



## PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du :

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

### ETUDE DE FAISABILITE D'UNE UNITE DE FABRICATION DE CHARPENTES ET PYLONES METALLIQUES

Stage effectué au sein du groupe VINCI ENERGIES – CEGELEC Casablanca

Soutenu le 23 juin 2016

Par :

**Ibrahim Ghislain OUEDRAOGO**

Jury :

PR A. EL KHALFI  
PR B. HARRAS  
PR A. EL BARKANY

Encadré par :

- Pr A. EL KHALFI (FSTF)
- M. BOUCHFI (CEGELEC)

Année Universitaire : 2015-2016

# Remerciements

*Je remercie tout d'abord Allah le miséricordieux pour la santé, la force et le courage qu'il m'a donné afin de parvenir à l'accomplissement de ce stage de fin d'étude.*

*Je tiens à remercier particulièrement Monsieur Omar TALBI chef d'entreprise Export, premier responsable des lignes THT et structures métalliques de la filiale OMEXOM pour m'avoir accordé ce stage au sein de son entreprise ;*

*Mes sentiments de reconnaissance vont à l'égard de Monsieur El KHALFI, mon professeur de suivi à la FST des Fès pour son apport durant ce stage et pour la bonne rédaction de ce présent rapport. Je remercie par la suite le chef de filière CMI Pr El BARKANY ainsi que tout le corps professoral pour avoir bien voulu partager avec nous leurs savoirs et connaissances durant ce cycle de formation d'ingénieur ;*

*J'exprime ma gratitude à Monsieur BOUCHFI Mohamed, chef de l'atelier charpente métallique, pour la considération qu'il a eu à mon égard en m'accordant sa confiance dans toutes les tâches de responsabilité sur lesquelles j'ai travaillé, pour avoir malgré son emploi du temps très chargé, pu m'accorder du temps pour l'aboutissement de ce stage.*

*J'exprime par la suite mes sentiments de reconnaissance à M. AAQUIL RADOUANE, chef de fabrication, à M. Youness BENHABOU et M. Youness ZAHOUTE, respectivement responsable BDM et qualité, à toute l'équipe de l'ATC qui a su m'accueillir à bras ouverts dans la société et a facilité mon séjour par leur esprit d'équipe, leur dynamisme et leur complicité.*

*Enfin je remercie toutes ces personnes qui ont donné cœur et âme pour m'accompagner, me motiver, m'encourager dans le but que ce stage soit une réussite*

# Table des matières

Remerciements.....	i
Table de Matières .....	ii
Liste des tableaux.....	v
Liste des figures .....	vi
Liste des acronymes .....	vii
Avant-propos.....	viii
Introduction générale .....	1

## I<sup>ère</sup> Partie : Présentation de l'entreprise

<b><u>Chapitre I : Présentation générale</u></b> .....	<b>02</b>
Introduction.....	03
I. Historique .....	03
II. VINCI ENERGIE.....	03
1. ACTEMIUM.....	03
2. AXIANS.....	04
3. CEGELEC .....	04
4. EXPROM FACILITY.....	04
5. GRANIOU.....	05
6. OMEXOM.....	05
III. Organigramme de l'ATC .....	06
Conclusion .....	06
<b><u>Chapitre II : Processus de production</u></b> .....	<b>07</b>
Introduction.....	07
I. Typologie des pylônes .....	07
1. Types de pylônes .....	07
2. Composition d'un pylône.....	08
II. Processus de production.....	09
Conclusion .....	09

## II<sup>ème</sup> Partie : Implantation du parc machine

<b><u>Chapitre I : Dimensionnement des équipements</u></b> .....	<b>13</b>
Introduction.....	13
I. Analyse des données .....	13
1. Décomposition par pylône.....	13

2. Répartition des pylônes .....	15
II. Détermination des machines .....	16
1. Caractérisation .....	16
2. Méthode de calcul des temps .....	17
3. Choix du type de machine .....	21
4. Détermination du nombre de machine.....	23
5. Parc machine.....	24
Conclusion .....	24
<b>Chapitre II : Flux de passage de la matière .....</b>	<b>25</b>
Introduction.....	25
I. Implantation des machines.....	25
II. Implantation existante.....	25
III. Proposition de flux de production .....	27
1. Concept 1 .....	27
2. Concept 2 .....	29
3. Concept 3 .....	31
4. Concept 4 .....	33
5. Concept 5 .....	35
6. Comparaison des concepts .....	37
Conclusion .....	38
 <b>III<sup>ème</sup> Partie : DIMENSIONNEMENTS</b>	
<b>Chapitre I : Dimensionnement des locaux.....</b>	<b>13</b>
Introduction.....	13
I. Entrepôt MP - PF .....	13
1. Matière première.....	13
1.1. Cornières.....	15
1.2. Charpentes .....	15
1.3. Goussets.....	15
1.4. Fers plats.....	15
2. Produits finis .....	15
2.1. Visserie .....	15
2.2. P-F.....	15
II. Dimensionnement de l'atelier.....	16
1. SMN.....	16

2. SMC.....	17
3. Section goussets.....	21
4. Section charpentes.....	23
5. Manutention .....	24
Conclusion .....	24
<b>Chapitre II : Génie civil .....</b>	<b>53</b>
Introduction.....	53
I. Couverture de l'atelier .....	53
1. Poutrelles classiques.....	53
2. Bardage.....	55
II. Etude de cas : ATC - CI.....	56
III. Construction agglo - béton .....	57
Conclusion .....	57
<b>Chapitre III : Unité de galvanisation.....</b>	<b>53</b>
Introduction.....	53
I. Définitions .....	53
II. Principes chimiques.....	56
III. Processus de galvanisation .....	57
IV. Avantages de la galvanisation.....	61
Conclusion .....	61
Conclusion générale .....	62
Bibliographie et Références .....	63
Lexiques .....	64
Bibliographie et Références .....	63
<b>Annexe 1 : Conception sur CATIA V5 .....</b>	<b>66</b>
<b>Annexe 2 : Etude économique .....</b>	<b>73</b>
<b>Annexe 3 : Algorithme Excel .....</b>	<b>77</b>
<b>Annexe 3 : Caractéristiques des équipements.....</b>	<b>81</b>

# Liste des figures

Figure 0 : Siège VINCI Energies Maroc.....	02
Figure 1 : Pylône 1T.....	07
Figure 2 : Pylône 2T.....	08
Figure 3 : Structure d'un pylône .....	08
Figure 4 : Cornière .....	08
Figure 5 : Gousset .....	08
Figure 6 : Jonction .....	08
Figure 7 : Section de l'atelier.....	09
Figure 8 : Atelier existant .....	26
Figure 9 : Concept 1 : sections.....	27
Figure 10 : Concept 1 : Flux de matière .....	28
Figure 11 : Concept 1 : silhouette 3D.....	28
Figure 12 : Concept 2 : Sections.....	29
Figure 13 : Concept 2 : Flux de matière .....	29
Figure 14 : Concept 2 : Silhouette 3D.....	30
Figure 15 : Concept 2 : Modèle d'exemple .....	30
Figure 16 : Concept 3 : Sections.....	31
Figure 17 : Concept 3 : Flux de matière .....	32
Figure 18 : Concept 3 : vue 3D.....	32
Figure 19 : Concept 4 : Flux de matière .....	33
Figure 20 : Concept 4 : Sections.....	34
Figure 21 : Concept 4 : Silhouette 3D.....	34
Figure 22 : Concept 5 : Section.....	35
Figure 23 : Concept 5 : Flux de matière .....	36
Figure 24 : Concept 5 : Silhouette 3D.....	36
Figure 25 : Concept 5 : Flux de manutention.....	37
Figure 26 : Fardeau de MP.....	46
Figure 27 : Entrepot de stockage cornières .....	46
Figure 28 : Entrepot de stackage MP .....	47
Figure 29 : Barres de limitation d'accès .....	48
Figure 30 : Entrepot de stockage PF .....	48
Figure 31 : Section machines CNC.....	49
Figure 32 : Section gousset .....	50
Figure 33 : Section charpente .....	50
Figure 34 : Manutention par pont roulant.....	51
Figure 35 : Terminologie de charpente et bardage.....	53
Figure 36 : Différentes structures métalliques .....	54
Figure 37 : Bardage.....	55
Figure 38 : ATC couvert par bardage.....	56
Figure 39 : Hangar parking.....	56
Figure 40 : Agglo .....	57
Figure 41 : Batiment administratif .....	57
Figure 42 : Usine ATC-CI.....	57
Figure 43 : Bain de galvanisation .....	58

# Liste des tableaux :

Tableau 1: Spécification du besoin 225 kv .....	11
Tableau 2: Spécification du besoin 22 kv.....	11
Tableau 3: Décomposition des cornières .....	13
Tableau 4: Décomposition des fers plats.....	13
Tableau 5: Décomposition des goussets.....	14
Tableau 6: Pourcentage des cornières et fers plats par pylone.....	14
Tableau 7: Décomposition des goussets et visseries par pylone .....	15
Tableau 8: Répartition des pylones 225 kv .....	15
Tableau 9: Répartition des pylones 22 kv.....	15
Tableau 10: Répartition des charpentes .....	16
Tableau 11: Temps d'opération des machines numériques.....	17
Tableau 12 : Temps d'opération des machines conventionnelles.....	18
Tableau 13: Temps d'usinage de chaque machine par an .....	21
Tableau 14: Simulation des machines .....	22
Tableau 15: Parc machine .....	24
Tableau 16: Tableau comparatif des concepts.....	38
Tableau 17: Répartition des pylones 225 kv .....	41
Tableau 18: Répartition des pylones 22 kv .....	41
Tableau 19: Besoin 225 kv.....	42
Tableau 20: Besoin 22 kv .....	42
Tableau 21: Fiche de commande des fardeaux.....	43
Tableau 22: Cornières à stocker par mois .....	44
Tableau 23: Charpentes à stocker par mois.....	44
Tableau 24: Feuilles de toles à stocker par mois .....	45
Tableau 25: Fers plats à stocker par mois .....	45
Tableau 26: Visserie .....	47
Tableau 27: Moyens de manutention .....	52
Tableau 28: Profils standards .....	54
Tableau 29: Epaisseurs minimales de revêtement.....	59

## Liste des Acronymes

ATC.....	Atelier Charpente Métallique
BE.....	Bureau d'Etude
BDM-BM.....	Bureau des Méthodes
CGEE.....	Compagnie générale d'entreprises électriques
GEC.....	Général Electric Company
KV.....	Kilovolt
LGV.....	Ligne à grande vitesse
MP.....	Matière première
MSC.....	Machines Simples Cornières
PGg.....	Produit fini galvanisé
PFn.....	Produit fini noir ou non galvanisé
PR.....	Pont roulant
S ch.....	Section Charpente
SMN.....	Section Machines Numériques
CNC.....	Commande numérique calculateur
AGBT.....	Armoire générale basse tension
TGBT.....	Tableau général basse tension
MT.....	Moyenne tension
HT.....	Haute tension
Tht.....	Très haute tension
CC.....	Cahier de charge



## **AVANT PROPOS**

En vue de faire correspondre théorie et pratique, la FST de Fès prévoit durant le cycle d'ingénieur trois (03) stages à effectuer en entreprise. Le premier étant un stage d'initiation d'une durée d'un mois, le second un stage technique de deux (02) mois et le dernier correspondant à un projet de fin d'étude de quatre (04) mois.

Ce dernier vient en but de compenser la formation reçue durant les trois années et ainsi de permettre à l'étudiant renforcer sa vision de l'occupation d'un ingénieur mécanicien dans une entreprise. Cette expérience acquise est un pré requis pour la vie professionnelle future, elle nous aide à lier des relations professionnelles et à faire une correspondance entre nos connaissances théoriques reçues durant l'année académique et les réalités sur le terrain.

Cette étape de la formation a pour objectif de répondre aux besoins des entreprises en compétences dans plusieurs domaines et de rendre les futurs diplômés capables d'occuper des fonctions clé dans le secteur industriel pour ensuite évoluer vers des postes de responsabilité. Pour cela il est de la responsabilité de chaque étudiant de se trouver une entreprise dans laquelle il réalisera son projet de fin d'étude.

