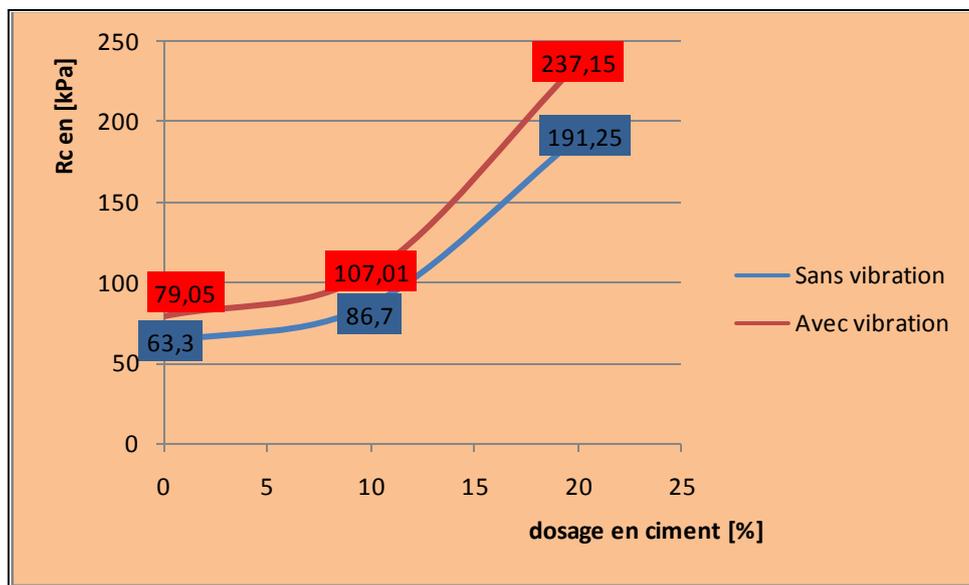


Figure 18 : Courbe de comparaison des Rc

Dans ces essais préliminaires, on constate déjà que l'utilisation de la vibration au niveau du compactage améliore la résistance à la compression des briquettes. Cette constatation est déjà retrouvée dans le cas des bétons vibrés et compactés. Par contre, l'influence de la vibration sur la stabilisation des latérites nécessite des études plus approfondies c'est-à-dire de beaucoup d'essais et d'expérimentations.

PARTIE C: EVALUATION ECONOMIQUE ET APPROCHE ENVIRONNEMENTALE

Chapitre I: **EVALUATON ECONOMIQUE**

I-1 Evaluation du coût de la presse

Le bût de cette étude économique est d'évaluer le coût des matières utilisés et celui des mains d'œuvre afin d'avoir une estimation sur le prix de revient de la réalisation de la presse.

Tableau 10: estimation du prix de revient de la réalisation de la presse PVR 2012

Désignations	Dimensions	Nombre	PRIX [fmg]	PRIX [Ar]
Moteur monophasé 1,5 Cheval	170mm x 250mm	01	500 .000	100.000
TPN de 8 mm d'épaisseur en Aciers	285mm x 352mm	01	100.000	20.000
TPN de 10 mm d'épaisseur en Aciers	55mm x 155mm	01	30.000	6.000
TPN de 4 mm d'épaisseur en Aciers	150mm x 30mm	04	10.000	2.000
Tôle de 0,8mm	400mm x 800mm	01	55.000	11.000
Cornière à ailes égales de 50 en Acier	2.500mm de long	01	100.000	20.000
Rond d'acier Ø 30	450mm de long	01	62.500	12.500
Rond d'acier Ø 20	250mm de long	02	70.000	14.000
Fer en U en Acier	1.500mm de long	01	47.500	9.500
Tube sans soudure de Ø _i 23	200mm de long	01	20.000	4.000
Boulon à tête hexagonal M8	20mm de long	16	32.000	6.400
Boulon à tête hexagonal M8	50mm de long	08	16.000	3.200
Ecrou M12	Ø = M12	08	8.000	1.600
Ecrou M8	Ø = M8	08	4.000	8.000
Boulon à tête hexagonal M20	80mm de long	01	10.000	2.000
Ressort de Ø _i 16	100mm de long	04	30.000	6.000
Electrode enrobés G 48 du type SAFER	Ø 3,15	10	20.000	4.000
Electrode enrobés G 48 du type SAFER	Ø 2,15	04	4.000	800
Peinture à l'huile de couleur blanche	200g	01	15.000	3.000
Peinture à l'huile de couleur bleu	200g	01	15.000	3.000
White spirit	500ml	01	10.000	2.000
Pinceau	150mm de long	01	5.000	1.000
Tube en PVC Ø 50	1.200mm	01	22.500	4.500
Condensateur	20µF	01	40.000	8.000
Interrupteur	standard	01	4.000	800
Bouton poussoir	-	01	3.000	600
Prise mâle	standard	01	3.500	700
Prise femelle	standard	01	3.500	700
VGv à 03 fils	02m	01	8.000	1.600
VGv à 02 fils	03m	01	9.000	1.800
Dominos	-	02 paires	3.000	600
Main d'œuvre total (en moyenne)	-	-	650.000	130.000
COÛT TOTAL DE FABRICATION			1.910.500 fmg	382.100 Ar

On estime que le coût total de la réalisation de la presse PVR 2012 est alors de **382.100 Ar**.

