



Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès  
Faculté de Sciences et Techniques de Fès-Saïss  
Département de génie mécanique



Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention de la  
**Licence Sciences et Techniques**  
**Spécialité : Conception et Analyse Mécanique**

Thème :

**Amélioration et augmentation de la productivité de la  
machine QUADRA**

Lieu :

**MEK PREFAT Meknès**

Présenté par :

- RADOUANE ED-DAHBY
- M'HAMMED EL ALAMI

Encadré par :

- Mr A. TOUACHE
- Mr. JAOUADE BLALI

**Soutenu le 06/06/2017 devant le jury :**

- Pr. Mr A. TOUACHE
- Pr. Mr M. BELATIK

## *Dédicaces*

*À nos chers parents*

*Aucun mot ne pourra vous exprimer notre amour, respect et reconnaissance pour la tendresse et les sacrifices que vous faites pour nous ;*

*À nos frères et sœurs*

*Avec tout votre amour et affection, nous vous souhaitons une vie pleine de bonheur et de réussite ;*

*À nos enseignants*

*Pour leurs efforts remarquables de nous avoir éclaircit la voie du savoir, nos respects vous les avez largement mérités.*

*À tous nos amis*

*Sachez que vous nous êtes très chers. Nous somme juste très reconnaissant pour tout l'amour, le soutien et la confiance dont vous faites preuve à notre égard ;*

*À tous ceux qui nous aime*

*Du fond du cœur MERCI*

## Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer nos sincères remerciements et notre profonde gratitude à toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin au bon déroulement de notre stage.

Nos remerciements vont particulièrement à Mr le Directeur Général de **MEK PREFAT** qui nous a admis à effectuer ce stage, et surtout un chaleureux remerciement à **Mr. Younes WAJDI, Mr. Jaouad BLALI** et tous les employés de l'entreprise qui, en mettant à notre disposition certains documents, leurs temps et leur savoir-faire ont contribué à notre formation et à la réalisation de ce rapport.

Nous tenons également à remercier **Mr. TOUACHE** notre enseignant de la Faculté des Sciences et Techniques qui n'a ménagé aucun effort pour nous encadrer durant la période de notre stage.

Enfin, nous présentons nos remerciements à tous **les professeurs du département du Conception et Analyse Mécanique** de la Faculté des Sciences et Techniques et toutes les personnes qui ont participé d'une manière ou d'une autre, à l'accomplissement de ce travail.

## Sommaire

<b>DEDICACES</b> .....	<b>2</b>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>3</b>
<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>4</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>6</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>7</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	<b>8</b>
<b>CHAPITRE I : GENERALITES SUR MEK PREFAT</b> .....	<b>9</b>
2. <b>Présentation de la société MEK PREFAT</b> .....	<b>9</b>
3. <b>Organigramme de MEK PREFAT</b> .....	<b>10</b>
4. <b>Fiche signalétique</b> .....	<b>11</b>
5. <b>Conclusion</b> .....	<b>11</b>
<b>CHAPITRE II : PRESENTATION DES UNITES DE PRODUCTION</b> .....	<b>12</b>
1. <b>Unité QUADRA</b> .....	<b>13</b>
1.1 La centrale à béton QUADRA.....	14
1.2 Presse QUADRA.....	15
1.3 Le chariot transpalette.....	16
1.4 La transitique de planche :.....	17
1.5 Pince (palettisation) :.....	18
1.6 Le chariot transbordeur :.....	19
2. <b>Unité Poutrelles</b> :.....	<b>20</b>
3. <b>Unité Centrale à Béton</b> :.....	<b>21</b>
<b>CHAPITRE III : ANALYSE DES CAUSES D'ARRET DE PRODUCTION</b> :.....	<b>22</b>
1. <b>Matière première - contrôle de qualité de sable</b> :.....	<b>23</b>
1.1 Matière première - contrôle de qualité de sable : .....	23
1.2 Matière première :.....	23
1.3 Essai équivalent de sable : .....	23

<b>2. Les produits fabriqués par l'unité QUADRA .....</b>	<b>25</b>
<b>3. Processus de production .....</b>	<b>26</b>
3.1 Malaxage du béton: .....	26
3.2 Moulage des blocs :.....	27
3.3 Vibration modulable: .....	27
<b>4. Etude des causes d'arrêt de production .....</b>	<b>29</b>
4.1 Identification de la problématique : .....	29
4.2 Application de la méthode Pareto : .....	29
4.2.1 Première Etude Pareto : critère Fréquence des arrêts .....	29
4.2.2 Deuxième Etude Pareto : critère temps des arrêts : .....	31
4.3 Solution : .....	33
4.4 Conclusion : .....	33
<b>CHAPITRE IV : ETUDE ET PROPOSITION DES SOLUTIONS .....</b>	<b>34</b>
<b>1. Introduction .....</b>	<b>35</b>
<b>2. Maintenance corrective .....</b>	<b>35</b>
2.1 Maintenance corrective de la presse .....	35
2.2 Maintenance corrective du chariot transbordeur .....	37
<b>3. La Maintenance préventive de premier niveau .....</b>	<b>37</b>
3.1 Maintenance préventive de la presse .....	38
3-2 Maintenance préventive du chariot transbordeur .....	39
<b>4. Modification de l'ouverture du skip .....</b>	<b>39</b>
4.1 Présentation du skip .....	39
4.2 Système actuel d'ouverture .....	40
4.3 Principe du nouveau système d'ouverture .....	40
4.4 Conception du du skip sur CATIA V5 .....	41
<b>5. Conclusion générale.....</b>	<b>44</b>
<b>6. References .....</b>	<b>44</b>

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> les composants d'unité QUADRA .....	13
<b>Figure 2:</b> Une trémie .....	14
<b>Figure 3:</b> Un skip.....	14
<b>Figure 4:</b> Un silo de ciment .....	14
<b>Figure 5:</b> Un malaxeur.....	14
<b>Figure 6:</b> Schéma des équipements de presse QUADRA .....	16
<b>Figure 7:</b> chariot transpalette .....	17
<b>Figure 8 :</b> Pince.....	18
<b>Figure 9 :</b> Chariot transbordeur .....	20
<b>Figure 10:</b> unité poutrelle .....	20
<b>Figure 11 :</b> Unité centrale à Béton.....	21
<b>Figure 12 :</b> Constituants du béton .....	23
<b>Figure 13 :</b> Essai équivalent de sable.....	24
<b>Figure 14 :</b> Moteurs de vibration.....	27
<b>Figure 15 :</b> Principe de vibration.....	28
<b>Figure 16 :</b> les balourds.....	28
<b>Figure 17 :</b> décalage des balourds .....	29
<b>Figure 18:</b> Diagramme Pareto première étude.....	31
<b>Figure 19:</b> Diagramme Pareto deuxième étude.....	33
<b>Figure 20:</b> Skip en état de fonction.....	39
<b>Figure 21:</b> Dessin d'ensemble du skip .....	41
<b>Figure 22:</b> dessin porte lourde.....	42
<b>Figure 23:</b> dessin porte légère .....	42
<b>Figure 24:</b> dessin châssis du skip .....	43

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> fiche signalétique.....	11
<b>Tableau 2:</b> premiere etude Pareto .....	30
<b>Tableau 3:</b> deuxieme étude Pareto .....	32
<b>Tableau 4:</b> maintenance table de vibration .....	35
<b>Tableau 5:</b> maintenance corrective de pilon presse .....	36
<b>Tableau 6:</b> maintenance corrective du chariot transbordeur .....	37
<b>Tableau 7:</b> maintenance préventive de la presse .....	38
<b>Tableau 8:</b> maintenance préventive du chariot transbordeur.....	39

## Introduction générale

Le présent rapport est la synthèse de notre projet de fin d'études du cycle licence science et technique filière « Conception et Analyse Mécanique» de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, effectué au sein de l'entreprise MEKPREFAT Meknès.

Dans le cadre de l'amélioration de ses performances et pour affronter la concurrence, MEKPREFAT Meknès s'est donnée comme objectif de répondre aux exigences du client en termes de qualité, coût et délai. Ainsi, il est nécessaire de parvenir à toutes les voies d'amélioration possibles afin d'imposer son nom dans le secteur de (secteur). C'est dans cette optique que s'inscrit ce projet intitulé «l'amélioration de la productivité de l'unité QUADRA».

Cette thématique est traitée dans ce rapport réparti en quatre chapitres :

Le premier sera consacré à une présentation de la société, sa structure et ses activités principales tandis que le deuxième chapitre détaillera les unités de production à l'unité QUDRA

Le troisième chapitre sera réservé à l'analyse des causes de l'arrêt de production via des outils spécifiques à savoir l'outil diagramme Pareto.

Le quatrième et le principale chapitre portera sur la proposition des solutions et des modifications de certains systèmes pouvant améliorer la productivité de l'unité QUADRA pouvant réduire.



## Chapitre I : Généralités sur MEK PREFAT

---

*Dans le présent chapitre, nous allons exposer le contexte général dans lequel s'est déroulé notre projet de fin d'études en présentant l'entreprise d'accueil, son activité et son organisation.*

---

# 1. Présentation de MEK PREFAT

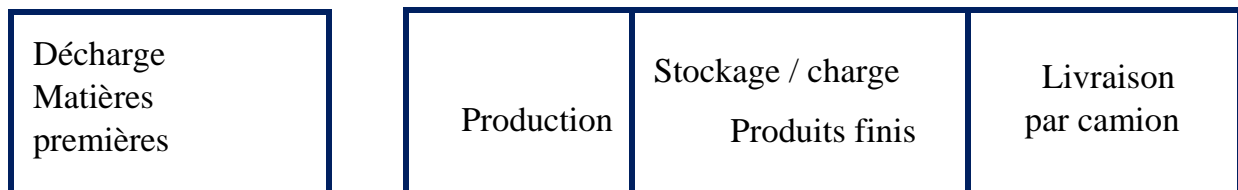
## 1.1. Historique

**MEK PREFAT** est une entreprise créée en **2005**, son activité principale est la production de maçonnerie, le béton prêt à l'emploi, élaboration des éléments pour les planchers, et des produits d'environnement et revêtement.

## 1.2. Objectifs de l'entreprise

- ✓ Satisfaire ses clients et ses employés.
- ✓ Avoir des produits de bonnes qualités, à juste temps et à moindre coût en se basant sur la créativité et l'esprit d'équipe.
- ✓ Garantir un respect de l'homme en responsabilisant mutuellement l'ensemble du personnel.