Ainsi, nous avons trouvé suite à un entretien effectué lors d'une journée porte ouverte organisée au sein de leur groupe à Casablanca, la société CEGELEC du groupe français VINCI énergie laquelle nous avons effectué notre stage de fin d'étude du 01<sup>er</sup> Février au 01<sup>er</sup> Juin 2016.

Ce présent rapport développe les tâches et responsabilités assumées dans cette entreprise durant cette période.

# Introduction Générale

L'accès à l'électricité est devenu une nécessité au fil des années et est devenu un atout incontournable dans le développement de tout un pays. Les budgets et les moyens alloués donc à ce volet ne cessent d'augmenter afin de couvrir le maximum de région tant au Maroc qu'en Afrique subsaharienne. L'Afrique est le continent le moins doté en matière d'électrification. Le chemin à parcourir est encore long. Certains pays africains ont une longueur d'avance par rapport à d'autres. C'est le cas notamment du Maroc qui a achevé l'électrification des grandes villes et est sur le point de finir l'électrification rurale entamée depuis le début des années 2000.

L'Afrique subsaharienne est la zone qui présente le taux d'électrification le plus bas des régions en développement avec seulement 31% en moyenne et plus de 600 millions de personnes vivant sans électricité. Plusieurs raisons peuvent expliquer ce retard mais ces dernières années des efforts sont consenties pour améliorer l'accès à l'électricité. Les investissements humains et matériels affectés aux réseaux électriques sont énormes.

L'acheminement de l'électricité depuis la source (barrage hydroélectrique ou centrale thermique) jusqu'aux populations nécessite un réseau important de pylônes.

Le groupe Vinci Energie fort de son expérience au Maroc dans ce domaine de transport d'énergie élargie son domaine d'action en Afrique subsaharienne. Avec plusieurs marchés dans la sous-région, les moyens utilisés pour le transport de cet énergie (pylônes électriques, moules de poteaux en béton etc...) sont jusqu'à présent fabriqués à Casablanca et exportés dans ces pays ; Les marchés qui du jour au lendemain se voient augmenter considérablement ont contraint les responsables du département d'export du groupe à envisager l'installation d'une unité de production dans un pays de la sous-région pour permettre d'être plus proche des clients et de leurs chantiers. Ainsi, l'idée ayant été défendue devant qui de droit, une étude de faisabilité de cette unité de fabrication de pylônes et charpentes métalliques s'impose. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet de fin d'étude au sein de la société.

Pour mener à bien ce travail, nous avons repartie l'étude en plusieurs chapitres dont les principaux points sont :

- Le dimensionnement des équipements de production
- L'amélioration du flux de production
- Le dimensionnement des moyens de manutention
- Le dimensionnement des locaux
- L'étude économique

En plus de ces points, nous avons proposé les perspectives suivantes :

- Une possibilité d'extension de la capacité de production de l'usine,
- L'installation d'une unité de galvanisation pour le traitement surfacique des produits qui seront fabriqués et une étude électrique.

Ce présent rapport présente un résumé complet de tous ces points traités durant quatre mois de stage servant de projet de fin d'étude.

Ière Partie :

# Présentation de l'entreprise



Fig. 0 : Siège VINCI ENERGIE Maroc

# Chapitre I : Présentation générale

## Introduction

Ce chapitre fait une brève présentation du groupe VINCI Energie à l'échelle internationale puis nationale, son secteur d'activité et ses différentes filiales implantées au Maroc, le parcours qu'a suivi CEGELEC depuis sa création jusqu'à son rachat par le groupe VINCI.

## I. Historique

Après le développement qu'a connu le secteur de l'énergie électrique, l'embryon de Cegelec a pris forme en 1913 sous le nom de CGEE (Compagnie générale d'entreprises électriques).

**1913** : Création de la CGEE, holding d'entreprises électriques, pour installer les réseaux, lignes, postes et centrales électriques nécessaires à l'électrification de la France.

**1971** : Naissance de la CGEE Alsthom, qui, ayant englobé la SGE (Génie civil, bâtiment, travaux industriels, services électriques), devient l'entreprise électrique la plus importante d'Europe, avec 13 000 employés et un chiffre d'affaires de près d'un milliard de francs.

**1989** : Entrée de GEC (General Electric Company) dans le capital de CGEE Alsthom avec transfert de ses activités de contrôle industriel. CGEE Alsthom prend le nom de Cegelec.

**1998/2000** : Cegelec est racheté par Alstom et devient Alstom Contracting.

**2001** : Le secteur Contracting d'Alstom, racheté en LMBO par ses dirigeants et salariés avec le soutien d'investisseurs, reprend le nom de Cegelec

**2008** : Rachat de Cegelec par Qatari Diar, groupe international de projets urbanistiques et immobiliers, filiale du fonds souverain Qatar Investment Autorité.

**14 avril 2010** : Entrée en vigueur du partenariat stratégique entre Qatari Diar et VINCI. Cegelec devient filiale à 100 % de VINCI.

## II. VINCI ENERGIES

Le groupe VINCI Energies rassemble 63.000 professionnels qui interviennent au service des collectivités publiques et des entreprises pour déployer, équiper, faire fonctionner et optimiser leurs infrastructures d'énergie, de transport et de communication, leurs sites industriels et leurs bâtiments. Il intervient depuis l'ingénierie et la réalisation jusqu'à la maintenance et l'exploitation. Le maillage de ses 1600 entreprises, alliant service de proximité et dynamique de réseau, permet à VINCI Energies de proposer des solutions à la fois locales et globales. Ces différents travaux offerts par le groupe sont subdivisés en plusieurs départements.

### 1. ACTEMIUM

Les acteurs de ce département conçoivent, réalisent et maintiennent des process et des sites industriels afin



d'améliorer l'avantage compétitif et la performance de ses clients. Fonctionnant en réseau et au plus proche des clients, elles proposent des solutions « globales » répondant aux attentes de l'industrie. Actemium est experte en conduite et contrôle des procédés, en génie électrique, en génie mécanique et en génie thermique. Elle intervient dans de nombreux secteurs d'activité, et exerce ses métiers sur l'ensemble du cycle de vie des sites industriels, de la phase de conception à la maintenance en passant par l'ingénierie et l'exécution.

## 2. AXIANS

Axians est un département de Vinci énergies spécialisé dans les prestations d'intégration des infrastructures réseaux et systèmes et dans les services associés dédiés aux systèmes d'informations. Ce département œuvre dans les activités suivantes :



❖ Etude et conseil : Le conseil est un volet fondamental du rôle de l'intégrateur. Axians aide ses clients à se repérer dans le dédale des offres commerciales des constructeurs et éditeurs de solution de communication en comprenant leurs besoins et en bâtissant une solution sur-mesure.

❖ Intégration : À chaque client sa solution personnalisée qui, une fois définie, doit être mise en œuvre. Axians capitalise sur des partenariats forts avec de nombreux constructeurs et éditeurs de solution de communication dont les certifications valident notre savoir-faire en matière d'intégration.

❖ Maintenance et exploitation : Le changement est une constante dans le domaine de la technologie et chacun s'y prépare pour pérenniser sa solution technologique. Axians a imaginé une gamme de services qui optimise la durée de vie, les mises à jour et les performances de votre infrastructure de communication.

## 3. CEGELEC

Cegelec Maroc, un acteur incontournable sur le marché de l'énergie existe depuis 1946. Leader sur le marché marocain, et filiale du groupe VINCI depuis 2010, ce département conçoit, installe et maintient des systèmes dans l'industrie, les infrastructures, le tertiaire et les télécommunications. Les activités de Cegelec Maroc se déploient dans 3 grands domaines technologiques :



- ❖ Energie électrique
- ❖ Technologies de l'information et de communication
- ❖ Génie climatique

## 4. EXPROM FACILITY

Cette filiale garantit la pérennité des patrimoines immobiliers de ses clients en privilégiant la sécurité et le confort des occupants.



Son activité s'articule autour des quatre métiers suivants :

- ❖ Le facility management : assurer la maintenance des équipements et la gestion des services à l'immobilier
- ❖ La gestion locative : mise en location des unités industrielles, des bureaux et des commerces
- ❖ Le syndic de copropriété : gérer l'immeuble en copropriété et ses équipements collectifs
- ❖ La gestion des logements de vacances : appartenant à des organismes sociaux publics ou privés.

## 5. GRANIYOU

Au cœur des grandes évolutions (déploiement de la 4G et du FTTH, mutualisation des réseaux), Graniyou, spécialiste des infrastructures télécoms est un partenaire de confiance des opérateurs, équipementiers, collectivités locales et gestionnaires d'infrastructures.



L'expérience du réseau Graniyou des grandes problématiques des infrastructures télécoms lui permet de proposer à ses clients une expertise pointue basée sur des offres globales.

- ❖ Déploiement réseaux fixes
- ❖ Déploiement réseaux mobile
- ❖ Exploitation maintenance

## 6. OMEXOM

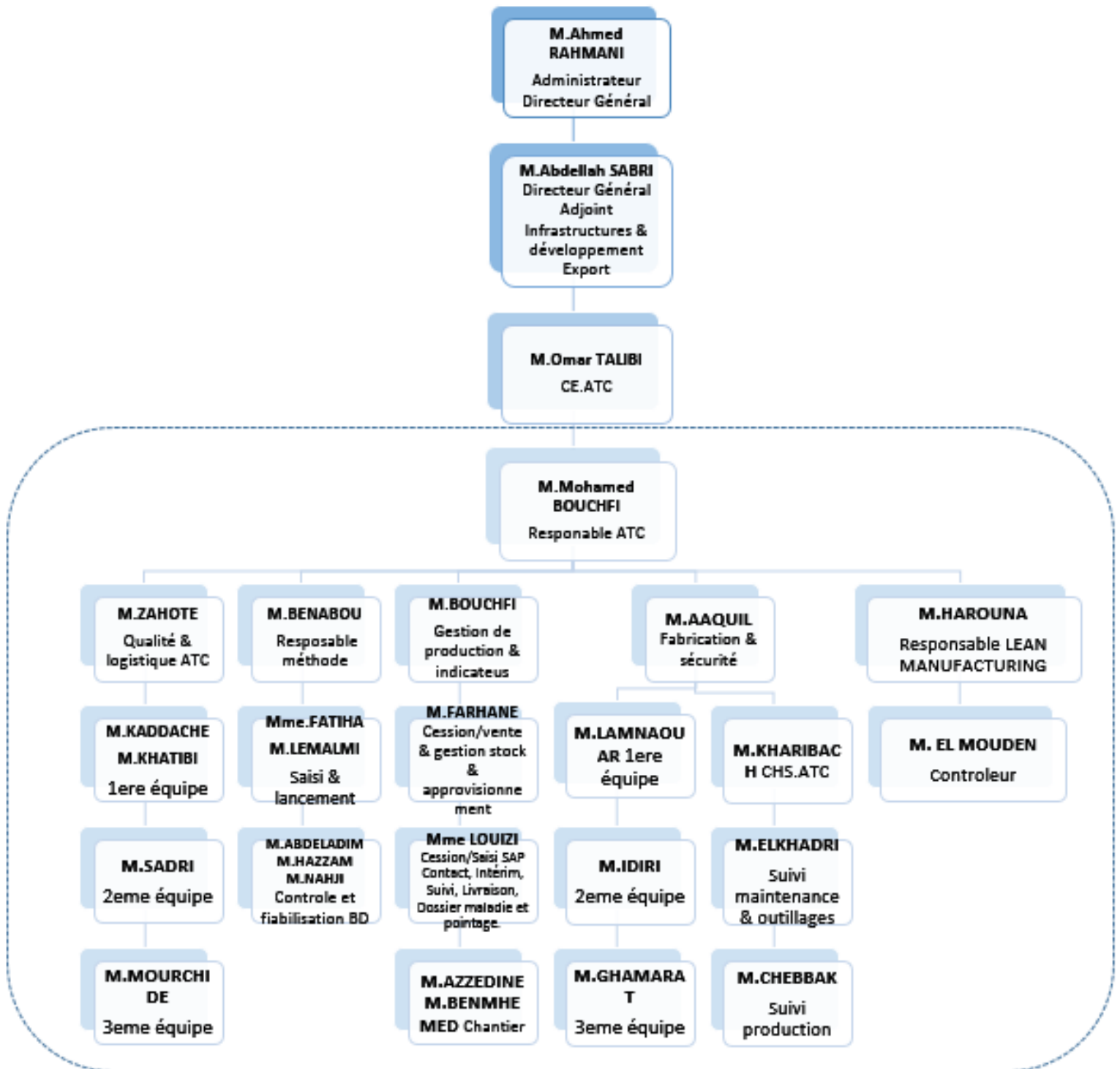
Omexom est spécialisé dans les projets de production, transport, transformation et distribution d'électricité. Il apporte son expertise dans la conception, réalisation et maintenance d'ouvrages de production, transport, transformation et distribution d'électricité. La construction des réseaux électriques haute tension et très haute tension est l'un des domaines d'excellence d'Omexom. Les principaux clients de la marque sont des gestionnaires de réseaux d'électricité. Couvrant toutes les étapes de la construction des lignes aériennes et souterraines, Omexom accompagne ses clients en offrant un service personnalisé pour chaque projet. Omexom est également une référence dans la mise en œuvre dans les stations de transformation d'électricité : ses installations sont optimisées en termes de sécurité et sont bien intégrées dans leur environnement.