I-2 Remarque :

On constate que les matières métalliques sont les plus chers parmi toutes les matières qu'on a utilisées. Presque toutes les matières métalliques utilisées ainsi que le moteur, ont été achetés auprès des brocanteurs à Antananarivo. Il est à remarquer que les prix en brocanteur sont à peu près trois fois moins chers que ceux dans les quincailleries.

Si on avait alors acheté le moteur et les matières utilisées, auprès des quincailleries, on estime que le prix de revient de la réalisation de la presse serait environ de **1.150.000Ar**.

Chapitre II: **APPROCHE ENVIRONNEMENTALE [26]**

II-1-1 **Définitions**

II-1-1-1 **Environnement**

- C'est le milieu dans lequel un organisme vit, fonctionne; milieu incluent l'air, l'eau, la terre, les ressources naturelles, la flore, la faune, les êtres humains et leurs interrelations. C'est aussi l'ensemble des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des écosystèmes plus ou moins modifiées par l'action de l'homme.

- Au sens large du terme, l'**environnement** est l'ensemble des éléments naturels et artificiels qui entoure l'être humain. Au sens strict du terme, l'**environnement** est constitué de l'ensemble des parties des milieux (milieu physique et biologique) qui sont en corrélation direct avec le milieu humain.

- Au sens plutôt général, l'environnement peut être considéré comme l'ensemble de l'élément constitutif des différentes parties de notre planète : le contenu de l'atmosphère, le contenu de la biosphère, le contenu de l'hydrosphère, et finalement le contenu de la lithosphère.

II-1-1-2 **Impact**

- On appelle impact toute conséquence néfaste ou bénéfique, pour la santé humaine, l'état de la flore et de la faune ou pour la disponibilité future des ressources naturelles attribuables aux flux entrants et sortants d'un système de produit ou service.

- Un impact sur l'environnement d'un projet peut se définir comme l'effet, sur une période de temps donnée et dans un espace défini, d'une activité humaine sur une composante de l'environnement biophysique et humaine, en comparaison de la situation en l'absence du projet.

II-1-2 *Buts*

L'étude d'impact environnemental consiste à :

- rétablir un équilibre durable et harmonieux entre les besoins du développement de l'homme et les soucis écologiques.
- apporter des mesures pour prévenir, supprimer, réduire et si possible compenser les effets nocifs du projet,
- examiner successivement les données de base relatives au cadre géographique, à la géologie, à l'hydrogéologie, l'hydrologie, l'écologie, la climatologie, la socioéconomique, l'occupation du sol, le paysage et éventuellement la réglementation affectant le site et ses abords, etc.

Notre étude consiste donc de situer le développement apporté par la conservation de l'environnement, selon la charte de l'environnement Malgache (loi 90-033 du 21.12.90) : l'ensemble des milieux naturels et artificiels, y compris les milieux humains et le facteur social et culturel intéressent le développement.

II-1-3 *Décret MECIE*

Le décret MECIE n° 99-954 du 15/12/99 relatif à la mise en compatibilité des investissements avec l'environnement englobe l'EIE et le PREE

EIE (étude d'impact environnemental)

Etude qui consiste en l'analyse scientifique et préalable des impacts potentiels prévisibles d'une activité donnée sur l'environnement, et en l'examen de l'acceptabilité de leur niveau et de mesure d'atténuation permettant d'assurer l'intégrité de l'environnement dans les limites technologiques disponibles à un coût économique acceptable.

PREE (programme d'engagement environnemental)

Un programme géré par la cellule environnementale du ministère sectoriel dont relève la tutelle, qui consiste en l'engagement d'un promoteur de prendre certaines mesures d'atténuation des impacts de son activité sur l'environnement, ainsi que les mesures éventuelles de réhabilitation du lieu d'implantation.