## 1.3. Mission de MEK PREFAT



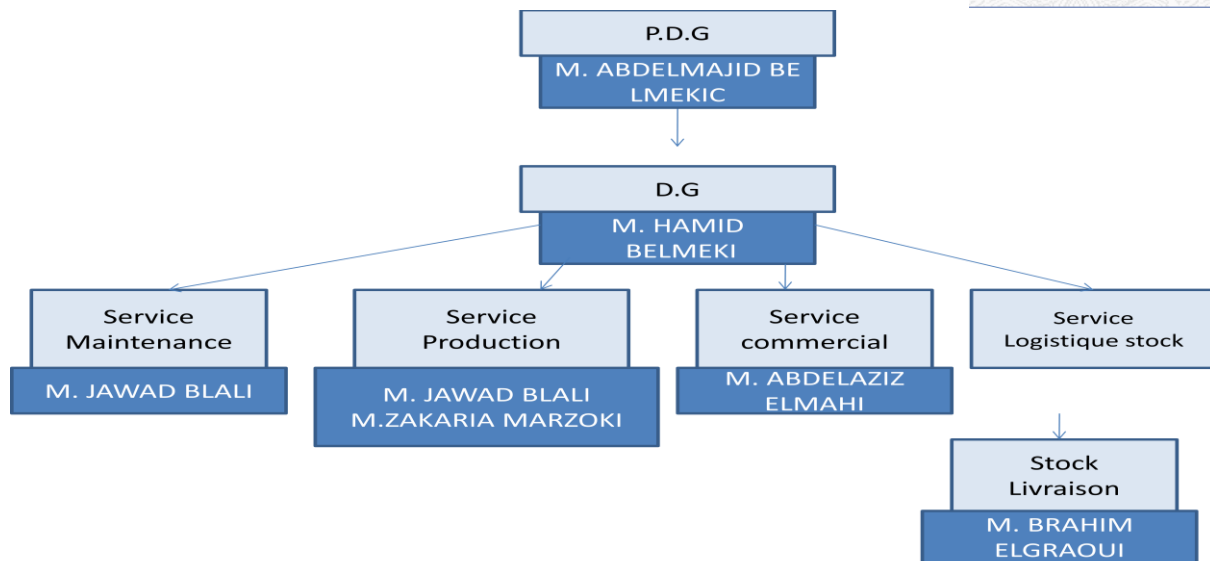
La première activité de l'entreprise est de décharger, stocker, les matières premières (ciment, sable de mer, sable concasseur, Graffite,) qui sont nécessaires pour alimenter les différentes unités de l'ensemble industriel de MEK PREFAT.

La deuxième et l'essentiel activité de l'entreprise sont la production des produits de maçonnerie tel que le pavée, hourdis, poutrelles et le béton...

Cette production ce fait par les différentes unités de production équipées par des machines automatisées et doté d'une haute gamme de finissions du produits. Et finalement le stockage et le chargement des produits finis avant la livraison aux clients par des camions ou citernes suivant le type du produit.

# 2. Organigramme de MEK PREFAT

Pour mieux gérer les larges activités du MEK PRFAT cette dernière est dotée d'une structure avec un système d'audit qui assure le contrôle et la circulation des informations entre les niveaux de responsabilités définis par l'organigramme c'est dessous.



### 3. Fiche Signalétique

Raison social	MEK PREFAT
Siège social	Lot 39, zone industrielle Mejjatt, Meknès
Forme juridique	S.A.R.L
Année de création	2005
Slogan	« Ensemble, construisons l'avenir du Maroc en toute confiance »
N° de téléphone	05-35-43-97-93
N° de fax	05-35-43-97-94
Site web	<a href="http://www.mekprefat.net">www.mekprefat.net</a>
E-mail	<a href="mailto:contact@mekprefat.com">contact@mekprefat.com</a>
Activités	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Production et commercialisation de tous produits à base de ciments.</li> <li>- Fabrication de matériaux en béton précontraint.</li> </ul>

Tableau 1: fiche signalétique

### 4. Conclusion

Après avoir présenté le contexte général du projet, nous allons exposer les différents unités de la société notamment la QUADRA l'unité où s'est effectué notre stage.

## Chapitre II : Présentation des unités de production à MEK PREFAT

---

*Au cours de ce chapitre, nous verrons les unités de production à MEK PREFAT : leurs différents composants ainsi que les équipements de chaque composant*

---

## 1. Unité Quadra

Il s'agit d'une presse automatique Française de type QUADRA, C'est une unité nouvelle et totalement automatisée qui assure la production de l'aggloméré et l'hourdis.

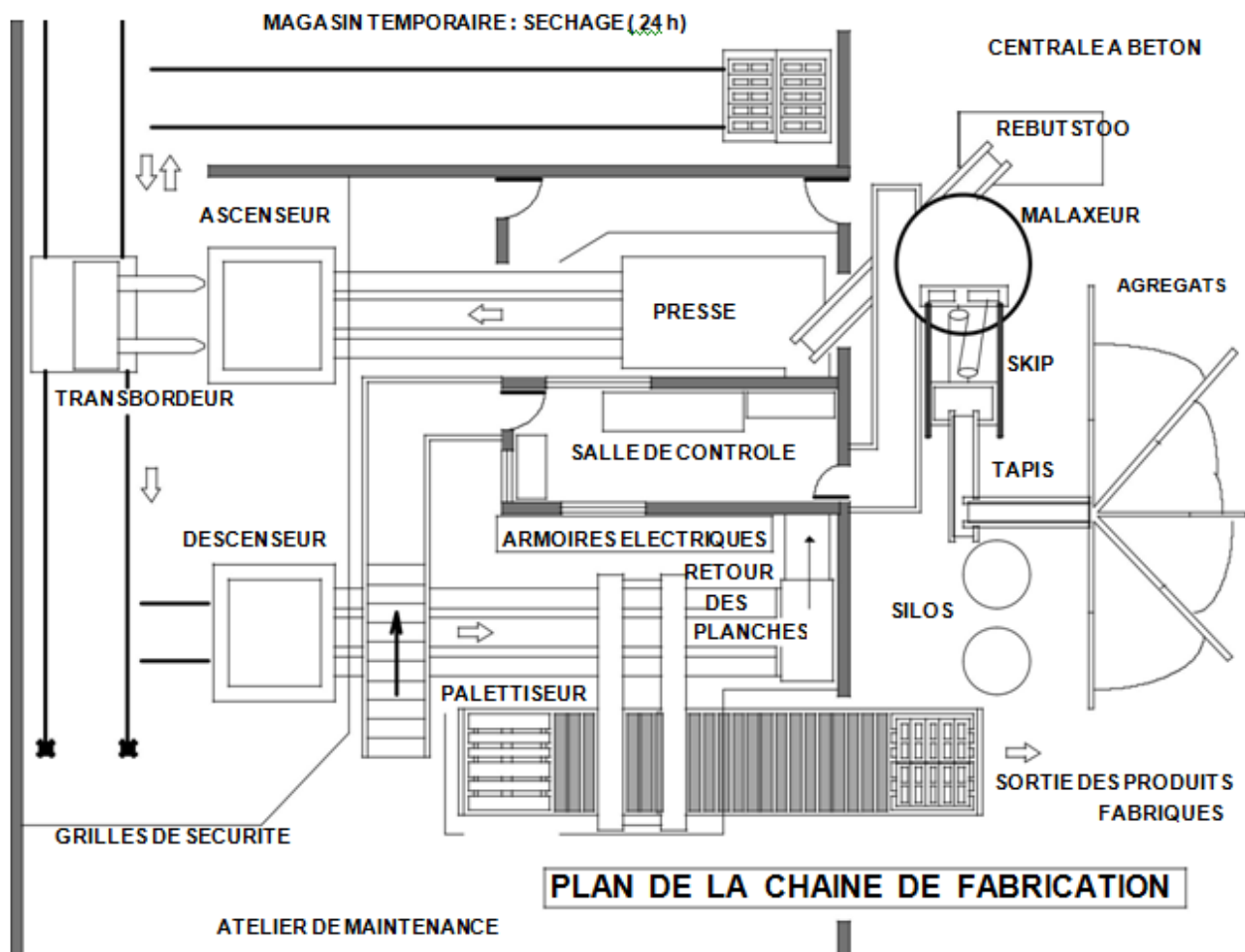


Figure 1 : Les composants d'unité QUADRA

Les différents composants d'unité **QUADRA**:

- Une presse **QUADRA**
- Une transitique de planchers **QUADRA**
- Un ascenseur de 12 étages de 1 plancher au pas de 450 mm
- Un descenseur de 12 étages de 1 plancher au pas de 450 mm
- Un transbordeur **QUADRA**
- Une palettisation **QUADRA**
- Un chariot transpalette **QUADRA**
- Un équipement d'évacuation des palettes
- Des dispositifs de manutention motorisés pour le moule et les palettes
- Divers ensembles de sécurités et de limitation de bruit.

## 1.1. La centrale à béton de l'unité QUADRA

Cette centrale est constituée des éléments suivants:

- **Les trémies** pleines d'agrégats.
- **Un tapis peseur** : permet de peser les agrégats suivant la recette et les blocs désirés à réaliser et les transporter vers le skip, ce dernier permet d'élever les agrégats et les verser dans le malaxeur.
- **Une vis à ciment** : introduire le ciment dans le malaxeur, l'eau est injecté dans le malaxeur selon l'humidité des agrégats.



Figure 2 : Une trémie



Figure 3 : Un skip



Figure 4 : Un silo de ciment



Figure 5 : Un malaxeur

## 1.2. Presse QUADRA

- **Le châssis:** est construit en tubes mécano- soudé largement dimensionné conçu pour libérer les accès aux points d'entretien de la machine.
- **Le guidage:** précis du pilon et du moule est assuré par 4 colonnes chromées.
- **Le démoulage:** progressif est réalisé par 2 vérins hydrauliques avec synchronisation par arbre d'équilibrage. La cinématique assure un effort maximal associé à une vitesse lente en début de démoulage et une vitesse accrue en fin de démoulage.
- **L'éjecteur de planches :** dispose d'une commande hydraulique proportionnelle pour obtenir des accélérations et des décélérations progressives. Les déplacements de l'éjecteur sont contrôlés par un codeur.
- **Le mouvement du pilon:** est synchronisé par un dispositif bielle et arbre d'équilibrage mécanique. Les déplacements du pilon sont contrôlés par une règle linéaire la fixation rapide du pilon est assurée par des vérins hydrauliques.
- **La fixation rapide des moules:** est assurée par un serrage par vessies pneumatique avec possibilité de régler une pression différente entre l'avant et l'arrière.
- **Le tiroir de remplissage:** est relié à un bras articulé actionné par 2 vérins hydrauliques Les déplacements du tiroir sont contrôlés par un codeur.
- **L'agitateur:** est actionné par un dispositif bielle manivelle entraîné par un moteur hydraulique dont la vitesse de rotation est ajustable.
- **La vibration à effort modulable (système breveté):** permet de passer d'une valeur nulle à une valeur maximale (0 à 15000 daN) suivant les phases de fabrication d'un cycle démoulage et de compactage du béton. La force de vibration de chaque table est programmable grâce à deux variateurs de vitesse pilotant chacun un moteur électrique équipé d'une ventilation forcée.
- **La trémie à béton:** la position de la trémie est ajustable en hauteur par rapport au tiroir de remplissage. La trémie dispose d'une ouverture à deux casques commandés par deux vérins hydrauliques.
- **Le groupe hydraulique:** comprend un réservoir d'une capacité de 780L équipé d'une pompe à débit fixe, d'un accumulateur, de deux refroidisseurs par eau, d'une filtration sur la pression et d'une résistance de préchauffage de la bûche d'huile. Le bloc de la distribution hydraulique comprenant les commandes par électro distributeurs est fixé sur une plate-forme accessible positionnée à l'arrière de la presse.