Cette filiale contient ainsi un bureau d'étude composé d'ingénieurs et de techniciens qualifiés dans les divers domaines intervenant dans ce département (Ingénieurs mécaniciens, électriciens, génie civil, etc...) qui se charge de l'étude et des réponses des offres de la clientèle Une fois un marché acquis, ce bureau simule l'installation de la ligne et déduit les le types et nombre de pylônes à fabriquer pour le projet et le notifie dans un cahier de charge bien définit puis le passe à l'ATC pour la fabrication, avec mention des délais de livraison. L'ATC à son tour fourni les études et analyses nécessaires, repartit les taches pour chaque service et lance ainsi la production tout en établissant un plan de suivi pour respecter les délais souhaités du BE.

C'est dans ce département OMEXOM que nous avons effectué notre stage.

### III. Organigramme ATC



### Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons résumé en quelques points une brève présentation du groupe VINCI Energies, de ses filiales et du département OMEXUM dans lequel notre stage s'est déroulé. Dans le chapitre suivant sera présenté d'une façon globale le processus de production des pylônes et charpentes métalliques de l'ATC.

## Chapitre II : Processus de production

### Introduction

Ce chapitre présente les types de pylônes et charpentes produits, leurs structures et leurs processus de fabrication dans l'ATC allant de la réception du cahier de charge du BE jusqu'à la livraison sur le chantier, passant par la commande et réception de la MP, l'usinage sur les machines, le traitement de surfaces et les contrôles qualités.

### I. Typologie des pylônes

#### 1. Types de pylônes

Les pylônes de transports d'électricité varient en typologie en fonction de la puissance de l'énergie à transporter (MT, HT, THT). Les pylônes produits dans l'ATC Casablanca sont du type un (01) ou deux (02) ternes, une ou deux phases et en fonction de leur position sur la ligne du trajet sont affectés au types de pylône A – N – L – S – T : Ces lettres définissent la position du en fonction de l'aspect des lieux, l'aspect de l'environnement et des efforts de sollicitation, les contraintes climatiques, etc...

- **Les pylônes de type S** : Ces pylônes sont utilisés dans les extrémités c'est-à-dire au début et à la fin de la ligne de transport. Ce sont des pylônes qui supporte de grands efforts.

- **Les pylônes de type L ou N** : Ce sont des pylônes d'alignement utilisés dans les lignes droites. Le type N étant plus rigide, il est implanté après un certain nombre de pylônes de types L et son principal rôle est de limiter les dégâts lors d'un accident ou d'un écroulement par exemples de la ligne.

- **Les pylônes de type A** : Ces pylônes sont appelé pylônes d'angle. Ce sont des pylônes utilisés lors de changement de trajectoire ou de direction d'un angle faible.

- **Les pylônes de type T** : C'est un type de pylône également utilisé lors des changements de trajectoire avec un angle important.

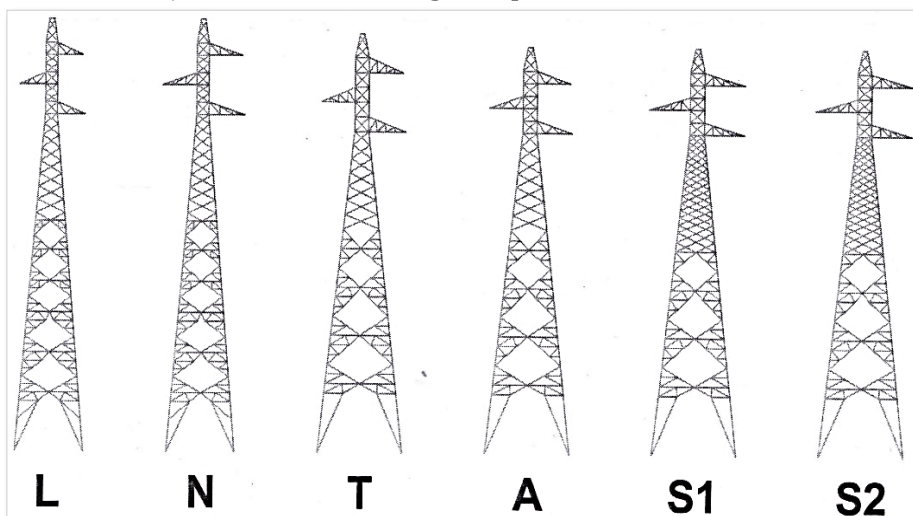


Fig.1 Pylône 1T1P – 1T2P



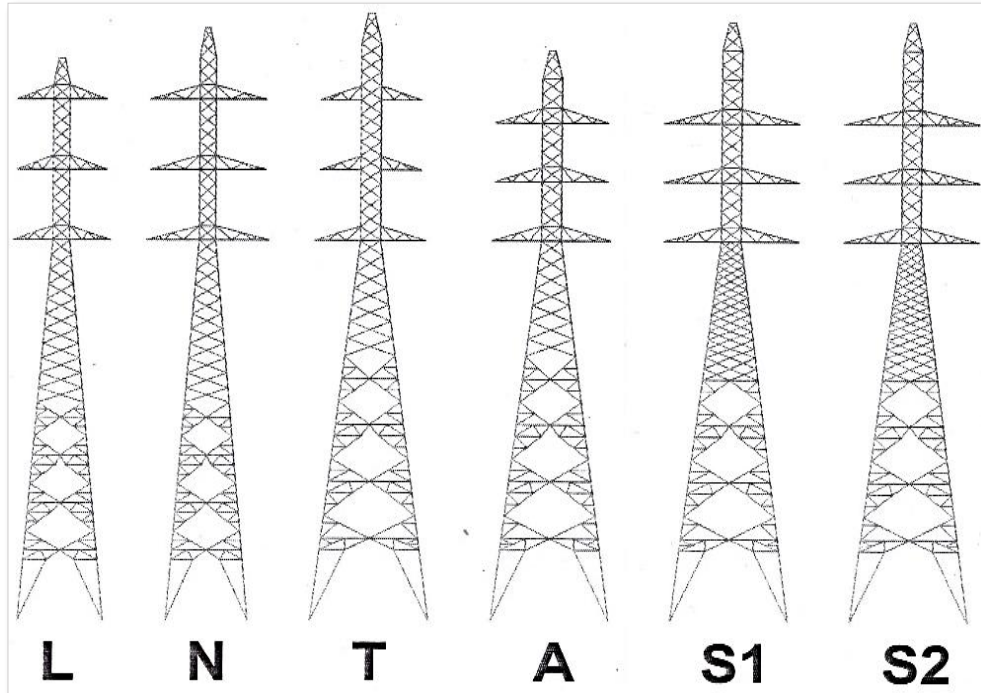


Fig.2 : Pylône 2T1P – 2T2P

## 2. Composition d'un pylône

Un pylône généralement est composé des étapes suivantes : Chevalet, Tronçon, Console, Pied. Les nombre et dimensions des tronçons, des consoles et des pieds varient en fonction du type de pylônes et de sa hauteur. La composition squelettique elle comporte : des cornières, des goussets, des fers plats et les boulonneries (vis – écrous – rondelles).

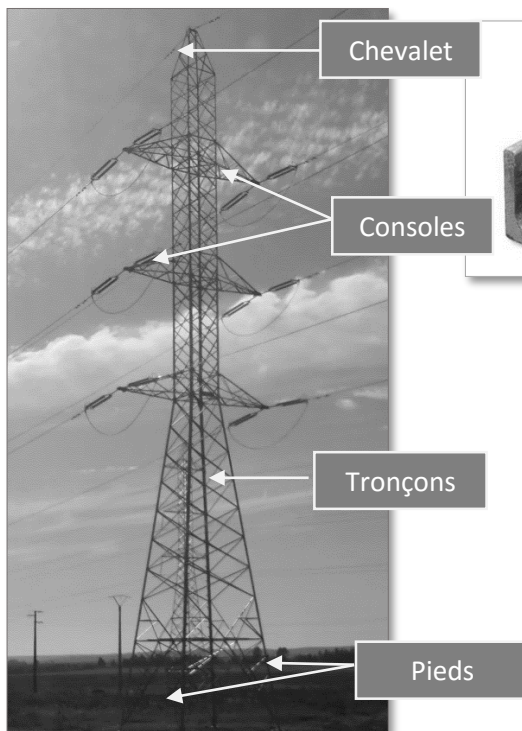


Fig.3 : Structure d'un pylône

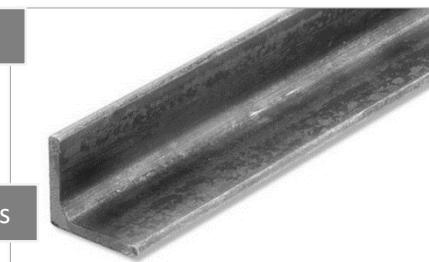


Fig.4 -Cornière



Fig.5- Gousset

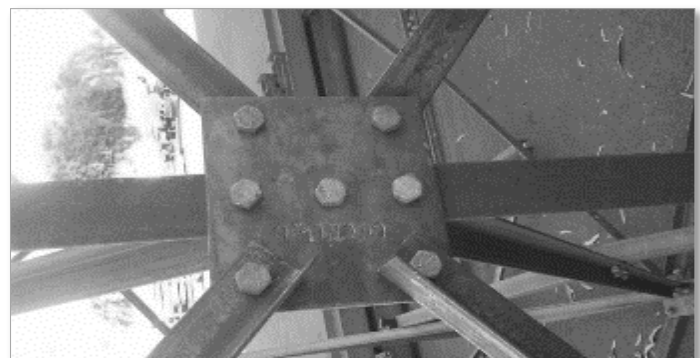
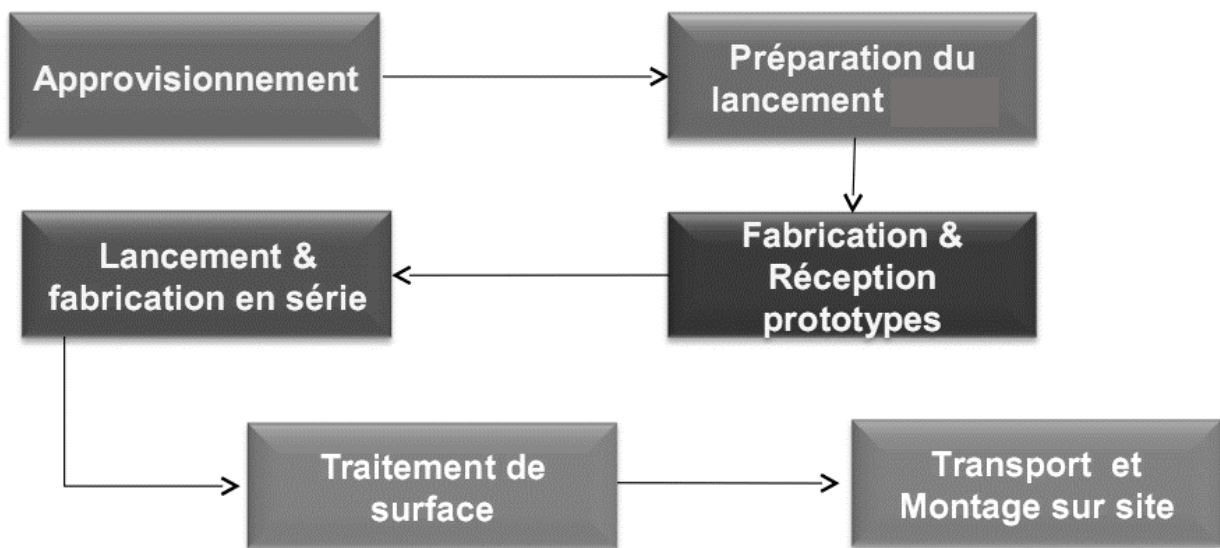


Fig.6- Jonction : Cornière + Goussets + Boulons

## II. Processus de production :

Ce processus débute dès la réception du cahier de charge du BE. Après analyse de ce CC, les responsables de l'atelier et des différentes sections planifient et répartissent les tâches de chaque service. Le service approvisionnement reçoit le besoin en MP du BDM et se charge de lancer et réceptionner les commandes dans les délais. La phase de préparation du lancement est jalonnée par les contrôles nécessaires pour la préparation de la fabrication. Ensuite, on passe à la fabrication d'un prototype d'abord puis au lancement en série. Toutefois la fabrication terminée de l'atelier, les produits sont traités superficiellement pour être protégés des infections externes (Galvanisation, métallisation, peinture, etc...) ; La dernière étape consiste au montage sur le chantier.