II-2 Impacts négatifs et Mesures d'atténuation:

La presse PVR 2012 est de taille laboratoire, donc elle ne cause presque aucun effet négatif sur le milieu extérieur. Le seul problème qu'il faut prendre en précaution est le niveau sonore de l'opération mais avec l'utilisation des patins anti vibration et réglage adéquat de l'appareil, tous les problèmes sonores peuvent être résolues. C'est surtout des tables et presses vibrantes à l'échelle industrielle qu'il faut s'en soucier.

L'usage des tables vibrantes utilisées dans l'industrie du béton est largement répandu et constitue en général une source de bruit importante, aussi bien au poste de travail que dans l'environnement. Sont recensés ici les principes de réalisations les plus fréquents, les niveaux acoustiques habituellement rencontrés et les différents mécanismes générateurs de bruit.

Des principes d'action de réduction à la source sont proposés, tels que :

- diminution des efforts,
- limitation des chocs,
- le coffrage total est un garantit la plupart du temps un gain appréciable

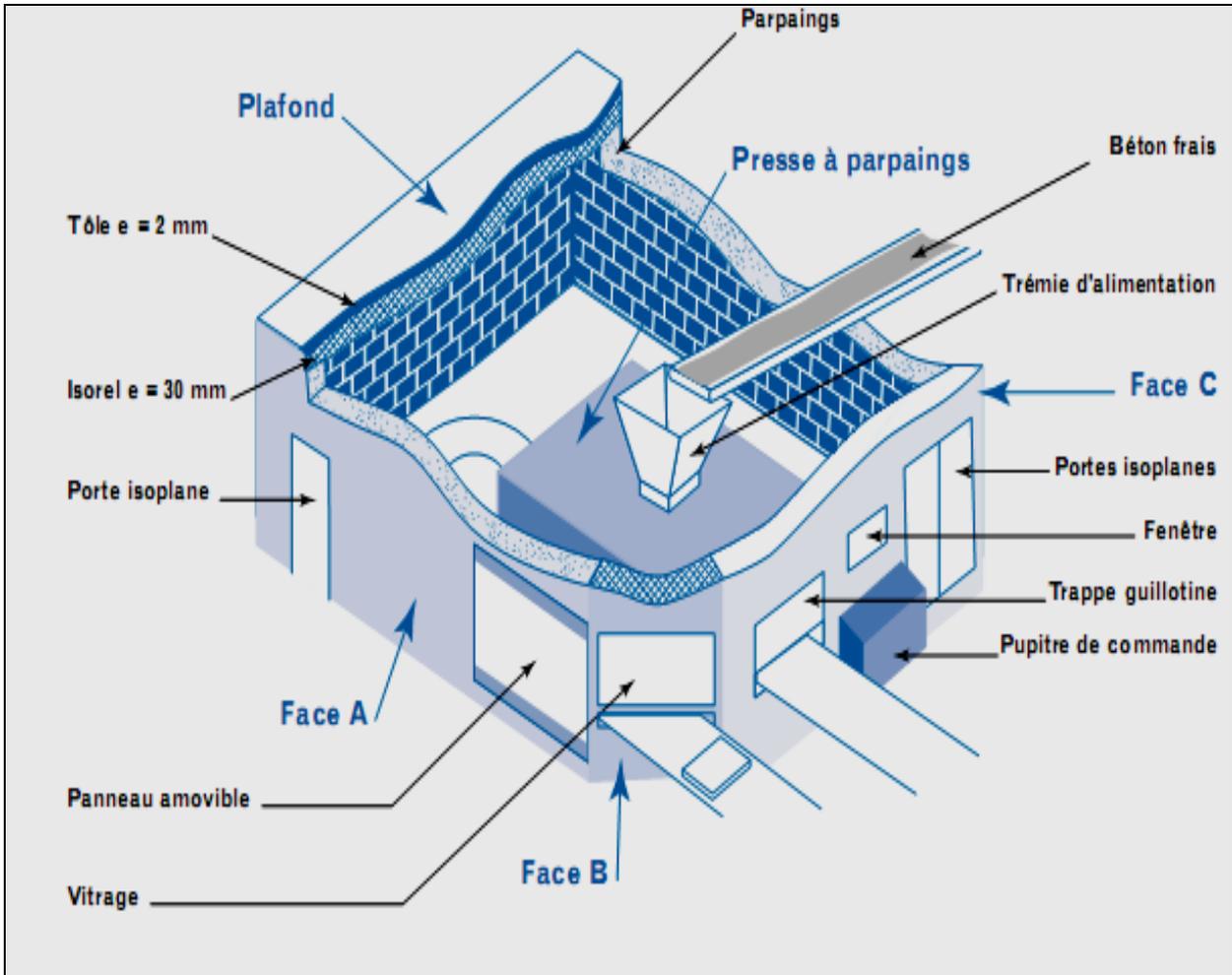


Figure 19: exemple de coffrage réalisé autour d'une machine de fabrication de parpaings