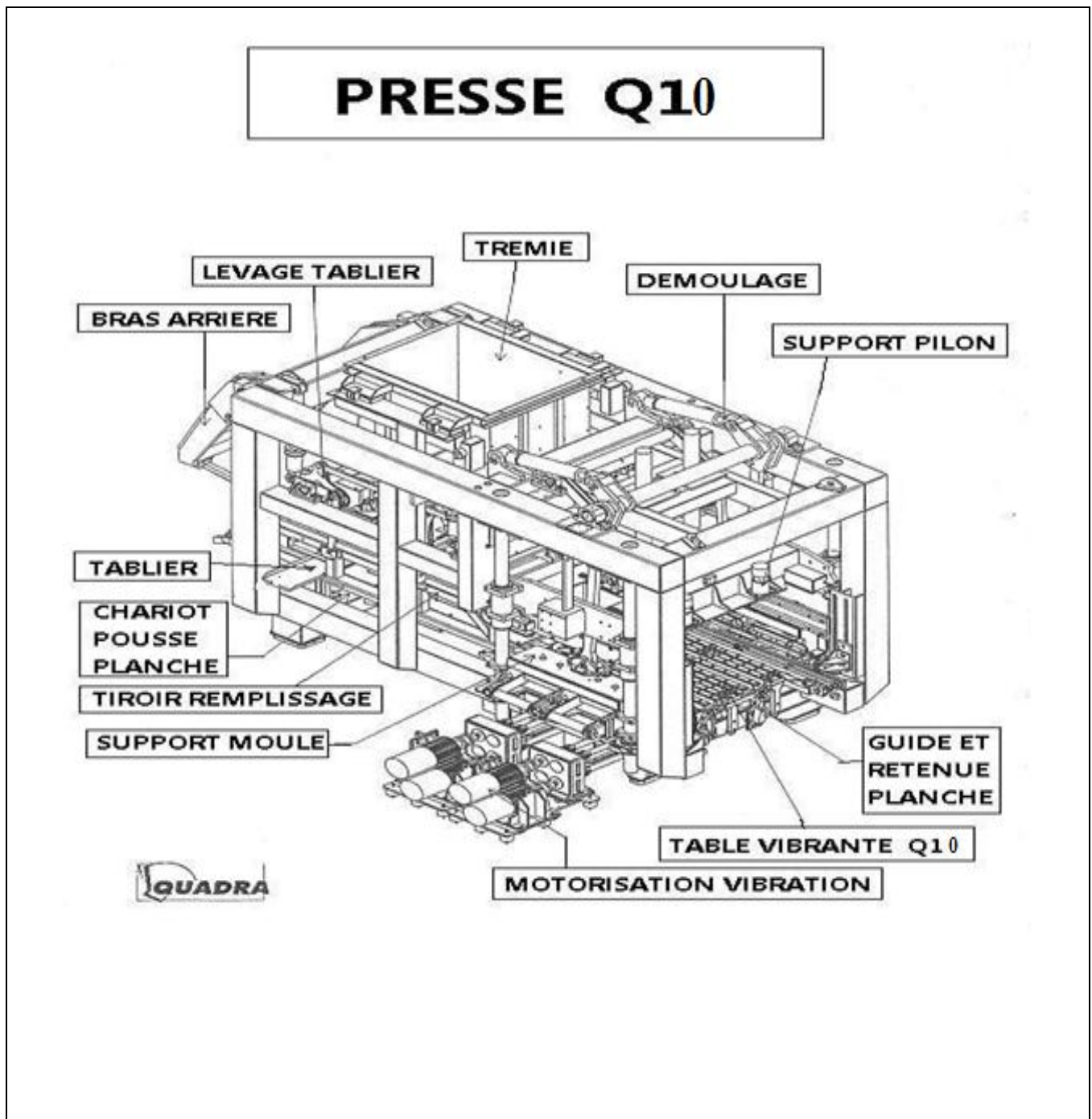


Figure 6 : Schéma des équipements de presse QUADRA

### 1.3. Chariot transpalette

Le chariot transpalette QUADRA comprend un plateau double lui permettant de porter les palettes. La translation est actionnée par un moteur réducteur-électro frein qui est commandé par un variateur de vitesse MOVITRAC à contrôle vectoriel de flux qui permet un fort couple au démarrage.



Le chariot transpalette est piloté par un automate SIEMENS de type LOGO situé à l'avant de coffret. L'alimentation électrique est assurée par un enrouleur actionné par un moteur de 0.37 KW.



Figure7 : chariot transpalette

#### 1.4. La transitique de planche

La transitique QUADRA est **constitué** des suivants :

- **Un transporteur mobile** à courroies devant la presse, roulant sur des rails, actionné par un moteur électrique piloté par un variateur de vitesse.
- **Un 2ème transporteur** à courroie reprenant les planches et les acheminant jusqu'à l'ascenseur, regroupement des planches une par une sur des rouleaux libres en son extrémité. Actionné par un moteur électrique piloté par un variateur de vitesse.
- **Un dispositif d'ébavurage** réglable des produits frais.
- **Un ascenseur** de 12 étages d'une planche au pas de 450mm.
- **Un descenseur** de 12 étages d'une planche au pas de 450mm.
- **Un dispositif de soulèvement** des planches, actionné par un moteur électrique piloté par un variateur de vitesse.
- **Un transfert** de déchargement du descenseur, actionné par un variateur de vitesse, déplaçant les planches jusqu'à la prise du produit par la palettisation.
- Une brosse de nettoyage des planches.

- **Un retourneur de planches** à motorisation électrique piloté par un variateur de vitesse, permettant d'équilibrer l'usure des planches sur les deux faces.
- **Un magasin à planches** équipé d'un dispositif hydraulique de lavage de planches.

### 1.5. Pince (palettisation)



Figure 8 : Pince

- Le portique est monté sur 121,92 cm démontables. Il est construit en tube rectangulaire mécano soudé largement dimensionné.
- Le chariot de translation est monté sur 4 roues en polyuréthane diamètre 300L. Le guidage latéral est assuré par des roues à bandage polyuréthane. Un moteur électrique, asservi à un variateur de fréquence, entraîne le chariot par l'intermédiaire d'un arbre de synchronisation.
- La pince de préhension des produits est montée sur un mât d'élévation guidé par 8 roues en polyuréthane. Le mouvement vertical est assuré par un vérin hydraulique. La pince dispose d'un serrage hydraulique à 4 mors synchronisés entre eux par un dispositif à chaîne. Des vérins hydrauliques assurent le serrage de la pince avec réglage de la pression de serrage depuis le pupitre de commande. La rotation de la pince à 270° est réalisée par une moto réductrice asservie à un variateur de fréquence.
- La position angulaire de la pince est contrôlée par un codeur. La hauteur palettisée sur palettisée est de 1,5m.

- Un transfert à cliquets actionné par un moteur réducteur est piloté par un variateur de fréquence extrait les palettes des magasins à palettes et pousse les palettes chargés vers un quai à rouleaux. les magasins ont chacun une capacité de 20 palettes.
- Un premier quai à rouleaux actionné par un moteur réducteur est piloté par un variateur de fréquence reçoit les palettes chargé.
- Un deuxième quai à rouleaux actionné par un moteur réducteur est piloté par un variateur de fréquence regroupe les palettes deux à deux pour être positionnée sur le transpalette.
- Le groupe hydraulique : regroupe un réservoir d'une capacité de 300L. Equipé d'une pompe à débit fixe de 130L/mn, d'une pression de 100 bars entraîné par un moteur de 30KW, d'un accumulateur, d'un aéro-fregirant et d'une résistance de préchauffage à bêche d'huile.

### 1.6. Le chariot transbordeur

- **Le chariot transbordeur** à variation de vitesse comprend plusieurs éléments distincts :
- **Un chariot porteur** 2 roues motrices équipées d'un moteur réducteur-frein d'une puissance de 7.5 kW piloté par un variateur de vitesse à contrôle vectoriel de flux. Cette technologie permet une souplesse et précision dans la commande de la vitesse ainsi que l'accélération, la décélération ou le freinage quelque soit le couple supporté. Le frein est à manque de courant, car qu'il rentre en action dès que l'alimentation est coupée pour une raison quelconque.
- **Un chariot** porté 4 roues motrices, équipé d'une multi fourche pour le transport des planches et d'un moteur réducteur électro frein du même type que celui du porteur, piloté par le même variateur de vitesse. Un système de verrouillage mécanique permet de diriger la tension de sortie du variateur vers la moto réductrice du chariot porteur ou celui du chariot porté.
- **Le groupe hydraulique** indépendant pour la montée et la descente des multi fourches actionnées par un moteur électrique de 7.5 KW.
- L'alimentation électrique : 32 KVA soit 48 A en 380 V triphasé.
- Puissance du groupe hydraulique : 7,5 KW.
- Débit du fluide : 181L/min.
- Pression du fluide : 130 bars.
- Le chariot transbordeur possède un automatisme embarqué piloté par un automate programmable de type SCHNEIDER, associé à une interface de dialogue homme/machine PROFACE. Cet automate ainsi que son armoire de commande, est situé sur le chariot porté. L'alimentation électrique est assurée par un enrouleur actionné par un moteur de 0,37 KW.



- Le chariot transbordeur transporte les planches vers le bloc étuve, un bloc étuve dans lequel séjournent les blocs et qui assure prise et début de séchage. Sa capacité est telle qu'ils y séjournent environ 48 heures. Sa capacité est de 35 700 blocs.