## Conclusion

Les principales opérations réalisées sur les pièces (cornières + goussets + fers plats) se résume : Poinçonnage, Marquage, cisailage, grugeage, burinage, délardage, pliage perçage, sciage, soudage. Ces opérations sont réparties sur des machines numériques CNC, des machines conventionnelles, des machines d'oxycoupages et des matériels de soudage.

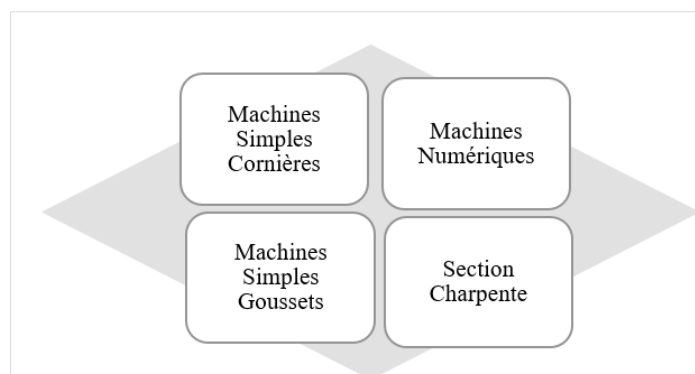


Fig.7- Sections de l'atelier

## Chapitre III : Problématique

### Introduction

Lors de ce stage, il nous a été confié d'effectuer une étude de faisabilité d'une unité de fabrication de pylônes et de charpentes métallique ; cette unité vise à être installées dans un pays de l'Afrique de l'Ouest, plus probablement entre la Côte d'Ivoire et le Cameroun où le groupe possède un grand pourcentage du marché d'électrification rurale. Nous avons ainsi reformulé ce sujet dans un CC en tenant compte de toutes les contraintes (clients, environnement, normes etc...) et l'avons fait valider avant d'entamer l'étude.

### I. Besoin du client.

CEGELEC Maroc vise installer des filiales dans d'autres pays, surtout de l'Afrique de l'ouest. Donc une étude de faisabilité s'impose. L'entreprise veut une étude détaillée sur la faisabilité d'une unité de fabrication des pylônes et armements métallique de types L, S, A, N, T etc... supportant des lignes de 22KV, 60KV, 225K/400KV, un dimensionnement précis et justifié des équipements de fabrication, du matériel de contrôle, des locaux, des équipements de manutention, et une optimisation du flux de production.

L'objectif visé par cette étude est :

- D'établir au bout, un parc machine complet, nécessaire et suffisant pour permettre la production.
- Ensuite, proposer une implantation optimale des machines et des sections les contenant (MP, PF, atelier, sections), tout en tenant compte de la facilité de manutention, du passage sans gêne des engins de levage, de transport etc...
- De faire ressortir en fin étude un cahier comportant une usine optimisée.

### II. Clients

Les clients concernés par l'activité cette usine sont principalement les compagnies fournisseurs d'électricité, les projets d'électrification rurale et les compagnies de téléphonie mobiles.

### III. Contraintes

#### 1. Contraintes clients

- Les pylônes et armements métalliques doivent être capable de supporter des températures ambiantes comprises entre  $-5^{\circ}\text{C}$  et  $+55^{\circ}\text{C}$ , supporter une humidité de 90% à  $20^{\circ}\text{C}$  et être insensible aux effets de la condensation, de la pluie, des variations brusques de température, et du rayonnement solaire.
- Les intervalles de tolérances accordées sur les différentes dimensions fabrications imposées par le client doivent être respectés ;
  - La qualité de l'assemblage doit être respectée : Qualité de soudage, type de soudage utilisé, le boulonnage...
  - Sur chaque pièce doit être marqués les informations du produit.
  - Le type de protection métallique imposé doit être respecté

## 2. Contraintes de l'entreprise

- Capacité de production :
  - 225 KV 1 T : 3000 tonnes / an ;
  - 225 KV 2 T : 800 tonnes / an ;
  - 22KV : 1000 tonnes / an ;
  - Charpente : 200 tonnes / an ;
  
- Capacité de stockage :
  - Matière première : Pour la production d'un mois
  - Produit fabriqué : Pour la production d'un mois
  - Boulonnerie/Visserie : Consommation d'un mois

## IV. Spécification du besoin

Famille	Type	quantité
2T1P N	N23	46
	N24	1
	N27	2
	N28	1
2T1P T	T24	2
2T1P A	A23	6
	A25	1
2T1P S1	S1-17	1
	S1-18	1
	S1-20	1
2T1P S2	S2-19	1
2T1P S2M	S2M58	3

Tab.1- 225 kv

Désignations	Quantité
AB I	250
AC I	250
AD I	100
AE I	20
AFG I	5
AB II	150
AC II	150
AD II	150
AE II	10
AFG II	10
AB III	50
AC III	50
AD III	50
AE III	5
AFG III	5
AB IV	10
AC IV	10
AD IV	10
AE IV	2
AFG IV	2
AB V	2
AC V	2
AD V	2

Tab.2- 22kv

## Conclusion

Ce chapitre détaille le travail qui nous a été chargé de réaliser dans ce projet de fin d'étude ; chaque étape franchie est validée suite à une présentation devant les acteurs responsables de l'entreprise avec explication convaincante de la procédure suivie pour arriver au résultat. Dans le chapitre suivant, nous abordons la partie de détermination du parc machine.

II<sup>ème</sup> Partie :

# Implantation du parc machine

# Chapitre I : Dimensionnement des équipements de production

## Introduction

Dans ce présent chapitre, il est question d'établir une liste complète des machines qui seront utilisées pour la production des pylônes et charpentes métalliques dans l'atelier. Pour ce nous allons expliquer la procédure utilisée pour y arriver et donner le parc machine complet trouvé.

### I. Analyse des données

#### 1. Décomposition par pylône

Une fois notre cahier de charge validé, nous avons entamé l'analyse des documents. Il s'agit de la nomenclature de chaque type de pylônes (11 types). Cette analyse a consisté à éclater le squelette de chaque type de pylônes pour comprendre dans un premier temps la composition. Dans cet éclatement figure tous les caractéristiques dimensionnels et d'usinage présents sur la pièce (nombre de pièce du même repère dans le pylône, les diamètres et nombres des trous de perçages, le trusquinage, les opérations supplémentaires, etc...

Description	Quantité	Longueur unitaire	Poids unitaire	Longueur totale	Poids total	Repère	Nb Diam.	Diam. min	Diam. max	Diam. de perçage	Nb trusq.	Trusq. min	Trusq. max	Opérations supplémentaires	Nbre de trous de perçage	Nbre de caractère de marquage
L60X5	4	4064	18,57	16256	74,28	TRONCON3	1	18	18	18	2	33	38	GRUGEAGE	5	21
	4	3034	14,14	12376	56,56	CHEVALET	2	14	18	14-18	2	30	40	GRUGEAGE	10	22
	2	1814	8,23	3628	16,58	TRONCON1	1	18	18	18	1	30	30	RAS	6	21
	4	2301	10,52	9204	42,08	TRONCON1	1	18	18	18	1	30	30	RAS	7	21
	28	1130	5,16	31640	144,5	TRONCON1	1	18	18	18	1	30	30	GRUGEAGE	2	22
	4	1126	5,15	4504	20,6	TRONCON1	1	18	18	18	1	30	30	GRUGEAGE	2	22
	8	116	0,53	928	4,24	TRONCON1	1	14	14	14	1	34	34	RAS	4	22
	4	106	0,48	424	1,92	TRONCON1	2	14	18	14-18	2	36	40	RAS	4	22
	4	2301	10,52	9204	42,08	TRONCON1	1	18	18	18	1	30	30	GRUGEAGE	7	22
	4	2502	11,43	10008	45,72	TRONCON2	1	18	18	18	1	30	30	GRUGEAGE	5	22
	4	2360	13,53	11840	54,12	TRONCON2	1	18	18	18	1	30	30	GRUGEAGE	5	22
	4	3272	14,35	13088	59,8	TRONCON2	1	18	18	18	1	30	30	GRUGEAGE	3	22
	4	3641	16,64	14564	66,56	TRONCON2	1	18	18	18	1	30	30	GRUGEAGE	3	22
	4	4444	20,31	17776	81,24	TRONCON3	1	18	18	18	2	27	38	GRUGEAGE	5	21
	4	4864	22,23	19456	88,92	TRONCON3	1	18	18	18	1	30	30	GRUGEAGE	5	22
	4	3338	15,53	13532	62,12	TRONCON3	1	18	18	18	2	30	38	GRUGEAGE	5	23
<b>TOTAL</b>				<b>188488</b>	<b>861</b>											
L60X4	1	1383	5,14	1383	5,14	CONSOLEINFERIEURE	1	18	18	18	1	30	30	RAS	2	21
	1	1502	5,56	1502	5,56	CONSOLEINFERIEURE	1	18	18	18	1	30	30	RAS	2	21
	1	1183	4,4	1183	4,4	CONSOLEINFERIEURE	1	18	18	18	1	30	30	RAS	2	21
	1	2401	8,88	2401	8,88	CONSOLEINFERIEURE	1	14	14	14	1	30	30	RAS	2	21
	2	1446	5,35	2892	10,7	CONSOLE SUPERIEURE	1	18	18	18	1	30	30	RAS	2	21
	2	1502	5,56	3004	11,12	CONSOLE SUPERIEURE	1	18	18	18	1	30	30	RAS	2	21
	2	1232	4,55	2464	3,1	CONSOLE SUPERIEURE	1	18	18	18	1	30	30	RAS	2	21
	2	2363	8,77	4738	17,54	CONSOLE SUPERIEURE	1	14	14	14	1	30	30	RAS	2	21
	4	1814	6,71	7256	26,84	TRONCON1	1	18	18	18	1	30	30	RAS	6	21
	4	1225	4,53	4900	18,12	TRONCON2	1	18	18	18	1	30	30	GRUGEAGE	4	22
	4	2800	10,36	11200	41,44	TRONCON2	1	18	18	18	1	30	30	GRUGEAGE	5	22
	4	3036	11,46	12384	45,84	TRONCON2	1	18	18	18	1	30	30	GRUGEAGE	3	22
	4	3415	12,64	13660	50,56	TRONCON2	1	18	18	18	1	30	30	GRUGEAGE	3	21