CONCLUSION GENERALE:

Cette étude concerne la conception et la réalisation d'une presse vibrante nommée PVR 2012 pour le laboratoire de matériaux de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo à partir des matériaux existant à Madagascar. Une fois réalisée, cet appareil permet aux enseignants et futurs chercheurs d'étudier l'influence de la vibration sur des matériaux en général. Quelques essais préliminaires pour voir l'influence de la vibration sur la stabilisation de la latérite ont été réalisés. Et les résultats ont montré que les résistances à la compression à 28 jours des échantillons pressés et soumis à des vibrations sont supérieures à celles des échantillons pressés sans vibrations. Il est important de remarquer que cette constatation nécessite quand même une vérification par plusieurs expérimentations.

Le coût de fabrication de l'appareil s'élève à 382.100Ar. Ce prix est de 5 à 7 fois inférieur à celui du marché. En plus, dans la plupart des cas, il est très difficile de trouver une table vibrante muni d'une presse.

Enfin, ce travail de mémoire m'a permis aussi de renforcer mes connaissances théoriques et d'acquérir des savoirs pratiques, dans le domaine de science de l'ingénieur en particulier dans le domaine de matériaux et de machines d'usinage.

Néanmoins, quelques modifications telles que ajout d'un vérin hydraulique et manomètre, ... doivent être réalisé pour améliorer l'utilisation de l'appareil et ces modification feront un autre sujet de recherche.

BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE

[1] : Stéphane PATTOFATTO : « Comportement dynamique du béton frais : application au procédé de fabrication des parpaings » ; Thèse de Doctorat de l'Ecole Normale Supérieure de Cachan, Université Paris 6, soutenu le 23 Novembre 2004.

[2] : Cahiers de notes documentaires –« Table vibrantes utilisées dans l'industrie du béton »
hygiène et sécurité du travail – N° 170, 1^{er} trimestre 1998,

<http://www.hst.fr/inrs-pub/inrs01.nsf/IntranetObject.../ND2071.pdf>

[3] : CHEVALIER : Guide du dessinateur Industriel ; *Hachette Technique*, Edition 2004.

[4] : LE PETIT LAROUSSE : Dictionnaire Encyclopédique; *illustré en couleurs*, 1995

[5] : Instruction de service - moteurs à balourd : <http://www.aviteq.de>

[6] : *LS Leroy Somer* : « Moteurs vibrants : Installation et maintenance »

http://www.leroy-somer.com/...pdf/notices_pdf/0838a_VLB_fr_en.pdf

[7] : le spécialiste de la vibration depuis 1967 : <http://www.casadio.fr>

[8] : Béton : <http://www.beratest.com/catalog/francais/pdf/0085.pdf>

[9] : FRAISEUSE : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Fraiseuse>

[10] : TOUR (machine-outil) : http://fr.wikipedia.org/wiki/Tour_%28machine-outil%29

[11] : CISAILLE GUILLOTINE (Coupe-tôle) : http://fr.wikipedia.org/wiki/Cisaille_guillotine

[12] : Technologie de fabrication : LE PLIAGE : http://www.tspeed.free.fr/08_1/JJGpliage.pdf

[13] : Réussir votre soudure à l'arc

<http://www.aves.free.fr/pub/misc/other/.../La%20soudure%20à%20l'arc.pdf>

[14] : FILETAGE : Liaison complète démontable

http://www.lyc-villars.ac-aix-marseille.fr/spip/IMG/pdf/Les_Filetages.pdf

[15] : LE TARAUDAGE

<http://www2c.ac-lille.fr/boilly/fiches%20mei/.../Fiche%20taraudage.pdf>

[16]: RAKOTOSAONA Rijalalaina « Opérations unitaires » ; Cours 3^e année SIM 2009.

[17] : LINA Zizy Aimée « Etude comparative des différentes méthodes de stabilisation de la latérite » ; mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur Génie Chimique, ESPA 2007.

[18] : RABOTOVAO Oswald Marie Antonio « Etude comparative de la stabilisation des latérites avec les liants : ciments et silice active additionnée de l'urée » ; mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur Génie Chimique, ESPA 2006

[19] : RANAIVOARIVONY Faratiana Helia « Etude de valorisation de la patate douce : application à la stabilisation des terres argileuses » ; mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur Génie Chimique, ESPA 2010.

[20] : RAKOTONIRINA Jacques Arsène « Essai de stabilisation des routes en terre par l'utilisation d'émulsion polymère: cas de la latérite de Vontovorona » ; mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur Matériau ; ESPA 2010

[21] : RANAIVONIARIVO Velomanantsoa Gabriely « Contribution à l'étude d'élaboration de ciment à haute résistance à Madagascar. Action sur le mélange cru » ; Thèse de Doctorat d'état, es sciences physiques 2005.