Figure 9 : Chariot transbordeur

## 2. Unité Poutrelles

Dans cette unité on fabrique essentiellement des poutrelles avec des différentes formes (longueur et hauteur), c'est une unité automatisée, qui transforme le gravillon, le sable, le gravillon, le sable noir, et le ciment après mélange en poutrelle d'une robustesse et d'une maniabilité irréprochable.



Figure 10: unité poutrelle

### 3. Unité Centrale à Béton

Sur les sites de production du béton prêt à l'emploi ou sur les gros chantiers on utilise des centrales à béton, qui permettent de produire des grandes quantités de béton ;

Il existe nombreux types de centrale mais elles se caractérisent toujours par des composants communs :

- Un malaxeur verticale/Horizontale.
- Un dispositif de pesée des agrégats et du ciment.
- Un ou plusieurs silos de stockage de ciment.
- Des cuves de stockage adjuvants.
- Des éléments permettant de chargement des agrégats et du ciment (trémies et tapis roulants ou skip vertical à câble pour l'alimentation de stockage
- verticaux, rayons raclant).

Les centrales actuelles tels ce que possède MEKPREFAT sont équipées d'automates qui permettent la réalisation en continu de béton selon des formules préalablement saisies, tout en effectuent automatiquement des corrections de quantités d'eau en fonction de la teneur en eau des granulats.



Figure 11 : Unité centrale à Béton

## Chapitre III: Analyse des causes d'arrêt de production

---

*Durant ce chapitre nous avons pour objectif d'augmenter notre connaissance du processus afin de découvrir les causes de la performance insuffisante. À la fin de ce chapitre, on doit avoir une idée précise des sources d'insatisfaction et des paramètres qui devront être modifiés pour atteindre la performance attendue.*

---



# 1. Matière première - contrôle de qualité de sable

## 1.1 Matière première

Le béton est constitué de granulats (gravillons 3/8 + sable concassé), de ciment d'eau et d'adjuvants si nécessaire. Les quantités dépendent des formules qui ont été élaborées en fonction des blocs à réaliser et des caractéristiques des constituants.

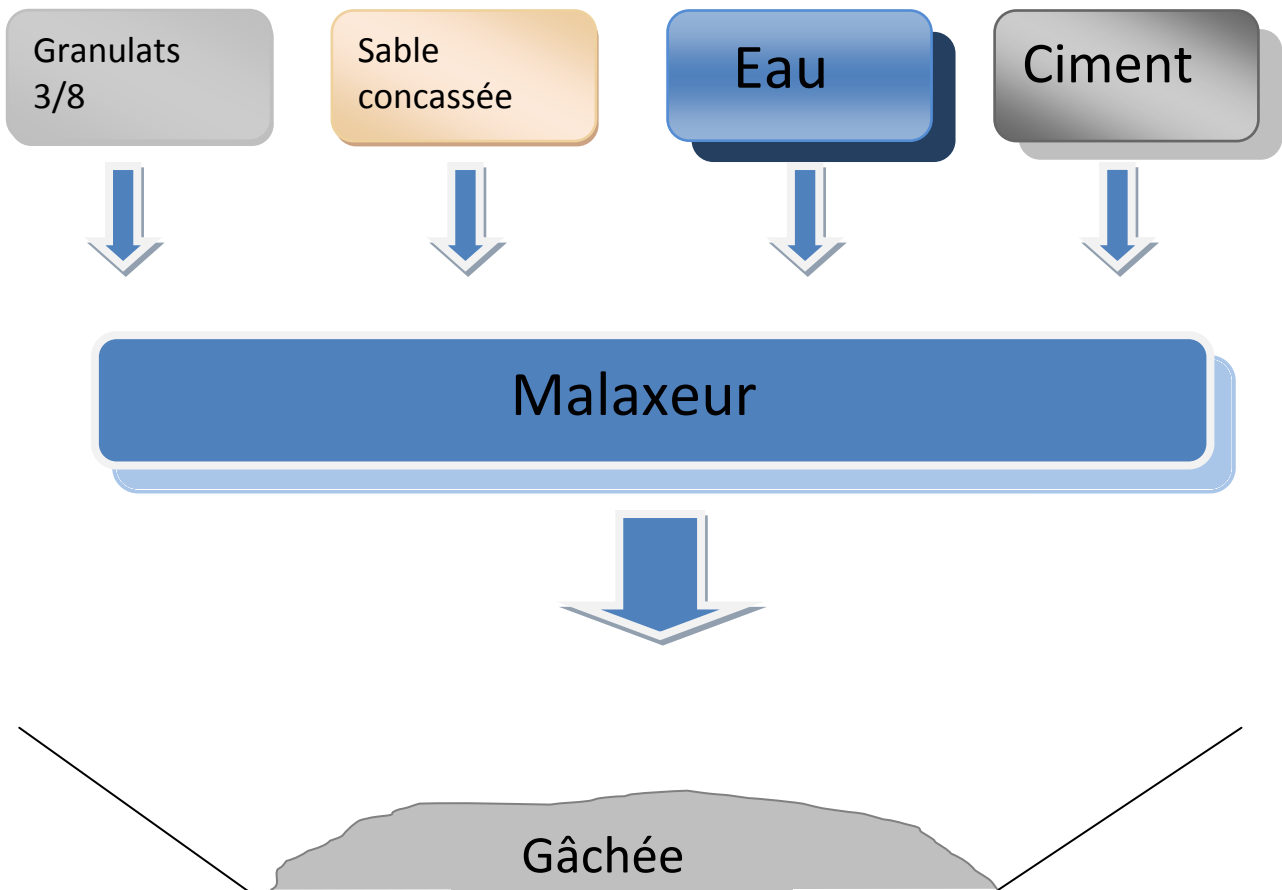


Figure 12 : Constituants du béton

## 1.2. Essai d'équivalent de sable

### Principe de l'essai

L'essai consiste à faire flocculer les éléments fins d'un sable mis en suspension dans une solution lavant puis, après un temps de mise au repos donné, à mesurer la hauteur des éléments sédimentés.

### Préparation des échantillons pour essai

L'essai s'effectue sur un échantillon de sable humide afin d'éviter les pertes d'argile. Il faut vérifier que les grains de sable ont bien un diamètre inférieur à 5 mm par tamisage.

Prélever un premier échantillon destiné à la mesure de la teneur en eau  $w$  avec la relation suivante :

$$W = \frac{M1-M2}{M2} \times 100$$

**M1** : mase en état humide de l'échantillon

**M2** : masse sèche de l'échantillon

Prélever deux échantillons destinés à l'essai d'équivalent de sable dont la masse de chacun en grammes est égale à **120 x (1 + w / 100)**.cette masse est appelée masse humide. Pratiquement elle varie entre 100 et 200g.

### Exécution de l'essai :

- Remplir l'éprouvette de solution lavante jusqu'au premier repère de 100 mm.
- Verser progressivement à l'aide de l'entonnoir, la prise d'essai dans l'éprouvette Laisser reposer 10 minutes  $\pm$  1 minute.
- Boucher l'éprouvette à l'aide du bouchon de caoutchouc et l'agiter par 90 cycles de 20 cm de course horizontale en 30 secondes, avec la machine d'agitation.
- Retirer ensuite le bouchon, le rincer avec la solution lavante à l'aide du tube laveur au-dessus de l'éprouvette, rincer les parois de l'éprouvette puis enfoncer le tube jusqu'au fond de l'éprouvette.
- Faire remonter les éléments fins, tout en maintenant l'éprouvette en position verticale en procédant de la manière suivante : l'éprouvette étant soumise à un lent mouvement de rotation, remonter lentement et régulièrement le tube laveur. Lorsque le niveau du liquide atteint le trait repère supérieur, relever le tube laveur de façon à maintenir le niveau de liquide à la hauteur du trait repère. Arrêter l'écoulement dès la sortie du tube laveur. Laisser reposer pendant 20 minutes  $\pm$  15 secondes.
- Mesurer à l'aide du réglel la hauteur ( $h_1$ ) du niveau supérieur du floculat par rapport au fond de l'éprouvette. Mesurer également la hauteur ( $h_2$ ) du niveau supérieur de la partie sédimentée par rapport au fond de l'éprouvette.
- Descendre doucement le piston dans l'éprouvette (pendant cette opération, le manchon coulissant prend appui sur l'éprouvette), jusqu'à ce qu'il repose sur le sédiment puis bloquer le manchon coulissant sur la tige du piston.
- Introduire le réglel dans l'encoche du manchon, amener le zéro contre la face inférieure de la tête du piston.
- Lire la hauteur ( $h_2$ ) du sédiment au niveau de la face supérieure du manchon.

Ces opérations sont schématisées ci-dessous: Recommencer ces opérations avec la 2e prise d'essai.

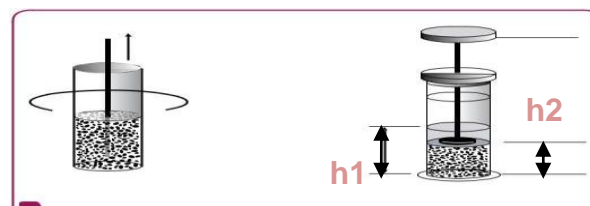


Figure 13 : Essai équivalent de sable



**Résultat :**

L'équivalent de sable ES exprimé en pourcentage est donné par la formule :

$$ES = 100 h2 / h1$$

**2. Les produits fabriqués par l'unité QUADRA :**



Désignation commerciale 20×20×50		
Article	Quantité (Unité/palette)	Poids unitaire (Kg)
Agglos	60	19,5



Désignation commerciale 15×20×50		
Article	Quantité (Unité/palette)	Poids unitaire (Kg)
Agglos	84	16



Désignation commerciale 12×20×50		
Article	Quantité (Unité/palette)	Poids unitaire (Kg)
Hourdis	96	13,5



Désignation commerciale 15×20×50		
Article	Quantité (Unité/palette)	Poids unitaire (Kg)
Hourdis	72	17



Désignation commerciale 20×20×50		
Article	Quantité (Unité/palette)	Poids unitaire (Kg)
Hourdis	60	20



Désignation commerciale 25×20×50		
Article	Quantité (Unité/palette)	Poids unitaire (Kg)
Hourdis	48	26

### 3. Processus de production

#### 3.1 Malaxage du béton:

Les éléments du mélange (béton) sont introduits dans le malaxeur. Les agrégats sont élevés au moyen du skip. Ils ont été pesés et transportés par le tapis peseur.

Le ciment est introduit au moyen d'un transporteur à vis d'Archimède. On y ajoute l'eau et les adjuvants si nécessaire. Le mélange ainsi réalisé est transporté par le tapis béton vers la presse de moulage.