Tab.3- Décomposition des Cornières

FERS PLATS																
PLAT 30X12	4	30	0,08	120	0,32	CHEVALIER	1	14	14	14	RAS	RAS	RAS	RAS	1	22
<b>TOTAL</b>				<b>120</b>	<b>0,32</b>											
PLAT 120X10	4	356	3,35	1424	13,4	PIED3	1	26	26	26	RAS	RAS	RAS	RAS	6	21
	4	356	3,35	1424	13,4	PIED3E	1	26	26	26	RAS	RAS	RAS	RAS	6	21
	8	356	3,35	2848	26,8	TRONCON4	1	26	26	26	RAS	RAS	RAS	RAS	6	21
<b>TOTAL</b>				<b>5696</b>	<b>53,6</b>											
PLAT 90X8	4	296	1,67	1184	6,68	TRONCON1	2	18	26	18-26	RAS	RAS	RAS	RAS	4	21
	4	301	1,7	1204	6,8	TRONCON1	2	18	26	18-26	RAS	RAS	RAS	RAS	4	21
<b>TOTAL</b>				<b>2388</b>	<b>13,48</b>											
PLAT 50X6	2	132	0,31	264	0,62	TRONCON1	1	18	18	18	RAS	RAS	RAS	RAS	3	21
<b>TOTAL</b>				<b>264</b>	<b>0,62</b>											
PLAT 50X5	1	1327	2,6	1327	2,6	TRONCON1	2	8	18	8-18	RAS	RAS	RAS	RAS	6	21
<b>TOTAL</b>				<b>1327</b>	<b>2,6</b>											
PLAT 50X3	8	122	0,14	976	1,12	TRONCON1	1	18	18	18	RAS	RAS	RAS	RAS	2	21
<b>TOTAL</b>				<b>976</b>	<b>1,12</b>											
PLAT 30X14	14	30	0,1	420	1,4	TRONCON1	1	18	18	18	RAS	RAS	RAS	RAS	1	22
<b>TOTAL</b>				<b>420</b>	<b>1,4</b>											
PLAT 30X8	64	30	0,06	1920	3,84	TRONCON1	1	18	18	18	RAS	RAS	RAS	RAS	1	21
<b>TOTAL</b>				<b>1920</b>	<b>3,84</b>											
PLAT 30X4	6	30	0,03	180	0,18	TRONCON2	1	18	18	18	RAS	RAS	RAS	RAS	1	21
<b>TOTAL</b>				<b>180</b>	<b>0,18</b>											
<b>Total fer plat</b>				<b>14623</b>	<b>79,25</b>											

Tab.4- Décomposition des Fers plats

GOUSSETS								
Description	Quantité	Longueur	Largeur	Poids unitaire	Poids total	Surface unitaire	Surface totale	Repeine
TOLE 10	1	9,18	180	12,97	12,97	1652,4	1652,4	CHEVALET
	1	340	238	6,22	6,22	80920	80920	CONSOLE INF
	1	439	260	8,83	8,83	114140	114140	CONSOLE INF
	2	360	239	6,62	13,24	86040	172080	CONSOLE SUP
	2	424	260	8,52	17,04	110240	220480	CONSOLE SUP
	2	225	191	3,37	6,74	42975	85950	TRONCON1
	6	223	200	3,5	21	44600	267600	TRONCON1
	4	327	253	4,26	17,04	82731	330924	TRONCON2
	2	339	254	5,56	11,12	86106	172212	TRONCON2
	4	320	120	3,01	12,04	38400	153600	TRONCON3
	4	350	120	3,3	13,2	42000	168000	TRONCON3
	2	245	219,25	4,22	8,44	53716,25	107433	TRONCON3
	2	245	182	3,5	7	44590	89180	TRONCON3
	4	146	130	1,49	5,96	18980	75920	TRONCON4
8	212	115	1,74	13,92	24380	195040	TRONCON4	
<b>TOTAL</b>	<b>45</b>				<b>174,8</b>	<b>871470,65</b>	<b>2235131</b>	
TOLE 8	2	248	114	1,27	2,54	28272	56544	CHEVALET
	2	247	131	1,54	3,08	32357	64714	CHEVALET
	4	170	130	1,21	4,84	22100	88400	CONSOLE SUP
	4	160	140	1,03	4,12	22400	89600	PIED3
	4	104	85	0,56	2,24	8840	35360	PIED3
	4	160	140	1,03	4,12	22400	89600	PIED3E
	4	104	85	0,56	2,24	8840	35360	PIED3E
	2	230	110	1,49	2,98	25300	50600	TRONCON1
	8	314	90	1,77	14,16	28260	226080	TRONCON1
2	171,21	164,24	1,44	2,88	28119,5304	56239,1	CONSOLE INF	
<b>TOTAL</b>	<b>36</b>				<b>43,2</b>	<b>226888,5304</b>	<b>792497</b>	

Tab.5 - Décomposition des goussets

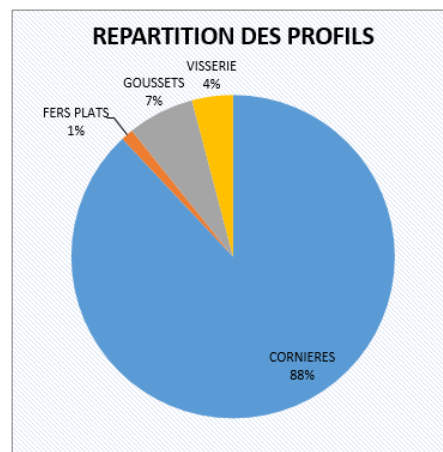
Par la suite nous avons procédé au classement des composants par types de profils (cornières de même dimensions de sections, goussets de même épaisseur, fers plats de même épaisseur) pour faire ressortir le pourcentage de cornières, de fers plats, de goussets, et de boulonnerie de chaque pylône, et plus en détails, nous avons fait ressortir le pourcentage de chaque type de profils utilisé dans les pylônes.

CORNIERES				FERS PLATS			
Profil	Longueur totale	Poids total	Pourcentage	Profil	Longueur totale	Poids total	Pourcentage
L50x3	247090	570,8	14,47 %	PLAT 30X4	1110	1,11	0,03 %
L40x3	78563	143,7	3,65 %	PLAT 70X8	4528	24,32	0,62 %
L70x6	28748	183,4	4,65 %	PLAT 40X5	1362	2,14	0,06 %
L60x4	83754	309,9	7,86 %	PLAT 50X5	2264	4,4	0,12 %
L45x4	155918	425,6	10,79 %	PLAT 50X4	1064	1,67	0,05 %
L45x3	111312	230,5	5,85 %	PLAT 30X5	540	0,72	0,02 %
L50x4	261506	795,9	20,17 %	PLAT 30X8	60	0,12	0,01 %
L90x7	2544	24,48	0,63 %	PLAT 30X6.5	900	1,5	0,04 %
L100x7	19136	205,3	5,21 %	PLAT 70X5	4528	12,48	0,32 %
L60x5	42496	194,2	4,93 %	<b>TOTAL</b>	<b>16356</b>	<b>48,46</b>	<b>1,23 %</b>
L80x6,5	53028	389,2	9,87 %				
<b>TOTAL</b>	<b>1084095</b>	<b>3472,98</b>	<b>88,01 %</b>				

Tab.6 - Pourcentage de cornière et fers plat par pylône : exemple 1T1PN

GOUSSETS			
Profil	Surface totale	Poids total	Pourcentage
Tôle 6	4774254	153,1	3,88 %
Tôle 8	1240355	63,94	1,63 %
Tôle 10	153408	12,04	0,31 %
Tôle 12	507191	34,11	0,87 %
<b>TOTAL</b>	<b>6675208</b>	<b>263,19</b>	<b>6,67 %</b>

VISSERIES		
<b>TOTAL</b>	<b>161,8</b>	<b>4,1 %</b>



Tab.7 - Pourcentage des goussets et visserie par pylône : type 1T1PN

**Remarque :** Cette décomposition a été faite dans sur tous les pylônes de de THT et de MT

## 2. Répartition des pylônes sur la production annuelle

Suite à la décomposition individuelle de chaque type de pylône, nous sommes passés à la quantification du nombre de pylône de chaque type à fabriquer par an pour couvrir les 5000 tonnes. Pour cela, une répartition a été effectuée en fonction des spécifications du besoin imposées dans le cahier de charge. Nous obtenons pour l'année une production de 3109.53 tonnes de pylônes THT 1T, 816.87 tonnes de pylônes THT 2T, 1007.67 tonnes de pylônes MT et 203.64 tonnes de charpentes métalliques ; Chiffres qui coiffent le besoin annuel.

Pylônes 1 terne			
Type	Quantité	Poids unitaire (kg)	Poids total (kg)
1T1PS2	15	15121,96	226829,4
1T1PA	3	7383,5	22150,5
1T1PN	459	5272,75	2420192,25
1T1PL	60	3946,43	236785,8
1T1PT	30	6785,82	203574,6
<b>TOTAL</b>			<b>3109532,55</b>

Pylônes 2 ternes			
Type	Quantité	Poids unitaire (kg)	Poids total (kg)
2T1PN	50	8467,16	423358
2T1PT	2	11104,3	22208,6
2T1PA	7	11887,57	83212,99
1T1PL	30	5797,95	173938,5
2T1PS1	7	16307,9292	114155,504
<b>TOTAL</b>			<b>816873,594</b>

Tab.8 - Répartition pylône 225 KV

Pylônes 22KV							
Type	Quantité/ projet	Poids unitaire (kg)	Poids total (kg)	Pourcentage (%)	Qté annuelle de pylônes à fabriquer	Poids annuel (kg)	Stockage mensuel (kg)
Type 1	625	1894,27	1183918,75	48,26	255	483038,85	40253
Type 2	470	2271,3248	1067522,66	36,29	160	363411,968	30284
Type 3	160	2791,8342	446693,472	12,36	45	125632,539	10469
Type 4	34	4291,5859	145913,921	2,63	7	30041,1013	2503
Type 5	6	2784,8391	16709,0346	0,46	2	5569,6782	464
<b>TOTAL</b>			<b>2860757,83</b>	<b>100</b>	<b>469</b>	<b>1007694,14</b>	<b>83974</b>

Tab.9 - Répartition pylônes 22 KV



Profil	Besoin sur un projet		Quantité/ an	Production 200To/an		Besoin mensuel			Kg/m
	Longueur unitaire (mm)	Poids unitaire (kg)		Longueur (mm)	Poids (kg)	Longueur (mm)	Poids (kg)	Nbre barres/12m	
IPE 140	25516	328,89	20	510320	6577,8	42526,67	548,15	4	12,9
IPE 300	1434	60,57	20	28680	1211,4	2390	100,95	1	42,2
IPE 400	83082	5508,37	20	1661640	110167,4	138470	9180,62	12	66,3
Rond D18	30418	60,66	20	608360	1213,2	50696,67	101,1	5	2
UAC 40	71186	115,26	20	1423720	2305,2	118643,34	192,1	20 (6m)	1,6
UAC 60	14765	73,88	20	295300	1477,6	24608,34	123,14	6 (6m)	5
UPN100	14158	149,53	20	283160	2990,6	23596,67	249,22	2	10,6
UPN180	29140	639,36	20	582800	12787,2	48566,67	1065,6	5	21,9
UPN300	25066	1115	20	501320	22300	41776,67	1858,34	4	44,5
UPN400	29884	2130,14	20	597680	42602,8	49806,67	3550,24	5	71,3

Tab.10 - Répartition des charpentes

## II. Détermination des machines

### 1. Caractérisation des machines

Une fois les répartitions effectuées sur le long de la production annuelle, l'étape qui a suivi est la détermination des machines : Pour ce faire nous avons effectué des recherches sur le domaine de l'usinage sur les cornières, les charpentes et les goussets, ensuite examiné des modèles d'entreprises marocaines œuvrant dans ce domaine également et enfin pris l'ATC de VINCI Maroc comme un modèle ; Au bout nous avons ressorti un certain nombre de machines numériques et de machines conventionnelle parmi lesquelles nous nous sommes basés pour avancer l'étude. Après avoir lister les machines généralement utilisées dans ce domaine de production, nous les avons caractérisées selon leurs capacités de production et établi des programmes sur « Office Excel » qui permettent de classer pour chaque pièce, toutes les machines capables d'usiner les opérations.