[22] : RANAIVONIARIVO Velomanantsoa Gabriely « Liants minéraux : ciments » ; Cours 3^e année SIM 2009.

[23] : BUREAU DES NORMES DE MADAGASCAR, norme malagasy NM 031- 1

[24] : Collection technique CIMBETON : « l'essentiel » ; centre d'information sur les ciments et ses applications ; édition 2005.

[25] : La fabrication du ciment : <http://www.ciments-calcia.fr>

[26] : RAHARIJAONA Tovo Robin « Etude d'Impact Environnemental » ;
Cours 4^e année SIM 2010

Annexe 01 : Composition des mélanges

Pour les calculs de la composition des échantillons, on utilise un pourcentage pondéral.

- Granulométrie de la latérite : 500 μ
- Ciment : CEM I de l'holcim (Manda)
- Moule : 50mm x 70mm
- Masse à mouler : 215g constante

Composition des échantillons à 0% de ciment (essai n° 01 et 02)

Pour un essai ; posons : m_1 : masse de latérite (g)

m_2 : masse de ciment (g)

m_3 : masse d'eau (g)

La masse du mélange pour un essai est donc : $M = m_1 + m_2 + m_3$. Or cette masse est constante à $M = 215g$ pour tout chaque essaie.

Et la masse de l'eau l'est aussi, avec $m_3 = 15g$.

Il reste donc à trouver m_1 et m_2 selon la proportion du ciment.

Pour 0% de ciment, on a : $m_1 = 200g$

$$m_2 = 0$$

$$m_3 = 15g$$

Pour les deux essais des échantillons à 0% de ciment donc, on a :

$$M_1 = 200 \times 2 = 400g$$

$$M_2 = 0g$$

$$M_3 = 15 \times 2 = 30g$$

Et le mélange total pour les échantillons à 0% de ciment pèse : $M_T = 430g$, cette valeur M_T est constante pour tous les échantillons.

✚ Composition des échantillons à 10% de ciment (essai n° 03 et 04)

Pour faciliter les calculs, faisons comme suit : **M= 215g.**

$$m_2 = 10\% M = 21,5g$$

$$m_3 = 15g$$

$$m_1 = M - (m_2 + m_3) = 178,5g$$

Pour les deux essais des échantillons à 10% de ciment donc, on a :

$$M_1 = 178,5 \times 2 = 357g$$

$$M_2 = 21,5 \times 2 = 43g$$

$$M_3 = 15 \times 2 = 30g$$

✚ Composition des échantillons à 20% de ciment (essai n° 05 à 06)

De la même manière, on a, pour un essai : **m₁ = 157g**

$$m_2 = 43g$$

$$m_3 = 15g$$

Pour les deux essais des échantillons à 20% de ciment donc, on a :

$$M_1 = 157 \times 2 = 314g$$

$$M_2 = 43 \times 2 = 86g$$

$$M_3 = 15 \times 2 = 30g$$

Annexe 02: Conversion d'unités

Les unités des dimensions fondamentales et quelques grandeurs courantes dans les différents systèmes d'unité cohérents.

Tableau 11 : Les unités et grandeurs courantes

		SYSTEMES			
		CGS	MTS	MKS	MKFS
GRANDEURS	Longueur	cm	m	m	m
	Masse	g	t	kg	grave
	Temps	s	s	s	s
	Force	dyne	sthène(sn)	newton(N)	kgf ou kgp
	Pression	barye ; microbar	pièze (pz)	pascal (Pa)	kgf.m ⁻² ou kgp.m ⁻²
	Travail	erg	kilojoule(kJ)	joule (J)	kgf.m ou kgp.m
	puissance	erg.s ⁻¹	kilowatt(kW)	watt (W)	kgf.m.s ⁻¹ ou kgp.m.s ⁻¹

CGS : centimètre-gramme-seconde

MTS : mètre-tonne-seconde

MKS : mètre-kilogramme-seconde

MKFS : mètre-kilo gramme force-seconde

Sur la machine de Testwell, on a les valeurs de la force obtenue en [daN]. Il faut donc calculer la pression et puis la convertir en une unité plus rentable.

La formule de la pression est :

$$P = \frac{F}{S}$$

Avec : F : force en [N]

S : surface en [m²] tel que :

$$S = \pi r^2 = 3,14 (0,025)^2 = 1.962,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

P : pression en [Pa]

Annexe 03: Analyse chimique de la latérite

On détermine les éléments majeurs constituant la latérite par la méthode de dosage. Pour effectuer ce dosage on prend 5g de latérite comme prise d'essai.