### 3.2 Moulage des blocs:

Le moulage des blocs est assuré par la presse **QUADRA 10**. Le béton arrive par tapis dans une trémie située dans la partie supérieure de la machine. Il descend par gravité.

Une planche est placée sur la table vibrante qu'un moule vient recouvrir. Sa hauteur est supérieure de quelques centimètres à la hauteur finie des blocs manufacturés.

Un panier racleur amène au dessus du moule, une certaine quantité de béton pour le remplir. Pour être sûr du bon remplissage, la table vibre une première fois pendant quelques secondes. Ensuite le panier racleur recule et laisse place à un contre moule dont les formes en saillie épousent étroitement celle du moule.

Une deuxième phase de vibration peut alors s'exécuter pendant laquelle le contre moule commence par descendre à l'intérieur du moule pour aider à tasser le béton.

Sans vibration maintenant, le moule remonte, le contre moule assurant un parfait démoulage des blocs. La planche peut alors être évacuée et un nouveau cycle peut recommencer.

On peut voir, ci-dessous, le moule, la planche posée sur la table vibrante et deux des quatre moteurs qui assurent les vibrations.

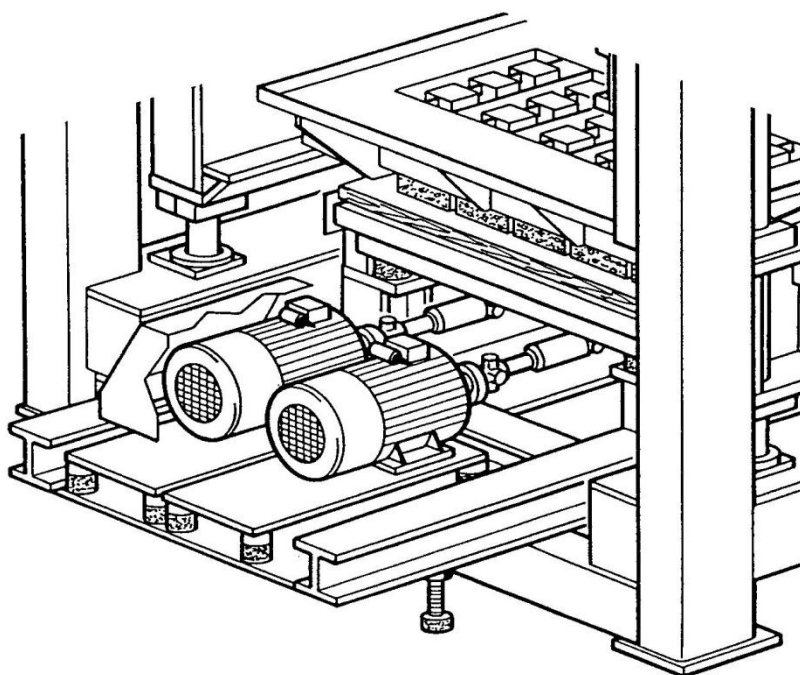


Figure 14 : Moteurs de vibration

Des dispositifs d'arrêt d'urgence sont disposés autour de la presse et dans le bâtiment.

### 3.3 Vibration modulable:

La vibration modulable est composée d'un vibreur à quatre lignes d'arbre avec chacune un balourd fixe et non réglable. Chaque ligne est entraînée individuellement, au moyen d'un cardan, par un moteur asynchrone triphasé de 7,5 kW. Les moteurs sont pilotés chacun par un variateur de vitesse UMV 4301, fonctionnant par contrôle vectoriel de flux, avec retour codeur (boucle fermée). Des cartes d'axes assurent les positionnements relatifs des arbres.

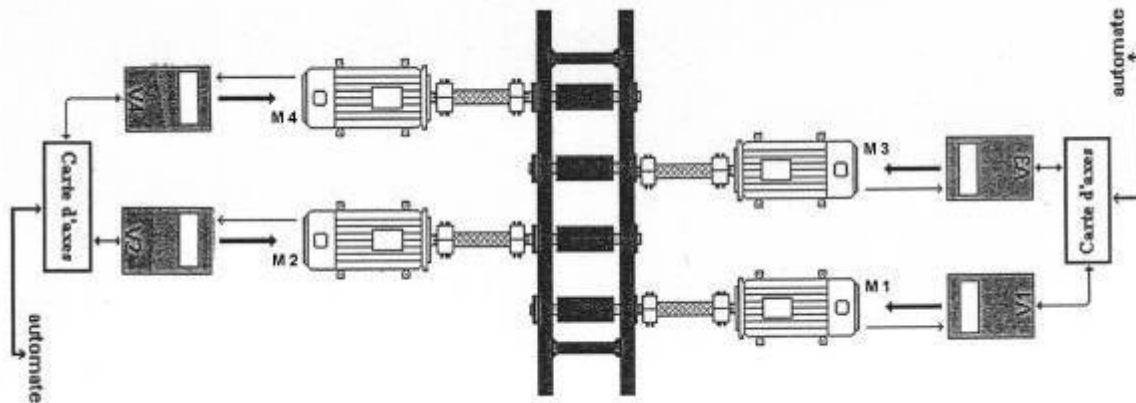


Figure 15 : Principe de vibration

### Principe de fonctionnement :

Les lignes 1 et 4 sont synchronisées entre elles, ainsi que les lignes 2 et 3. Les moteurs sont toujours en rotation à une vitesse de repli fixée par l'opérateur et les balourds sont en opposition, d'où une force résultante nulle sur la table.

Au moment de la vibration, les moteurs montent à la vitesse souhaitée, celle-ci atteinte, les balourds sont alors décalés :

- Les lignes 1 et 4 sont ralenties pendant 0,3 secondes
- Les lignes 2 et 3 sont accélérées pendant 0,3 secondes.

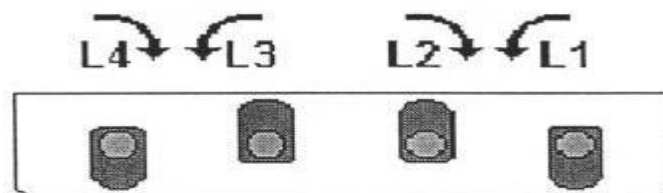


Figure 16 : les balourds

On obtient ainsi un décalage des balourds d'où l'apparition d'une force résultante non nulle.

Pour annuler la vibration, il suffit d'effectuer les mouvements inverses. La force maxi, pour une vitesse donnée, est obtenue lorsque les lignes 1 et 4 sont déphasées de 180 degrés par rapport aux lignes 2 et 3. Elle peut atteindre 160 000 N pour une vitesse de rotation des moteurs de 4000 tr.min-1

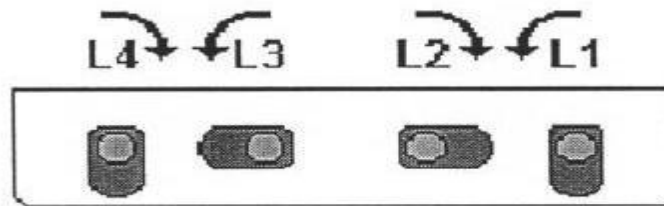


Figure 17 : décalage des balourds

## 4. Etude des causes d'arrêt de production

### 4.1 Identification de la problématique

La presse QUADRA est caractérisée par une capacité importante approchant 30 000 blocs en béton par 8 heures dans ses conditions optimales de fonctionnement. Ce chiffre reste théorique et reste loin d'être atteint et maintenu vu les différents aléas de fonctionnement que connaissent les installations industrielles. Ceci n'empêche qu'il soit possible et envisageable de l'approcher avec un taux élevé. Il est donc indispensable d'effectuer une analyse rigoureuse pour déterminer les principales causes influençant sur la production et d'entreprendre les actions adéquates permettant de les éliminer ou réduire leur effet.

De ce fait, une observation a été effectuée durant 20 jours du mois Avril et a permis de détecter les principales causes d'arrêt de la production de l'unité QUADRA qui sont :

- **Manque de ciment**
- **Arrêt de la presse**
- **Changement de moule**
- **Arrêt du Transbordeur**
- **Manque de sable concassé**
- **Arrêt du Skip**
- **Problème de transporteur**
- **Défaut sortie de palette**
- **Problème de malaxeur**

Une analyse de type Pareto est donc indispensable pour limiter le champ d'action et optimiser l'étude et les opérations à entreprendre. Dans ce qui suit seront explicités les éléments de l'étude Pareto qui vont être exploités par la suite pour déterminer les causes les plus marquantes des arrêts intenses.

### 4.2 Application de la méthode Pareto

#### 4.2.1 Première Etude Pareto : critère Fréquence des arrêts.

Le tableau ci-dessous résume les causes de l'arrêt de la production dans l'unité QUADRA pour un période de 20 jours repartis selon leurs fréquences :

Types d'arrêts	Nombres	Pourcentages	Totaux cumulatifs
Manque de ciments	9	31,03%	31,03%
Presse	6	20,69%	51,72%
Changement de moule	5	17,24%	68,97%
Transbordeur	2	6,90%	75,86%
Manque de sable concassé	2	6,90%	82,76%
Skip	2	6,90%	89,66%
Problème de transporteur	1	3,45%	93,10%
Défaut sortie de palette	1	3,45%	96,55%
Problème de malaxeur	1	3,45%	100%
<b>Somme</b>	<b>29</b>	<b>100,00%</b>	<b>100%</b>

**Tableau 2:** première étude Pareto

Après avoir rempli le tableau vient la phase de la représentation du diagramme Pareto afin d'avoir les causes critiques.