#### Exemple sur la VP21 : Algorithme : VP21

Algorithme qui permettra de classer les profils qui peuvent être usinés par la machine vp21

Variable :

- Largeur de l'aile du profil
- Epaisseur du profil
- Nombre de diamètres
- Diamètre maximal
- Nombre de trusquinage
- Trusquinage minimal

Début

- L'aile doit être comprise entre 40 et 90 mm
- Epaisseur compris entre 4 et 9 mm
- Nombre de diamètres inférieur ou égal à 2
- Les diamètres de perçages doivent être compris entre 10 et 27 mm
- Le nombre de trusquinage inférieur ou égal à 2
- Trusquinage minimal supérieur ou égal à 20 mm

Fin

### Programme Excel :

=SI(ET(H6<=2;I6>=10;J6<=27;L6<=2;M6>=20;R6>=40;R6<=90;S6>=4;S6<=9);"VP21";"Autre")

### Classification des machines sur lesquelles il est possible de faire l'usinage des profilés

Algorithme : Afficher le nom de la machine si celle-ci est capable de réaliser les opérations de la pièce, sinon laisser la case vide.

### Programme Excel :

« =CONCATENER (SI(U6="VP21";"VP21";" ");" ";SI(V6="VP166";"VP166";" ");" ";SI(W6="A164T";"A164T";" ");" ";SI(X6="HP16T6";"HP16T6";" ");" ";SI(Y6="HD615";"HD615";" ");" ";SI(Z6="DB503";"DB503";" ");" ";SI(AA6="MSC";"MSC";" ")) »

A l'issue de cette étude basée sur les capacités des machines nous obtenons pour chaque pièce toutes les machines capables de réaliser les opérations ; un constat est fait : Pour la plupart des pièces, plusieurs machines peuvent l'usiner, la question à résoudre c'est « **Comment préférer une machine par rapport à une autre ?** »

Pour répondre à cette question nous avons introduit un autre paramètre dans le filtre : **le temps d'usinage que mettra chaque machine.**

## 2. Méthode de calcul des temps d'usinage

Le principe de calcul du temps se base surtout sur le temps des opérations de chaque machine ; pour ce, nous avons, après étude des documents techniques des machines listés plus haut, récupéré le temps d'usinage de chaque machine : ce temps d'usinage concerne le déplacement des vérins de poinçonnage, de marquage et de découpe, ensuite s'ajoute le temps de déplacement du chariot et les temps d'alimentation et d'évacuation ; cela concerne les machines numériques.

Quant aux machines conventionnelles, c'est la moyenne de temps d'opération sur toute une pièce ; exemple pris sur des pièces de deux trous et un de trois trous de poinçonnage.

Machines Numériques							
Les taches		TEMPS en seconde					
		VP21	VP166	A164T	HP16T6	HD615	DB503
approvisionnement MP		900s/Pièce	900s/Pièce	900s/Pièce	900s/Pièce	Long	Long
Alimentation		19,145s/pièce	19s/pièce	14,5s/pièce	15,25s/pièce	Long	Long
Contrôle pince		15s/pièce	30s/pièce	14,5s/pièce	20s/pièce	Long	Long
Temps de cycle	Poinçonnage	1,825	1,0385	2,85	2,85	Long	Long
	Marquage	39,189	32,574	19,41	19,41	Long	Long
	Coupe	2,73	2,25	5,192	5,192	Long	Long
Evacuation pièce finie		35,75	35,75	35,75	35,75	Long	Long
Evacuation chute		15	15	15	15	Long	Long
Vitesse du chariot		0,6m/s	0,8m/s	1m/s	1m/s	Long	Long

Tab.11 - Temps d'opérations des machines numériques

Machines Simples Cornières		
Operations	Temps (secondes)	
Découpe		
17		
Poinçonnage	2 perçages	15,04
	2 perçages	14,88
	3 perçages	32
Marquage (3bloc)		7,88

Machines	Temps de cycle			
	Poinçonnage	Marquage	Coupe	Pliage
KRIS	12	-	-	-
P3P 14	12	-	-	-
CI57	-	-	10	-
CI6	-	-	10	-
MI9	-	10	-	-
P10	12	-	-	-
GEKA1	12	-	-	-
GEKA3	12	-	-	-
GEKA4	12	-	-	-
GEKA5	12	-	-	-
PL7	-	-	-	12

Tab.12 - Temps d'opération des machines conventionnelles

**Exemple de calcul :** calcul du temps annuel de réalisation de la cornière L80X6.5 du type N de longueur 622mm

Selon le premier filtre basé sur les caractéristiques des machines ce profilé peut être usiné par toute les machines numériques. Un calcul détaillé des différents temps que mettra chaque machine permet de faire ressortir la machine qui conviendra le mieux pour la réalisation de cette pièce.

Les différentes opérations sur ce profilé sont :

- Nombre de diamètre : 2
- Diamètre minimum : 18mm
- Diamètre maximum : 20mm
- Nombre de trou de perçage : 13
- Nombre de trusquinage : 2
- Trusquinage maximum : 35mm
- Trusquinage minimum : 40mm
- Nombre de caractère de marquage : 21

**Calcul des temps d'usinage sur les différentes machines**

- **Sur la VP21 :**

**Nombre de barre par an = quantité de barre dans une affaire × quantité annuelle**

$$\text{Nombre de barre par an} = 2 \times 459 = 918 \text{ barres}$$

**Temps d'évacuation annuelle(s) = nombre de barre annuelle × 35,75**

$$\text{Temps d'évacuation annuelle(s)} = 918 \times 35,75 = 32818,5s$$

35,75 représente le temps d'évacuation moyen des machines numériques.

Le nombre de barre fabriqué par an est déterminé en faisant le produit du nombre de barre d'un profilé spécifique par la quantité annuelle de ce profilé

**Temps d'évacuation de chute annuelle = 15 × nombre de barre annuelle**

$$\text{Temps d'évacuation de chute annuelle} = 15 \times 48 = 720s$$

Avec 15 = temps moyen d'évacuation de chute des machines numériques en second

**Temps d'usinage (poinçonnage et marquage) de la cornière L80X6.5 de longueur 622**

$$\text{Temps d'usinage (s)} = 1,825 \times \text{nbre de trou} + 13,063 \times 3$$

$$\text{Temps d'usinage (s)} = 1,825 \times 13 + 13,063 \times 3 = 62,914s$$

Pour connaître le temps annuel on multiplie le temps d'usinage de cette barre par le nombre total de barre

$$\text{Temps d'usinage annuel} = 62,914 \times 918 = 57755,052s$$

1,825s est le temps nécessaire pour réaliser un trou de poinçonnage

13,063s est le temps de marquage d'un bloc et vu qu'il y a 3 blocs il faut multiplier ce temps par 3.

**Temps de coupe**

$$\text{Temps de coupe} = \text{temps de coupe d'une barre} \times \text{nombre de barre annuel}$$

$$\text{Temps de coupe(s)} = 2,73 \times 918 = 2506,14s$$

Avec 2,73 : temps est le temps de coupe de la VP21

**Temps parcourue par la pièce (s)**

$$\text{Vitesse} = \frac{\text{distance}}{\text{temps}} \Rightarrow \text{temps} = \frac{\text{distance}}{\text{vitesse}}$$

$$\text{Temps parcouru} = (\text{longueur} \div 1000) \div 0,6$$

0,6 m/s représentent la vitesse de déplacement du chariot.

$$\text{Temps de parcours} = (570996 \div 1000) \div 0,6 = 951,66s$$

**Temps d'alimentation**

Ce temps est déterminé en faisant le produit du nombre de barre annuel par le temps d'évacuation d'une barre. Le temps d'alimentation de la VP21 est 19,145s/ pièce.

$$\text{Temps d'alimentation(s)} = 19,145 \times \text{nombre de barre par an}$$

$$\text{Temps d'alimentation(s)} = 19,145 \times 48 = 918,96s$$

**Temps de contrôle de la pince**

Le temps de contrôle de la pince est le temps que l'opérateur met pour permettre à la pince de saisir le profilé et le positionner correctement. La pince se trouve à l'extrémité de la machine. Ce sont des profilés de longueur standard de 12m donc les machines sont équipées de pince qui saisit la pièce ce qui évite à l'opérateur de se déplacer à chaque fois vers l'extrémité de la machine pour positionner la pièce.

$$\text{Temps de contrôle annuel de la pince(s)} = 15 \times \text{nombre de barre annuel de 12m}$$

$$\text{temps de contrôle annuel de la pince(s)} = 15 \times 48 = 720s$$

### Temps annuel

= Temps d'évacuation des barres + Temps d'évacuation de chute  
 + Temps d'usinage + Temps de parcours + Temps d'alimentation  
 + Temps de contrôle de la pince

Application numérique :

$$\text{Temps annuel(s)} = 720 + 918,96 + 951,66 + 2506,14 + 57755,052 + 720 + 32818,5 = 96390,31\text{s} = \mathbf{26,77\text{heures}}$$

- **Sur la VP166 :**

Application numérique :

$$\text{Temps annuel(s)} = 32818,5 + 720 + 42296,391 + 2065,5 + 713,745 + 912 + 816 = 80342,13\text{s} = \mathbf{22,31\text{heures}}$$

- **Sur la A164T**

Application numérique :

$$\text{Temps annuel(s)} = 32818,5 + 720 + 51830 + 4766,256 + 570,996 + 720 + 768 = 92194,03\text{s} = \mathbf{25,60\text{heures}}$$

- **Sur la HP16T6**

Application numérique :

$$\text{Temps annuel(s)} = 32818,5 + 720 + 51830 + 4766,256 + 570,996 + 720 + 768 = 92194,03\text{s} = \mathbf{25,60\text{heures}}$$

Cette méthode de calcul est appliquée à sur toutes les machines capables de réaliser une même pièce. Nous remarquons dans cet exemple que la machine VP 166 est celle qui met moins de temps pour usiner de profil.

- **Sur les MSC**

Ce temps est relativement simple à calculer les seuls paramètres à tenir en compte c'est le temps d'usinage complet et le nombre total de barre à fabriquer par an.

Ainsi donc en exemple, pour le profilé L45X3 de longueur 1696 mm le temps total est :

***Temps = temps complet × nombre de barre annuel***

$$\text{Temps(s)} = 60 \times 12 = 720\text{s}$$

### 3. Choix du type de machine

Profil	MSC		VP21		A164T		VP166		HP16T6		HD615	
	temps d'usinage annuel (heure)		temps d'usinage annuel (heure)		temps d'usinage annuel (heure)		temps d'usinage annuel (heure)		temps d'usinage annuel (heure)		temps d'usinage annuel (heure)	
225 KV	L45x3	780										
	L50x3	678										
	L40x3	682										
	L45x4	491		730								
	L50x4	1453		3472		1922		2080				
	L60x4	582		836		727		861				
	L60x5	443		689		453		457				
	L70x5	1		1		1		1				
	L70x6	453		677		474		431		474		
	L80x6,5					341		258		342		
	L90x7					122		132		122		
	L100x7							225		271		
	L100x8							169		224		
	L120x8							153		206		
	L120x10							82		115		
	L150x10							100		122		
	L150x12							7		8		
L150x15							11		13			
L150x18											HD615	
L180x18											HD616	

Profil	MSC		VP21		A164T		VP166		HP16T6		HD615		Temps minimal	Preference de machine	
	temps d'usinage annuel (heure)		temps d'usinage annuel (heure)		temps d'usinage annuel (heure)		temps d'usinage annuel (heure)		temps d'usinage annuel (heure)		temps d'usinage annuel (heure)				
22 KV	L40x4	2962		4300											
	L50x5	719		965		859		837							
	L80x8			16		16		14		16					
	L60x6							282		345					
	L70x7							95		114					
	L90x9							10		12					
	L100x10							4		4					

Profil	MSC		VP21		A164T		VP166		HP16T6		HD615		Temps minimal	Preference de machine	
	temps d'usinage annuel (heure)		temps d'usinage annuel (heure)		temps d'usinage annuel (heure)		temps d'usinage annuel (heure)		temps d'usinage annuel (heure)		temps d'usinage annuel (heure)				
Charpentes	L40x4			4											
	L50x5	3		5				4							
	L60x6	1		2				2							
	L70x7	25		40				36							
	L80x8	2		2		2		2		2					
	L100x10					29		32		29					
	L120x12							2							

Tab.13 - Temps d'usinage des machines sur chaque profil par an

A partir ces tableaux qui contiennent les temps d'usinage des profils obtenus dans un premier tri en fonction des capacités et possibilités de réalisations des machines, et dans un deuxième filtre la comparaison des temps d'usinage, nous passons à la phase finale de choix et préférences des types et nombre de machines. Pour ce, nous sommes passés par plusieurs simulations afin de retrouver le nombre de machines.