Tableau 12 : Résultats des analyses chimiques des latérites de Vontovorona

Elément	Pourcentage
perte au feu	19.00
humidité	2.00
SiO ₂	13.80
CaO	Trace
MgO	Trace
Fe ₂ O ₃	15.70
TiO ₂	2.20
Al ₂ O ₃	45.70
Total	98.70

Annexe 04 : Compléments concernant les ciments

Tableau 13 : Dénominations et symboles des ciments

Depuis 1994 NF P 15-301		A partir de 2010 NM 031-1	
Dénomination	Symbole	Dénomination	Symbole
Ciment Portland Artificiel	CPA-CEM I	Ciment Portland Artificiel	CEM I
Ciment Portland composé	CPJ-CEM II/A ;B	Ciment Portland au laitier	CEM II/A ; B – S
		Ciment Portland à la fumée de silice	CEM II/A ; B – D
		Ciment Portland à la Pouzzolane	CEM II/A ; B – P
			CEM II/A ; B – Q
		Ciment Portland aux cendres volantes	CEM II/A ; B – V
			CEM II /A ; B – W
		Ciment Portland au calciné	CEM II/A ; B – T
		Ciment Portland au calcaire	CEM II/A ; B – L
CEM II/A ; B – LL			
Ciment Portland composé	CEM II/A ; B – M		
Ciment de haut fourneau	CHF-CEM III/A ;B	Ciment de haut fourneau	CEM III/A ; B ; C
	CLK-CEM III /A ; B		
Ciment pouzzolanique	CPZ-CEM IV/A ; B	Ciment pouzzolanique	CEM IV/A;B
Ciment au laitier et aux cendres	CLC-CEM V/A ; B	Ciment composé	CEM V/A ; B

Signification des lettres :

- Quantité des constituants principaux (autres que le clinker) suivant la norme NM 031 – 1

Classe de composition :

- A : de 6 à 20 %
- B : de 21 à 35 %
- C : laitier de 81 à 95 %

- La lettre M nous dicte la présence d'au moins deux constituants principaux dans le ciment

Exemple : CEM II/B - M (P-LL) ajout mélange de pouzzolane et de calcaire

- Les symboles veulent dire:
 - S : laitier de haut fourneau
 - D : fumée de silice
 - P : pouzzolane naturelle
 - Q : pouzzolane naturelle calcinée
 - V : cendres volantes siliceuses
 - W : cendres volantes calciques
 - T : schiste calciné
 - L ou LL : calcaire

Tableau 14 : les 27 produits de la famille des ciments courants de la norme NM 031-1

Principaux types	Notation des 27 produits (types de ciment courant)		Composition (pourcentage en masse) ^{a)}										Constituants secondaires	
			Constituants principaux											
			Clinker	Laitier de haut fourneau	Fumée de silices	Pouzzolanes		Cendres volantes		Schiste calciné	Calcaire			
						Naturelle	Naturelle	Siliceuse	Calciq					
K	S	D ^{b)}	P	Q	V	W	T	L	LL					
CEM I	Ciment Portland	CEM I	95 -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
CEM II	Ciment Portland au laitier	CEM II/A-S	80 - 94	6 - 20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
		CEM II/B-S	65 - 79	21 - 35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
	Ciment portland à la fumée de silice	CEM II/A-D	90 - 94	-	6 - 10	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
	Ciment Portland à la pouzzolane	CEM II/A-P	80 - 94	-	-	6 - 20	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
		CEM II/B-P	65 - 79	-	-	21 - 35	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
		CEM II/A-Q	80 - 94	-	-	-	6 - 20	-	-	-	-	-	-	0 - 5
		CEM II/B-Q	65 - 79	-	-	-	21 - 35	-	-	-	-	-	-	0 - 5
	Ciment Portland aux cendres volantes	CEM II/A-V	80 - 94	-	-	-	-	6 - 20	-	-	-	-	-	0 - 5
		CEM II/B-V	65 - 79	-	-	-	-	21 - 35	-	-	-	-	-	0 - 5
		CEM II/A-W	80 - 94	-	-	-	-	-	6 - 20	-	-	-	-	0 - 5
		CEM II/B-W	65 - 79	-	-	-	-	-	21 - 35	-	-	-	-	0 - 5
	Ciment Portland au schiste calciné	CEM II/A-T	80 - 94	-	-	-	-	-	-	6 - 20	-	-	-	0 - 5
		CEM II/B-T	65 - 79	-	-	-	-	-	-	21 - 35	-	-	-	0 - 5
	Ciment Portland au calcaire	CEM II/A-L	80 - 94	-	-	-	-	-	-	-	6 - 20	-	-	0 - 5
		CEM II/B-L	65 - 79	-	-	-	-	-	-	-	21 - 35	-	-	0 - 5
CEM II/A-LL		80 - 94	-	-	-	-	-	-	-	-	6 - 20	-	0 - 5	
CEM II/B-LL		65 - 79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21 - 35	0 - 5	
Ciment Portland composé ^{c)}	CEM II/A-M	80 - 94	← 6 - 20 →						← →				0 - 5	
	CEM II/B-M	65 - 79	← 21 - 35 →						← →				0 - 5	
CEM III	Ciment de haut fourneau	CEM III/A	35 - 64	35 - 65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
		CEM III/B	20 - 34	66 - 80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
		CEM III/C	5 - 19	81 - 95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5
CEM IV	Ciment pouzzolanique ^{c)}	CEM IV/A	65 - 89	-	← 11 - 35 →				← →				0 - 5	
		CEM IV/B	45 - 64	-	← 36 - 55 →				← →				0 - 5	
CEM V	Ciment Composé ^{c)}	CEM V/A	40 - 64	18 - 30	-	← 18 - 30 →		← →						0 - 5
		CEM V/B	20 - 38	31 - 50	-	← 31 - 50 →		← →						0 - 5