L'histogramme suivant présente le diagramme Pareto obtenu à partir du tableau ci-dessus :

**Diagramme de Pareto :**

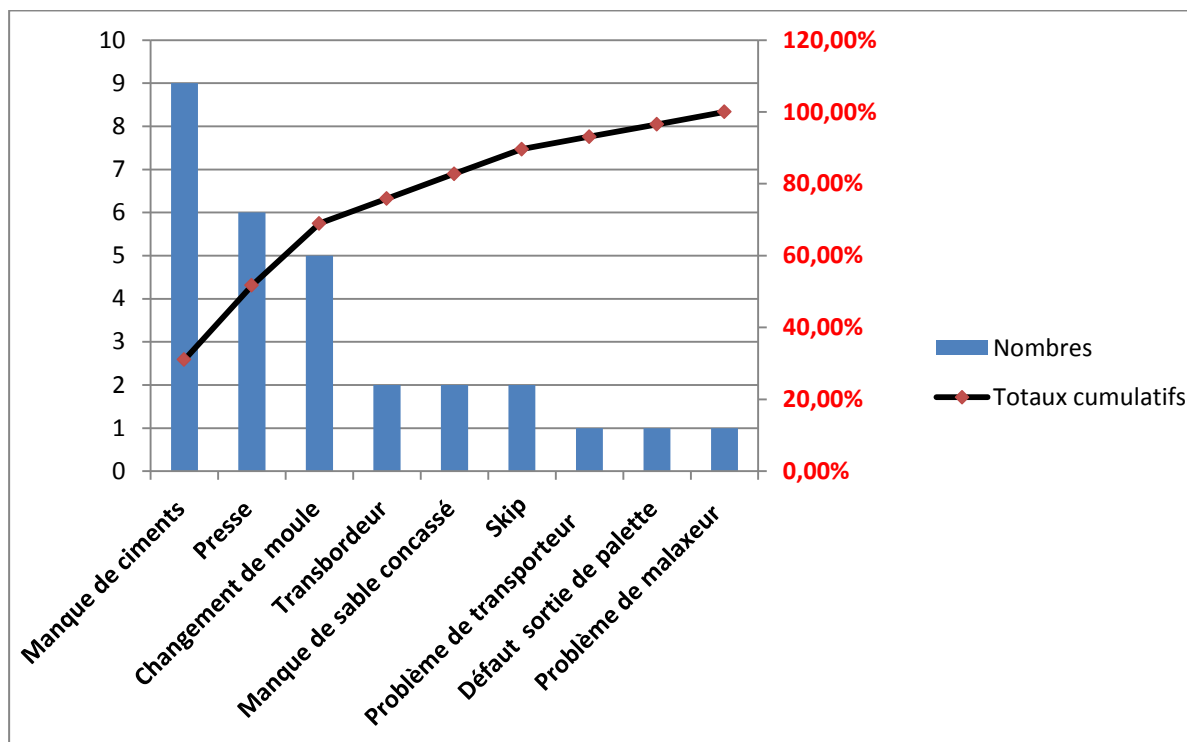


Figure 18: Diagramme Pareto première étude

L'analyse Pareto que nous traitons ici ne fait pas l'exemple parfait de la loi 20-80, vu que les voisinages de 20% des anomalies, qui correspond à 2 anomalies, ne cumule pas totalement 80% du total des nombres, mais restent à 52%, pourcentage important. Ceci dit, on peut baser le restant de l'analyse sur la loi 20-80 adaptée.

Les classes A, B, C sont donc :

**Classe A** : - Manque de ciment-Presses

**Classe B** : - Changement de moule

-Transbordeur

-Manque de sable concassé-Skip.

**Classe C** : - Problème de malaxeur

-Défaut sortie de palette

-Problème de transporteur.

#### 4.2.2 Deuxième Etude Pareto : critère temps des arrêts.

Afin de mieux déterminer les arrêts critiques, nous avons établi un diagramme Pareto basé sur les temps d'arrêts cumulés sur toute la durée de l'observation, les données nécessaires à l'élaboration de ce diagramme sont présentées dans le tableau ci-dessous :



Types d'arrêts	Temps d'arrêts (min)	Pourcentages %	Totaux cumulatifs
<b>Manque de ciments</b>	1260	38,43%	38,42%
<b>Presse</b>	927	28,27%	66,70%
<b>Changement de moule</b>	395	12,05%	78,75%
<b>Transbordeur</b>	240	7,32%	86,06%
<b>Skip</b>	150	4,57%	90,64%
<b>Manque de sable concassé</b>	127	3,87%	94,51%
<b>Problème de transporteur</b>	120	3,66%	98,17%
<b>Défaut sortie de palette</b>	30	0,91%	99,09%
<b>Problème de malaxeur</b>	30	0,91%	100%
<b>Somme</b>	3279	100%	100%

**Tableau 3:** deuxième étude Pareto

En se référant au tableau, nous pouvons déduire que les classes A, B et C sont identiques à celles trouvées lors de la première étude Pareto. Et comme le montre ces deux études les causes racines de la rupture de production sont : Manque de ciment et les dysfonctionnements liés à la presse.



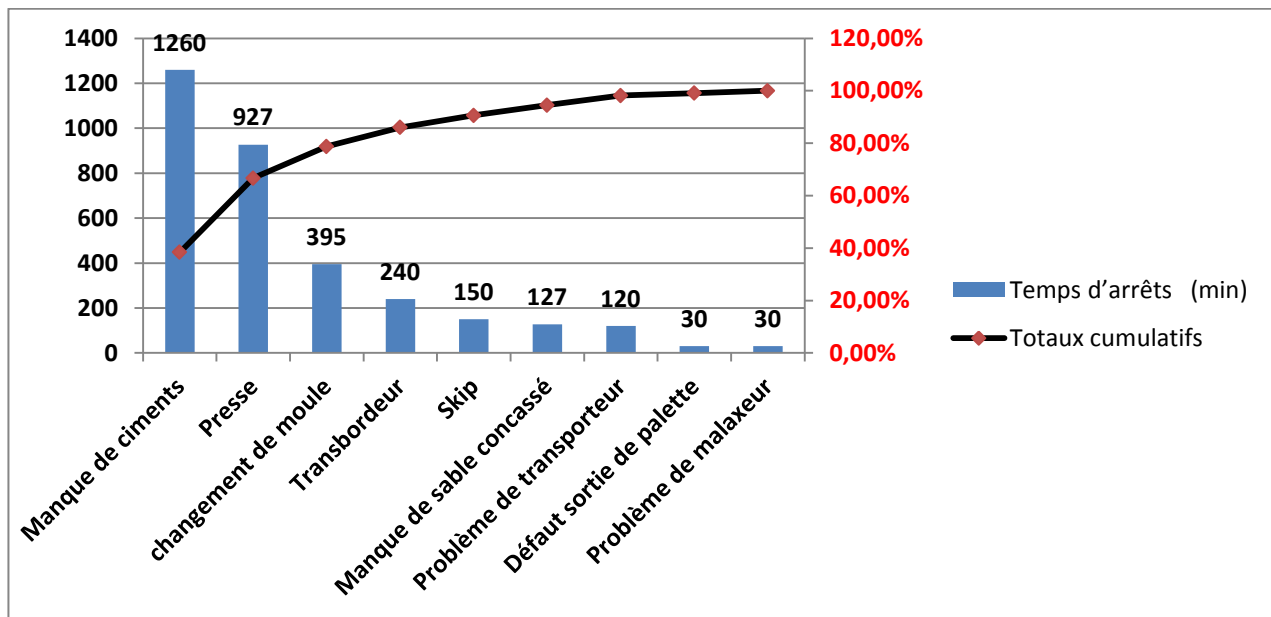


Figure 19: Diagramme Pareto deuxième étude

Il est donc impératif de tenir en compte en premier lieu de ces anomalies lors de la proposition de solutions, sans oublier le traitement des autres anomalies (de la classe B), car il se peut que les actions à y apporter soient plus performantes et économiques que celles apportées aux anomalies critiques et donc leur prise en compte sera d'une utilité considérable.

### 4.3 Solution

Les solutions proposées seront d'ordre organisationnel et technique. Ils varieront entre modifications sur les plans de maintenance, sur les méthodes de supervision, voire même sur la planification de production, et iront jusqu'à la conception et le dimensionnement de nouveaux équipements.

Pour les actions de type organisationnel et industriel productive (Changement de moule, Manque de ciments, Manque de sable concassé) seront traitées séparément dans un autre travail réalisé par d'autres stagiaires.

Nous nous sommes intéressés dans le cadre de ce projet à proposer des solutions pouvant réduire les arrêts liés à la presse, au chariot transbordeur et au skip.

Pour la presse et le chariot transbordeur nous avons établi des plans de maintenance préventive et corrective en vue d'un meilleur fonctionnement et d'une durée de vie optimale. Concernant le skip nous avons proposé d'en modifier l'ouverture à fin d'éviter le gaspillage de la matière première qui se fait actuellement.

### 4.4 Conclusion

Le chapitre précédent nous a permis de mieux comprendre les anomalies de la production. Le travail consistait à étudier la situation actuelle via des outils d'analyses des problèmes potentiellement causant l'arrêt de la production.

## Chapitre 4: Etude et proposition de Solutions

---

*Ce chapitre représente le point d'inflexion du projet où nous allons essayer d'apporter des solutions à l'arrêt de la presse QUADRA 10 et du chariot transbordeur et d'apporter des changements sur le système d'ouverture du Skip afin d'améliorer la productivité de l'unité QUADRA.*

---

## 1. Introduction

Nous avons proposé, comme solution pour diminuer le temps d'arrêt de la presse et du chariot transbordeur, des fiches de maintenance correctives qui indiquent les modes de défaillance, leurs causes éventuelles et les actions correctives. Ces fiches peuvent être affichées sur les machines pour faciliter aux opérateurs les entretiens nécessaires.

Nous avons aussi établi un plan de maintenance préventive de premier niveau pour ces deux machines en vue d'un meilleur fonctionnement et d'une durée de vie optimale.

Pour le skip nous avons proposé d'en modifier l'ouverture. Ce nouveau système d'ouverture va permettre de décharger la matière première en évitant le gaspillage qui se fait actuellement.

## 2. Maintenance corrective

### 2.1 Maintenance corrective de la presse

Avant de commencer le travail d'entretien(ou une réparation quelconque) enfoncer **ARRET PROGRAMME**. Et attendre l'arrêt du groupe environ 30 seconds. Puis, enfoncer **ARRET D'URGENCE**. Ensuite appliquer toutes les mesures de sécurité concernées.