	Profil	MSC		VP21		A164T		VP166		HP16T6		HD615	
		temps d'usinage annuel		temps d'usinage		temps d'usinage annuel		temps d'usinage annuel		temps d'usinage annuel		temps d'usinage	
225 KV	L45x3	780											
	L50x3	678											
	L40x3	682											
	L45x4	491		730									
	L50x4	1453		3472		1922		2080					
	L60x4	582		836		727		861					
	L60x5	443		689		453		457					
	L70x5	1		1		1		1					
	L70x6	453		677		474		431		474			
	L80x6,5					341		258		342			
	L90x7					122		132		122			
	L100x7							225		271			
	L100x8							169		224			
	L120x8							153		206			
	L120x10							82		115			
	L150x10							100		122			
	L150x12							7		8			
L150x15							11		13				
L150x18												HD615	
L180x18												HD616	
22 KV	L40x4	2962		4300									
	L50x5	719		965		859		837					
	L80x8			16		16		14		16			
	L60x6							282		345			
	L70x7							95		114			
	L90x9							10		12			
	L100x10							4		4			
Charpente <sup>s</sup>	L40x4			4									
	L50x5	3		5				4					
	L60x6	1		2				2					
	L70x7	25		40				36					
	L80x8	2		2		2		2		2			
	L100x10					29		32		29			
	L120x12							2					

Tab.14 - Simulation des machines

Profilé pouvant être usiné sur les machines simples cornières

Profilé pouvant être usiné sur la VP21

Profilé pouvant être usiné sur la VP166

**Commentaire :** Les tableaux ci-dessus présentent après plusieurs critères de tri l'ensemble des machines capable de réaliser les opérations sur les différents profils. C'est là où se fait le choix final du type de machines et du nombre à maintenir pour satisfaire l'objectif de production annuel visé, 5000 tonnes. En principe, le premier critère de choix se ramène au temps d'usinage, une comparaison est faite entre les différentes machines ayant la possibilité de réaliser le même travail et logiquement, les machines retenues sont censées être celles mettant le moins de temps à exécuter le travail. Le deuxième critère concerne le nombre de machines. Lors des simulations de production, il s'avère qu'un lot de produit puisse être réalisable sur une machine et un autre lot sur une deuxième machine, toutes avec un temps de réalisation optimal, mais par contre ces deux machines seront exploitées chacune à moins de 50%. Face à cela, une troisième machine capable de réaliser les deux lots de production mais avec un temps d'exécution supérieur est préférée. Le principe de calcul du nombre de machine est présenté dans les lignes ci-dessous.

#### 4. Détermination du nombre de machines

Durée de travail annuelle :  $8h \times 24 \times 12 = 2304 h$

Temps opératoire : OPE MN : 45%  $\rightarrow 1037H$  de travail/an

Temps utile des machines MSC 75% : OPE = 25% pour chaque opération (découpe-poinçonnage-marquage) =  $\rightarrow 1728H$ /an

##### Machines Simples Cornières

Poids total : **2194798,01 KG**

MSC : **8072 h d'usinage**

Nombre de machines :  $8072 / 1728 = 4.67$  d'où **5 lignes d'usinage.**

Avec un OPE 25% pour chaque opération (Poinçonnage – Marquage – Découpe)

##### Machines numériques :

- VP21 = 985 h d'usinage sur 1037 h de travail de la machine d'une la nécessité d'1 machine. (**223656,413 KG**)
- VP166 = 2037 h d'usinage sur 1037 h de travail de la machine : Nécessité de 2 machines. (**1838780,99 Kg**)

HD615 : Nécessité d'une machine pour l'usinage des profils d'épaisseur supérieur à 15mm et des charpentes

##### Section Gousset :

Poids total de gousset / an : **362505,954 KG**

Poids total de fers plat / an : **37289,3151 KG**

Diamètres des trous de poinçonnage : [**14-18-20-26-27-33**] mm

**Répartition :** Les goussets d'épaisseurs supérieur ou égale à 12 mm sont affectés sur les machines numériques. Egalement les goussets ayant plusieurs diamètres de poinçonnage.

**Machines simples :** - Goussets = **201943 KG**

- Fers plats = **37289.3151 Kg**

**Machines numériques Goussets = 160562,79 KG**

##### Simulation en fonction de l'atelier existant :

- L'atelier actuel fournit une capacité journalière de 3 To (entrée / sortie) pour 1000 à 1500To mensuel, Pour l'usine à installer, nous avons besoin de 1.4 To de production journalière pour répondre à la production de 5000To/an d'où environ la moitié.

- La production étant équilibrée avec les deux cisailles guillottes, il est logique qu'en utilisant qu'une seule on aura environ la moitié des machines alimentées.



## 5. PARC MACHINE

Marquage - Poinçonnage - Coupe des cornières + charpentes (CNC)	1 machine à commande numérique à 2 vérins de poinçonnage par face (trusquinage fixe - 20 mm minimum) 90x90x9 diamètre 10 à 27 mm + marquage 8 rangées de 10 caractères ( <b>type VP21</b> )
	2 machines à commande numérique à 3 vérins de poinçonnage par face - Trusquinage variable - profilé 35x35x4 à 160x160x17 - diamètres 8 à 33 + marquage 8 rangées de 10 caractères ( <b>type VP166 – HP16T6</b> )
	1 machine à commande numérique 3 têtes de perçage par face diamètre 8 à 36 - disc de marquage de 36 caractères - Scie à ruban rotatif ( <b>Type HD615 ou DB503</b> )
Marquage - Poinçonnage - Coupe - Grugeage (Conventionnelle)	1 machine universelle de coupe hydraulique ou mécanique L35x35x3 à L80x80x8
	4 machines universelles mécanique ou hydraulique à 1 vérin - [L35x35x3 à L80x80x8] - Diamètre de poinçonnage 8 à 26 mm + ovale
	1 machine universelle de marquage L35x35x3 à L80x80x8
	1 machine universelle hydraulique - grugeage L35x35x3 à L100x100x10
Burinage/Débardage	1 machine (Oxygène + propane/acétylène)
Pliage des cornières	1 Presse hydraulique
Coupe - Poinçonnage - Marquage (gousset + fers plats)	1 cisaille guillotine épaisseur 14 mm – largeur utile 2 m
	1 cisaille de fer plat - épaisseur 2 à 10mm
	4 machines universelles de poinçonnage de goussets
	1 machine universelle de marquage
Coupe thermique des GOUSSETS de grandes épaisseurs et de formes complexes	1 machine automatique d'oxycoupage banc de 12 m (Oxygène - Acétylène/propane) + Intégration d'un bloc de poinçonnage à tête multiple CNC
Pliage des goussets	1 presse plieuse
Charpentes	1 Affuteuse électrique
	1 perceuse à colonne
	5 postes à souder – baguette enrober
	3 postes à souder TIG – semi auto
Alimentation Gaz d'oxycoupage	10 Meules portatives à disc
	Reserve d'oxygène
	Bouteilles de propane
	Bouteilles d'acétylènes
Bouteilles de CO <sub>2</sub>	
Alimentation en air comprimé	1 Compresseur pneumatique 7.5 bars (O2 pour basculer)
Alimentation en eau chaude	1 chauffe-eau (CICE)
Alimentation Electrique	Coffrets électriques
	Poste AGBT
	Poste TGBT
	1 Transformateur

Tab. 15 – Parc machine

## Conclusion

Ce chapitre a fait ressortir après plusieurs analyses le parc machine nécessaire. Ce parc constituera le socle de la suite des études. Il renferme un certain nombre de machines. Ces machines ont été déterminées sur la base de plusieurs contraintes et caractéristiques. Le chapitre suivant abordera l'étude des différents flux de production et de manutention.

## Chapitre II : Flux de passage de la matière

### Introduction

Suite à la détermination du parc machine ce chapitre se consacrera à l'étude des flux de production. Trois sections ont été dédiées aux machines de l'atelier pour la production. Plusieurs concepts seront présentés avec pour chacun une description, une simulation du flux en 2D et une silhouette 3D de l'usine ; A la fin un tableau comparatif contenant les avantages et les inconvénients de chaque concept aidera au choix du concept final.

### I. Implantation des machines

- La section des cornières composée de machines numériques et simples, la section goussets, également composée de machines conventionnelles et d'oxycoupage, et la section charpente où se passe tout l'assemblage. Les machines CNC sont disposées parallèlement dans cette section car les opérations (marquage, poinçonnage, découpe) sur font successivement sur chaque machine, leur seul point commun reste l'alimentation en matière première, ce qui justifie la disposition parallèle des machines.

- Contrairement ces machines numériques, les machines simples cornières elles sont disposées en série : Les machines de découpes positionnées à l'entrée pour simplifier l'approvisionnement en matière première, ensuite les machines de poinçonnage puisque c'est l'opération suivante selon le processus de fabrication, puis derrière sont implantées les machines de marquage représentant la dernière opération obligatoire. Les machines de grugeage, pliage, burinage, délardage sont quant à elles positionnées stratégiquement, de manière à ne pas provoquer un temps de déplacement plus long et en fonction de l'accessibilité des gaz.

- L'implantation des machines de la section gousset suit le même principe ; la machine d'oxycoupage est installée à l'entrée de l'atelier pour faciliter son alimentation en matière première directement et surtout de redire voire éviter carrément la présence de chariot élévateur dans la section – question de sécurité des opérateurs. Concernant les MSG, les cisailles guillottes sont à l'entrée, puis ensuite les machines de poinçonnage, puis en face les machines de marquage et de pliage.

- La section charpente : elle ne contient pas beaucoup de machines et leur positionnement n'est pas critique car les opérations sont indépendantes : cette section est aménagée par le responsable et ce en fonction des produits sur lesquels ils travaillent.

### II. Implantation existante

L'atelier actuel présente pas mal d'inconvénient dû certainement à ses différentes phases extensions.

- **Espacement des Machines Numériques faible** : L'espace entre les machines numériques est faible ce qui provoque un risque de sécurité élevé et pour les opérateurs et pour les agents de maintenance.

- **Problème de flux :** Le flux de l'atelier n'est pas optimal ce qui entraîne une perte de temps lors du déplacement des équipements de manutention. Cette perte de temps entraîne une augmentation de la consommation de carburant par les engins de manutention.

- **La séparation de la machine HD615 des autres machines numériques :** Le l'isolement de cette machine dû à une phase d'expansion est un handicap pour un flux optimal.

- **Problème de manutention :** L'espace exigu entre les machines est un problème majeur pour les engins de manutention.

Les différentes propositions d'implantation prendront en compte toutes ces anomalies et apporteront des solutions d'amélioration.

- **Problème de sécurité :** La présence des chariots élévateur dans l'atelier présente un risque de sécurité pour les opérateurs, car les opérateurs étant concentrés sur les machines ne font pas toujours attention aux alentours, et également il y a les risques de chute des objets transportés.