TABLE DE MATIERE

PARTIE A: ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	3
Chapitre I: LA PRESSE VIBRANTE [1] [2][3][4]	4
I-1 Introduction :	4
I-2 Notion sur la vibration :	4
I-2-1 Définitions :	4
I-2-2 Effets de la vibration :	5
I-2-2-1 Influence de la direction principale de vibration :	5
I-2-2-2 Influence de la fréquence [1]	5
I-2-2-3 Influence de l'amplitude, de la vitesse et de l'accélération :	5
I-2-2-4 Durée de vibration :	6
I-3 Table vibrante : [5] [6]	6
I-4 Exemple d'utilisation de la vibration dans l'élaboration des parpaings	10
I-4-1 Installation classique semi industriel pour la production de blocs :	10
I-4-2 Fonctionnement de la presse :	11
Chapitre II: LES MACHINES ET OUTILS D'USINAGE [9][10][11]	18
II-1 Fraiseuse [9]	18
II-2 Tour d'outilleur [10]	19
II-3 Autres	21
II-3-1 Meuleuse :	21
II-3-2 Scie mécanique :	22
II-3-3 Coupes tôles : [11]	23
II-3-4 Plieuse [12]	24
II-3-5 Soudure à arc [13]	26
II-3-6 Machine TESTWELL	29
II-4 Opérations d'usinages	30
II-4-1 Filetage [14]	30
II-4-2 Taraudage [15]	31

Chapitre III: LA STABILISATION DE LA LATERITE [16][17][18]	33
III-1 LA LATERITE.....	33
III-1-1 Définition	33
III-1-2 Classification des latérites	34
III-1-3 Les principaux constituants des latérites	36
III-1-3-1 Le Fer :	36
III-1-3-2 L'Aluminium :	36
III-1-3-3 Le Titane :	36
III-1-3-4 La Silice :	36
III-1-3-5 Les minéraux argileux :	36
III-1-3-6 Le Manganèse :	36
III-1-4 Structures des latérites	37
III-1-5 Utilisations des latérites	37
III-1-5-1 Le latorex	37
III-1-5-2 Ciment pouzzolanique	37
III-1-5-3 Construction des murs traditionnels malagasy	37
III-1-5-4 Enduit économique traditionnel	38
III-1-5-5 Utilisation des latérites en agriculture	38
III-1-5-6 Utilisation en métallurgie	38
III-1-5-7 Utilisation en céramique	38
III-1-5-8 Utilisation dans le domaine routier	38
III-2 LA STABILISATION DE LA LATERITE [18]	39
III-2-1 Définition	39
III-2-2 Objectifs	39
III-2-3 Mécanismes de stabilisation [19]	40
III-2-3-1 Densifier	40
III-2-3-2 Armer	40
III-2-3-3 Enchaîner	40
III-2-3-4 Lier	40
III-2-3-5 Perméabiliser	40
III-2-3-6 Hydrofuger	41
III-2-4 Paramètres de stabilisation	41