**Système : Presse QUADRA 10**

**Sous-ensemble : Table de vibration**

Élément	Fonction	Mode de défaillance	Causes éventuelles	Actions correctives
<b>Réducteur</b>	Modifier le rapport de vitesse entre l'axe d'entrée et l'axe de sortie.	-Marche dégradée	-Défaillances des roulements	-Changement des roulements du réducteur
		-Marche dégradée	-Ressort cassé - Vis de réglage usé	-Changement du réducteur
<b>Arbres de transmission (Arbres de vibration)</b>	Transmettre la puissance sous forme d'un mouvement de rotation	-Mauvaise vibration -Blocs défectueux	désalignement des arbres.	-Ajustement d'arbres de la table de vibration
<b>Ejecteur planches</b>	Transporter les planches le long de la presse	-Planches bloqués	-Paliers	-Pressage des paliers de l'éjecteur

**Tableau 4: maintenance corrective de table de vibration**

### Sous-ensemble : Pilon presse

Élément	Fonction	Mode de défaillance	Causes éventuelles	Actions correctives
<b>Vérin double effet</b>	Transformer l'énergie hydraulique en énergie mécanique	-Fuite intérieur d'huile	Vieillessement ou rupture des joints du piston	-Changement des joints du piston du vérin
		-Fuite externe d'huile	-Rupture mécanique - Corrosion	-Vérifier l'état du vérin
<b>Distributeur hydraulique 4/3</b>	Distribuer la puissance au vérin	-Fuite sur les canalisations de raccordement	-Mauvaise sertissage des tuyauteries flexibles -Mauvaise serrage des raccords	-Vérifier les accords  -vérifier les tuyauteries

**Tableau 5:** maintenance corrective de pilon presse

## 2.2 Maintenance corrective du chariot transbordeur

### Système : Transbordeur

Élément	Fonction	Mode de défaillance	Causes éventuelles	Actions correctives
<b>Détecteurs de position et des fins de course</b>	Arrêter un mouvement automatique mu par un moteur électrique.	-Non détection de position	-Mauvais réglage -Capteur grillé -Mauvaise connexion	-vérifier, et le cas échéant, remplacer le capteur
<b>Câble d'alimentation</b>	Alimentation	-rupture du courant électrique	vieillessement ou rupture mécanique	-Changement de câble d'alimentation
<b>Réducteur</b>	Modifier le rapport de vitesse entre l'axe d'entrée et l'axe de sortie.	-Marche dégradée	-Ressort cassé - Vis de réglage usé	-Changement du réducteur
		-Marche dégradée	-Défaillances des roulements	-Changement des roulements du réducteur
<b>Appareils électriques (contacteur-disjoncteur – transformateur...)</b>	Commander, isoler et le circuit électrique	-Arrêt du système	-Appareils électriques grillés	-Vérifier, changer les appareils électriques
<b>Arbre de transmission</b>	Transmettre la puissance sous forme d'un mouvement de rotation	-Arrêt du chariot transbordeur	-usure ou corrosion de l'arbre	-vérifier l'état de l'arbre, changer si nécessaire

**Tableau 6:** maintenance corrective du chariot transbordeur

### 3. Maintenance préventive de premier niveau

En se basant sur la documentation du fournisseur, nous avons établi le plan de maintenance préventive du premier niveau. C'est une maintenance dans le but est de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou de la dégradation d'un service rendu.

Elle est dite de premier niveau lorsqu'il s'agit de certains réglages simples effectués par les opérateurs de la machine au moyen d'éléments accessibles sans aucun démontage ou ouverture de la machine. Mais une formation initiale de ces opérateurs reste indispensable pour l'effectuer efficacement.

### 3.1 Maintenance préventive de la presse

équipement	Opération	Fréquence
<b>Groupe hydraulique</b>	-contrôle des fuites	<b>1 f/j</b>
	-Vérifier la pression d'huile compressée du système de lubrification	<b>1 f/j</b>
	-Contrôler les paramètres de fonctionnement (Température et débit)	<b>1 f/j</b>
	-Vérifier le niveau d'huile du réservoir	<b>1 f/s</b>
	-Nettoyer les filtres	<b>1 f/m</b>
	-Nettoyer le carter et la centrale de lubrification	<b>1 f/m</b>
	-Nettoyer les refroidisseurs	<b>2 f/an</b>
<b>Vérins hydrauliques</b>	-Purger le vérin	<b>1 f/m</b>
	-Faire le graissage	<b>1 f/m</b>
	-Vérifier l'état du vérin	<b>1 f/m</b>
	-Changer les joints	<b>1 f/an</b>
<b>Roulements</b>	-Contrôler les jeux roulements	<b>2 f/an</b>
	-Vérifier les roulements, remplacer si nécessaire	<b>2 f/an</b>
<b>Convoyeurs</b>	-Sortir les convoyeurs, nettoyer et vérifier leur fonctionnement	<b>2 f/an</b>

**Tableau 7:** maintenance préventive de la presse

### 3.2 Maintenance préventive du chariot transbordeur

équipement	Opération	Fréquence
<b>Armoire</b>	-Nettoyer l'armoire (enlever la poussière)	<b>1 f/m</b>
	-Contrôler le niveau d'huile	<b>1 f/m</b>
<b>Paliers et roulements</b>	-Graissage et lubrification des paliers et des roulements	<b>1 f/m</b>
<b>Collecteur ou (rotor du moteur)</b>	-Vérification d'état du collecteur	<b>1 f/m</b>

**Tableau 8:** maintenance préventive du chariot transbordeur

## 4. Modification de l'ouverture du Skip

### 4.1 Présentation du Skip

Le skip est un chariot qui sert à la charge au transport de la matière première depuis le tapis peseur et à son décharge dans le malaxeur.



**Figure 20:** Skip en état de fonction

-**Masse** de la matière première portée  $M_{portée} = 2.5$  tonnes

-**Vitesse**  $V = 0.3$  m/s

-**Distance parcourue**  $L = 12$  m

-**Réducteur** : Rapport de réduction  $r = 0.021$

-**Moteur**: Puissance  $P = 11$  KW

-**Nombre de tours**  $N = 1480$  tr/min.

On a  $P = V' * F$  (avec  $V' = V / (V * r)$ )

$F = P / V' = 37.45$  KN (force produite par le moteur)

Alors la masse maximale que le moteur peut lever  $M_{max} = 3.6$  tonnes

## 4.2 Système actuel d'ouverture

Le cycle de fonctionnement de skip peut être décrit comme suit :

**Etape1** : le skip est vide et en position Basse,

**Etape2** : le skip plein se vide,

**Etape3** : le skip redescend en position Basse et le cycle s'arrête

Pour assurer ce fonctionnement le skip dispose de trois fins de course : fin de course position basse, position attente avant déversement et position haute.

Une fois arriver à la fin de course position haute le crochet de la porte du skip se met en contact avec un autre crochet du malaxeur. La porte donc s'incline et la matière première peut s'évacuer. Ce système d'ouverture n'est pas assez fiable vu que la matière première ne se vide pas totalement dans le malaxeur et tombe par terre.

## 4.3 Principe du nouveau système d'ouverture

Notre nouveau système consiste à décharger la matière première portée par le skip au malaxeur en utilisant seulement l'énergie mécanique. Le système est basé sur le principe du contre poids, il est constitué de deux portes, la première (porte lourde) est plus lourde que la deuxième (porte légère), reliées entre elles par deux câbles, portés par deux poulies. Le crochet attaché au malaxeur sert lors du contact avec l'autre crochet de la porte légère, à faire descendre cette porte, la descente de la porte légère provoque la montée de la porte lourde à l'aide du câble qui relie les deux portes, et grâce à la poche trouvée sur la porte légère la matière peut être évacuée vers le malaxeur.



## 4.4 Conception du skip sur CATIA V5

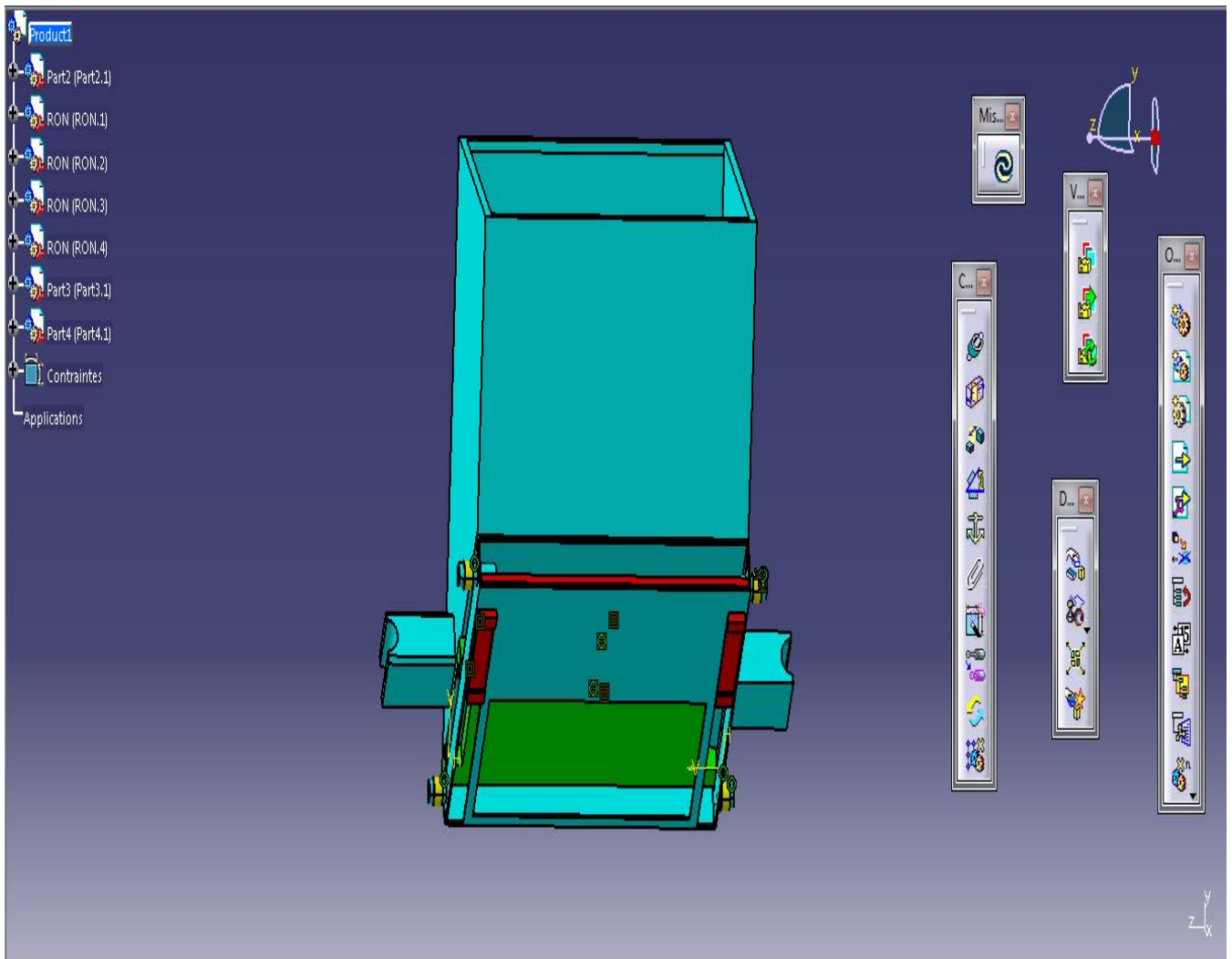


Figure 21: Dessin d'ensemble du skip

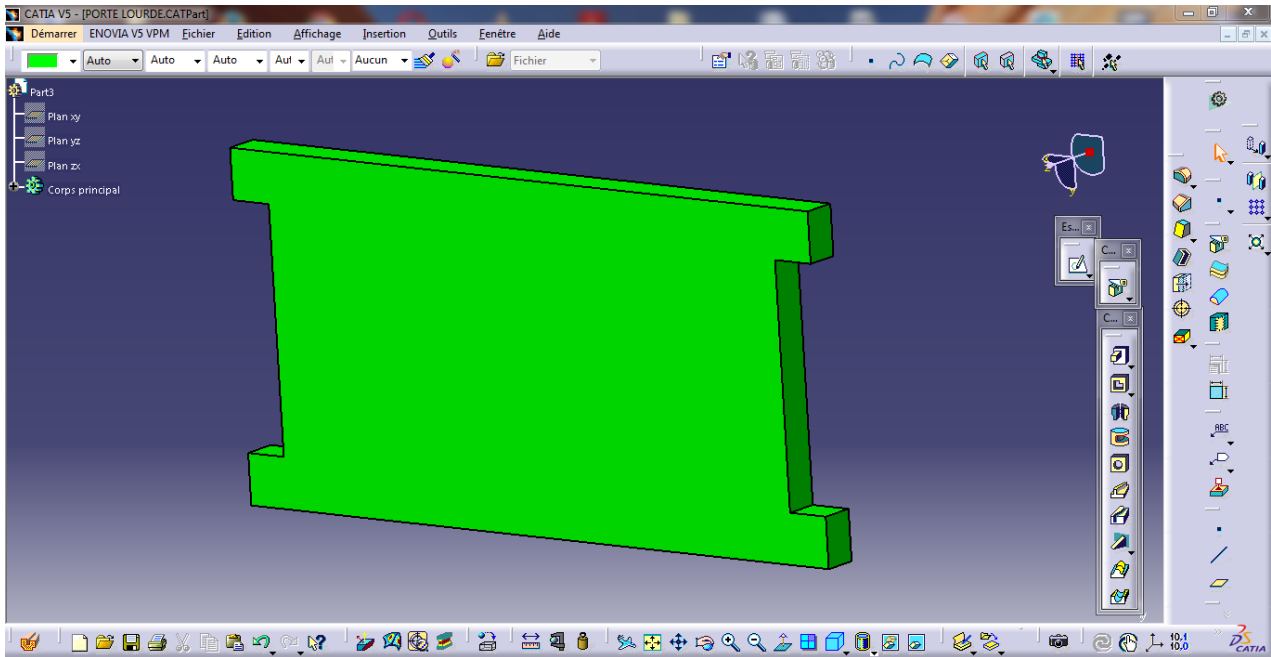


Figure 22: dessin porte lourde

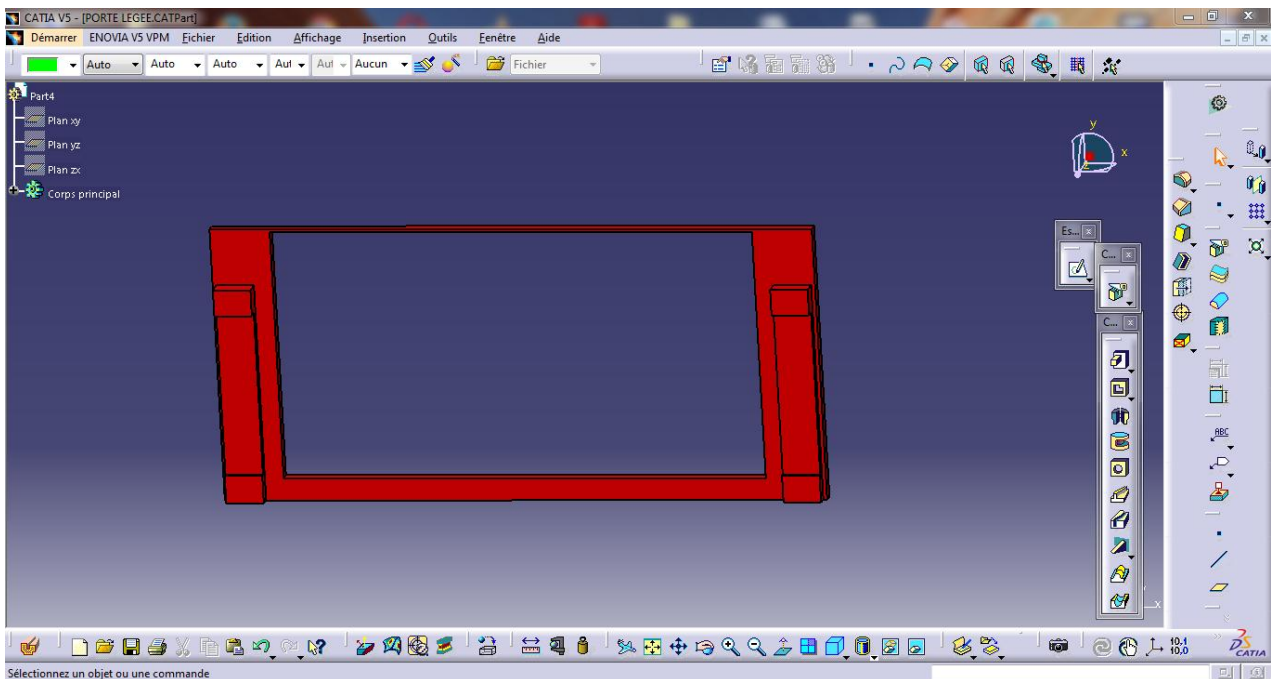


Figure 23: dessin porte légère

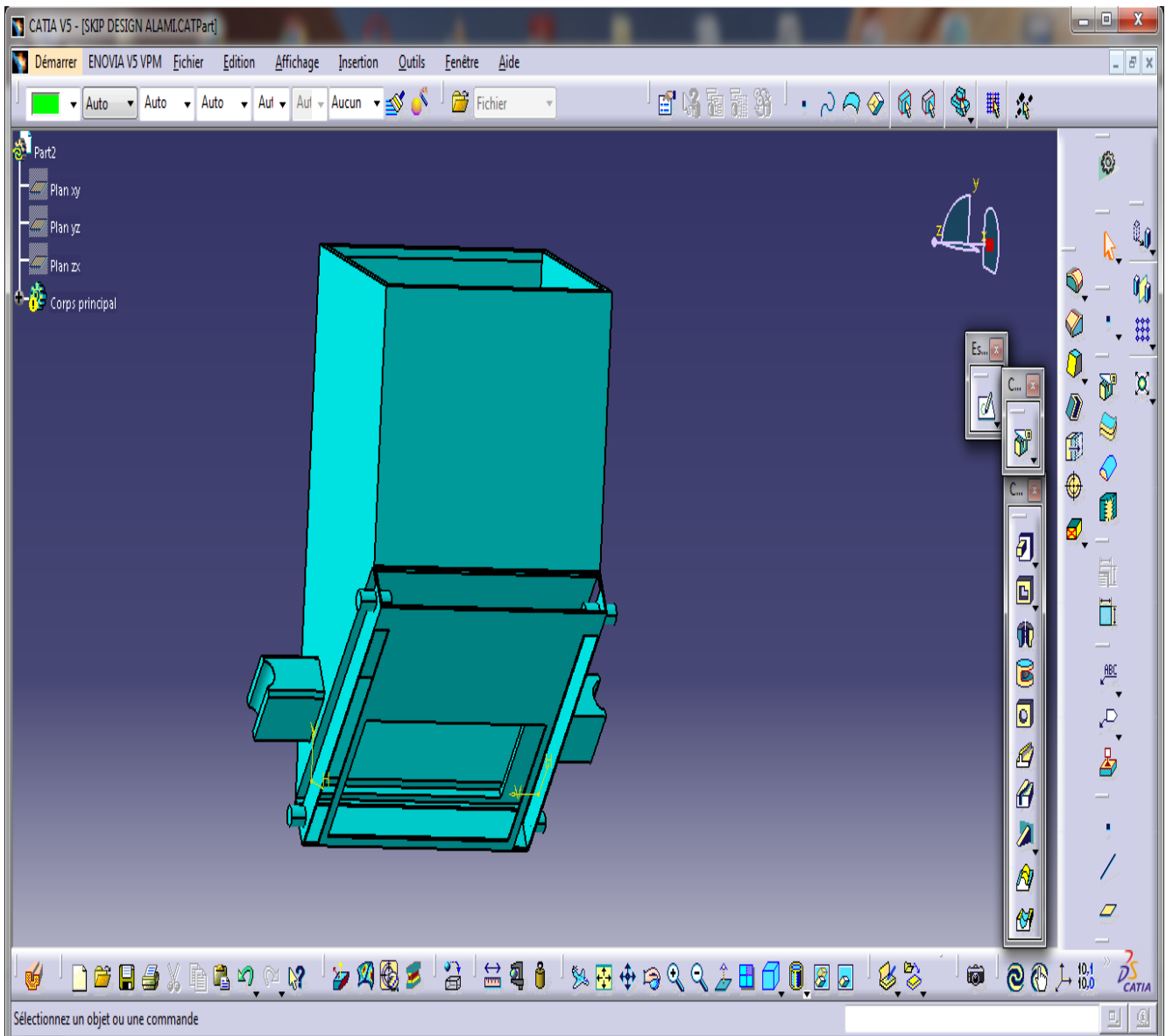


Figure 24: dessin châssis du skip

## 5. Conclusion générale

Ce stage nous a permis non seulement d'approfondir nos connaissances, mais d'acquérir une expérience extrêmement valorisante d'un point de vue personnel. Une expérience qui nous a permis d'avoir une vision claire sur les relations interpersonnelles au sein du monde professionnel.

Or, nous sommes très satisfaits d'avoir pu effectuer ce stage entouré de personnes compétentes qui ont su me guider dans mes démarches tout en nous laissant une certaine autonomie, d'avoir assister au déroulement des travaux et d'avoir travaillé dans le milieu industriel.

Au cours de notre stage technique nous avons été chargés de faire l'étude des causes d'arrêts de la production dans l'unité QUADRA en se basant sur la méthode Pareto, puis de proposer des solutions pour les réduire.

Une fois détecter les causes critiques nous avons été chargé de limiter les arrêts liés à la presse QUDRA 10, au chariot transbordeur et au skip auxquels nous avons recommandé les propositions suivants : Etablir des plans de maintenance corrective et préventive pour la presse et le transbordeur, puis modifier le système d'ouverture du skip.

Nous avons réalisé un dessin d'ensemble du skip sur CATIA V5 pour décrire ce nouveau système d'ouverture.

## 6. Référence

Documentations techniques MEKPREFAT  
Cours maintenance industrielle

### Sites web :

<http://quadra-concrete.com>

[www.mekprefat.net](http://www.mekprefat.net)