Table de matière

III-2-5	Types de stabilisation	41	
III-2-5-1	Stabilisation mécanique :	41	
III-2-5-2	Stabilisation physique :	41	
III-2-5-3	Stabilisation chimique :	42	
III-3	LES CEMENTS [20][21][22]	42	
III-3-1	Définition du ciment	43	
III-3-1	Notation des cimentiers	43	
III-3-2	Les constituants du ciment	44	
III-3-2-1	Le constituant principal du ciment : Le clinker :	44	
III-3-2-2	Les autres constituants principaux :	44	
III-3-2-3	Les constituants secondaires :	46	
PARTIE B: ETUDE EXPERIMENTALE: CONCEPTION ET REALISATION DE LA PRESSE PVR 2012			
Chapitre I: ANALYSE DE FABRICATION			48
I-1	Partie mécanique	48	
I-1-1	Plateau :	48	
I-1-2	L'étrier et le vis sans fin de la presse :	49	
I-1-3	Traverse de la table vibrante :	50	
I-1-4	Axe guide ressort :	51	
I-1-5	Cage de ressort :	52	
I-1-6	Axe de bridage du moteur :	53	
I-1-7	Ve de bridage du moteur :	54	
I-1-8	Montage du ressort :	55	
I-1-9	Pied de table :	56	
I-1-10	PVR 2012 :	57	
I-1-11	Les matières et pièces utilisées	58	
I-2	Partie électrique	58	
I-3	La presse PVR 2012 :	60	
I-3-1	Présentation :	60	
I-3-2	Fonctionnement :	61	
I-3-3	Avantages :	62	
I-3-4	Améliorations envisagées :	62	

Table de matière

Chapitre II: PROCÉDES DE CONFECTIONNAGE DES BRIQUETTES	63
II-1 Préparation des matières premières :	63
II-1-1 Extraction :.....	63
II-1-2 Broyage :.....	64
II-1-3 Le tamisage :.....	64
II-2 Fabrication des éprouvettes :.....	64
II-2-1 Dosage :.....	64
II-2-2 Malaxage :.....	64
II-2-3 Moulage :.....	64
II-2-4 Pressage et vibration :.....	65
II-2-5 Séchage :.....	65
Chapitre III: RESULTATS DES ESSAIS ET INTERPRETATIONS.....	66
III-1 Résultats de la résistance à la compression des briquettes	66
III-2 Interprétations des résultats.....	67
<i>PARTIE C: EVALUATION ECONOMIQUE ET APPROCHE ENVIRONNEMENTALE.....</i>	<i>68</i>
Chapitre I: EVALUATION ECONOMIQUE.....	69
I-1 Evaluation du coût de la presse.....	69
I-2 Remarque :.....	70
Chapitre II: APPROCHE ENVIRONNEMENTAL [26]	71
II-1-1 Définitions	71
II-1-1-1 Environnement.....	71
II-1-1-2 Impact.....	71
II-1-2 Buts.....	72
II-1-3 Décret MECIE.....	72
EIE (étude d'impact environnemental).....	72
PREE (programme d'engagement environnemental)	72
II-2 Impacts négatifs et Mesures d'atténuation:	73

ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE D'ANTANANARIVO

Département Science des Matériaux et Métallurgie

Nom : RAKOTOLAHY

Prénoms : Riantsoa Nasandatra

Adresse: Lot IVM 48 Ambodivona Ankadifotsy – 101 Antananarivo

Tél: 033 13 843 87

E-mail : armelpoly@gmail.com

Nombre de pages: 78

Nombre de tableaux : 14

Nombre de figures : 19

Nombre de photos : 27

RESUME

Ce présent ouvrage est élaboré dans le bût de savoir si l'application de la vibration au niveau du compactage a une influence sur la résistance à la compression des briques de latérite stabilisée. Pour se faire on a conçu une presse vibrante PVR2012 d'où le titre de cet ouvrage : «Conception et réalisation d'une presse vibrante PVR2012 pour le laboratoire de matériaux à Vontovorona »

Après la réalisation d'un tel appareil, des essais préliminaires sur des briquettes en latérite stabilisée, nous ont permis de constater que les briquettes pressées avec vibration ont des meilleures résistances à la compression que les briquettes pressées sans vibration.

Mots clés: Latérite, Ciment, Compactage, Vibration, Table Vibrante, Presse Vibrante

ABSTRACT

This present work is elaborated in drank it to know if the application of the vibration to the level of the compaction has an influence on the resistance to the compression of the bricks of latérite consolidated. To make itself, themselves one conceived a vibrant press PVR2012 from where the title of this work: «Conception and realization of a vibrant press PVR2012 for the laboratory of materials at Vontovorona»

After the realization of such a device, of the exploratory tests on briquettes in consolidated latérite, allowed us to note that the briquettes been urgent with vibration have some best resistances to the compression that the briquettes been pressed without vibration.

Key words: Latérite, Cement, Compaction, Vibration, Shaking Table, Vibrant Press.

Under the direction of: M. RAKOTOSAONA Rijalalaina