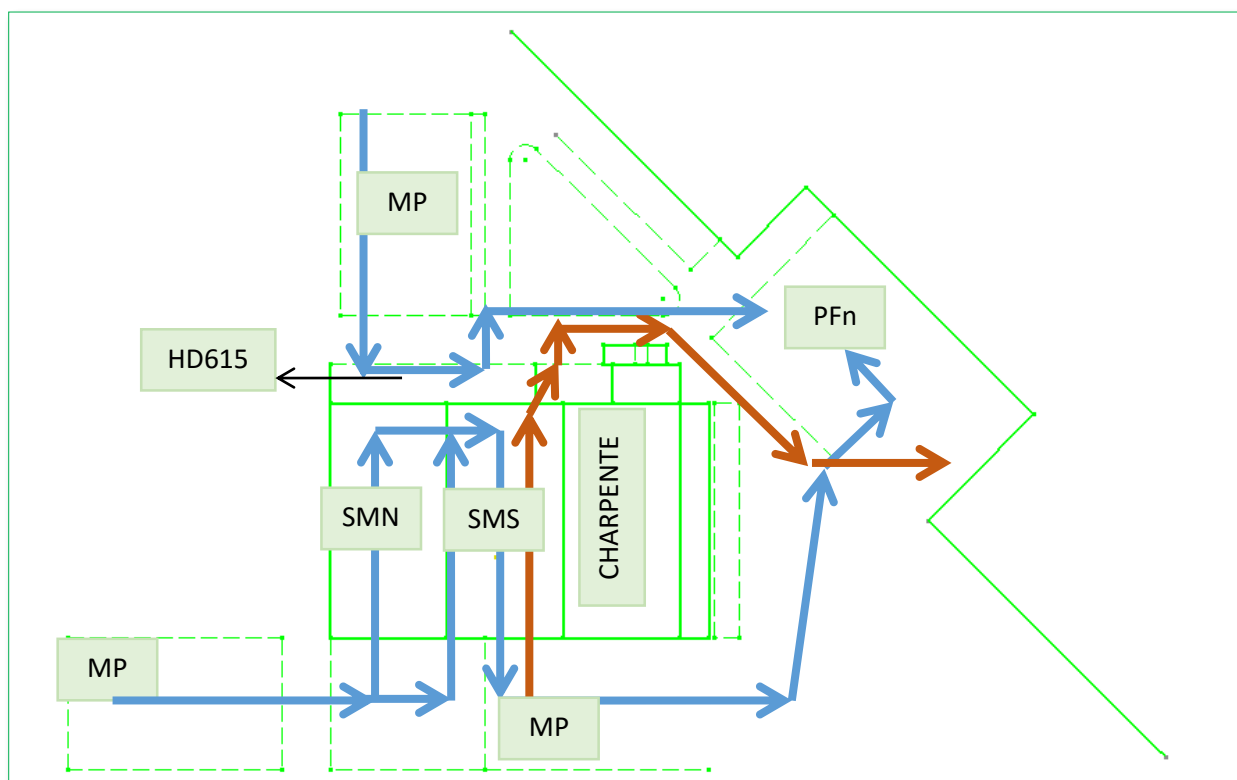


Fig.8 - Atelier existant

- Flux des cornières
- Flux des goussets
- PFn** : Produit fini noir ou non galvanisé
- PFg** : Produit fini galvanisé
- MP** : Matière première
- SMN** : Section machine numérique
- SMS** : Section machine simple

### III. Proposition de flux de production

#### 1. Concept 1

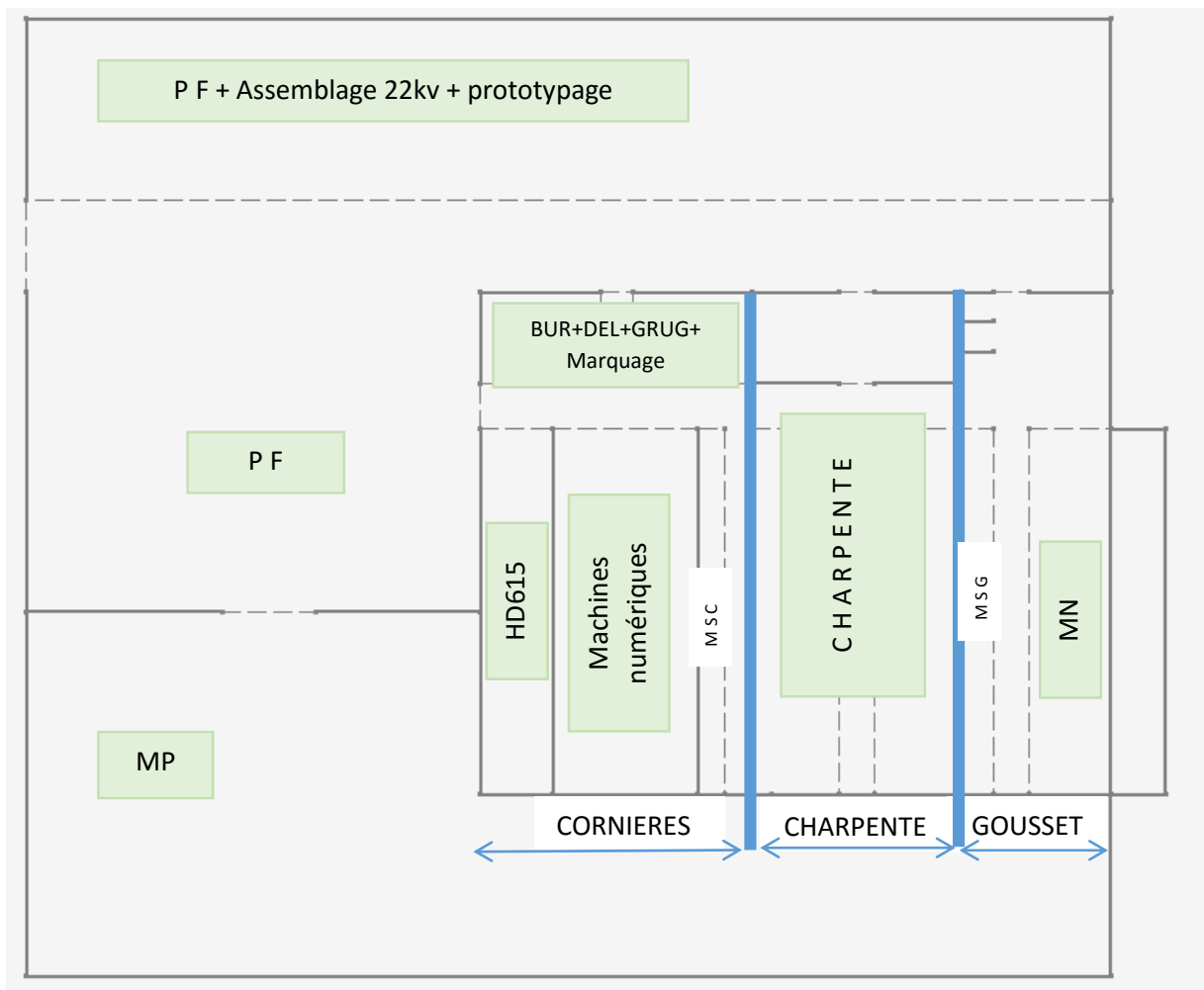


Fig.9 - Concept 1 : Sections

#### Description

Un lot de matière première est transporté par un pont roulant jusqu'à un chariot mobile. Ce chariot mobile se déplace jusqu'à l'entrée des postes de transformation (HD615-MN-MSG) un 2eme pont roulant sort de l'atelier de fabrication pour alimenter les machines avec les matières premières correspondantes. Après la transformation de la matière première les pièces sont envoyées directement en stockage de produit fini par un chariot élévateur.

Deux issues sont possibles. Certaines pièces après la fabrication doivent être sous-assemblées ; ces opérations se font dans la section charpente, que nous avons placé entre les deux sections (cornières et goussets) pour réduire la distance de parcours des pièces à sous-assembler.

A l'arrière du bâtiment de l'atelier est réservé un espace pour le passage des engins et camions, et un espace juste en face pour le montage des pylônes 22kv, l'assemblage des prototypes et le stockage des produits finis sous-assemblés.

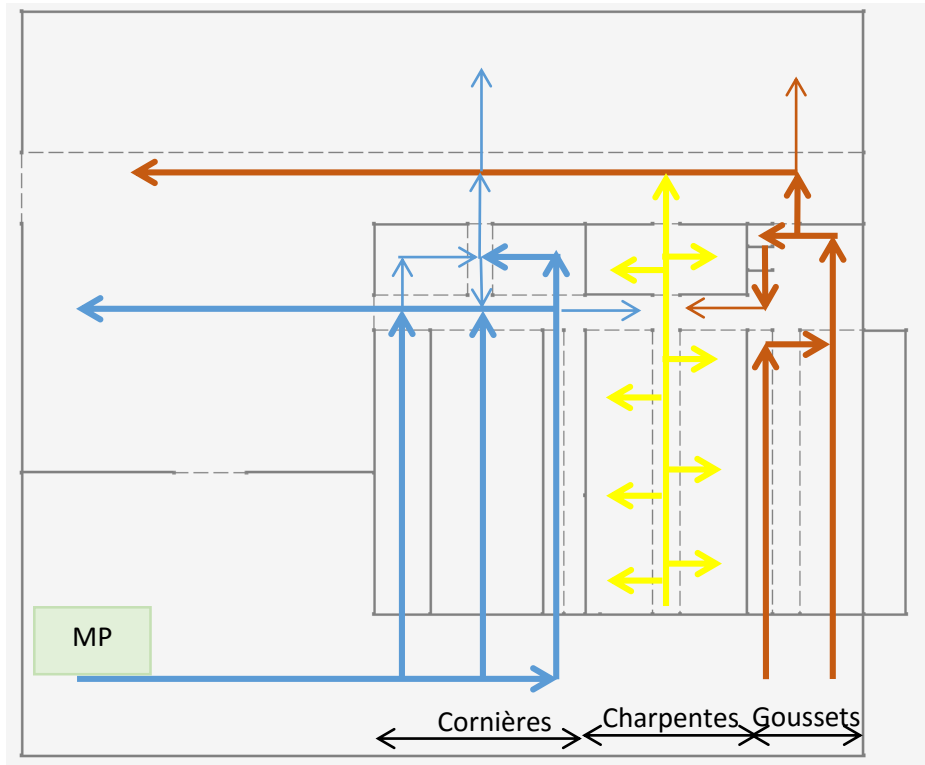





Fig.10 - Concept 1 : Flux de matière

-  Représentation du flux dans la section machines numériques
-  Représentation du flux dans la section charpente
-  Représentation du flux dans la section machines simples

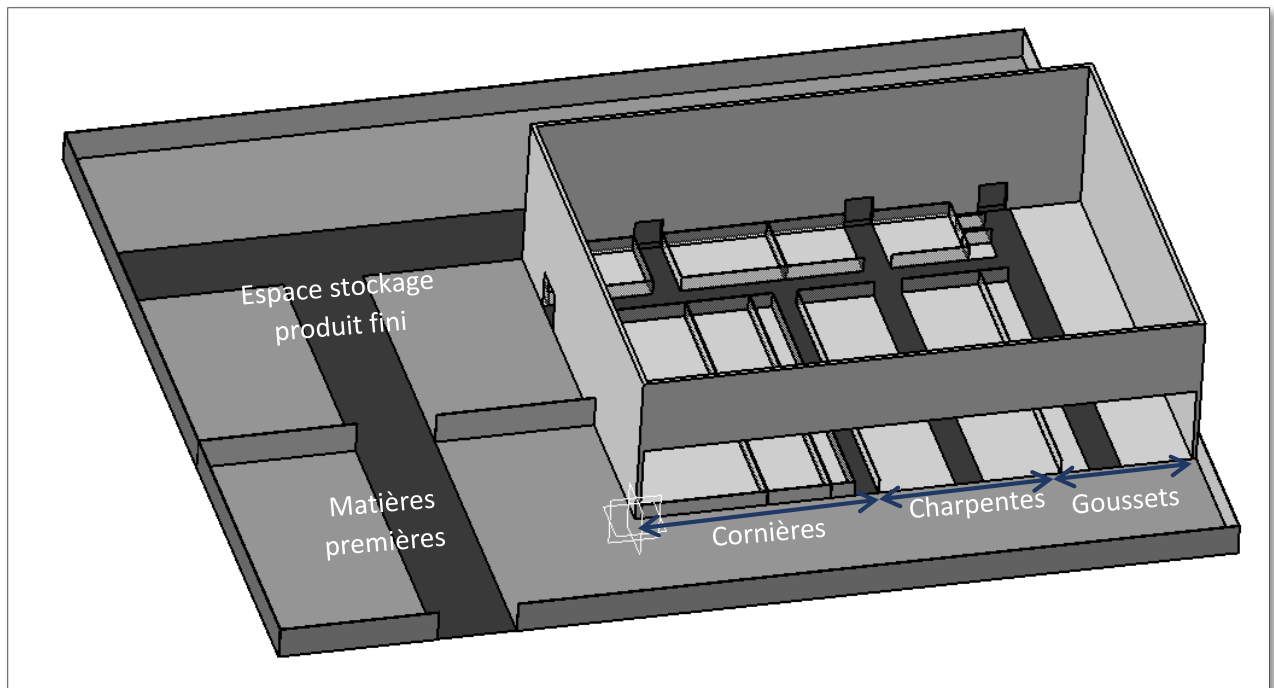


Fig.11 - Concept 1 : Vue 3D

## 2. Concept 2

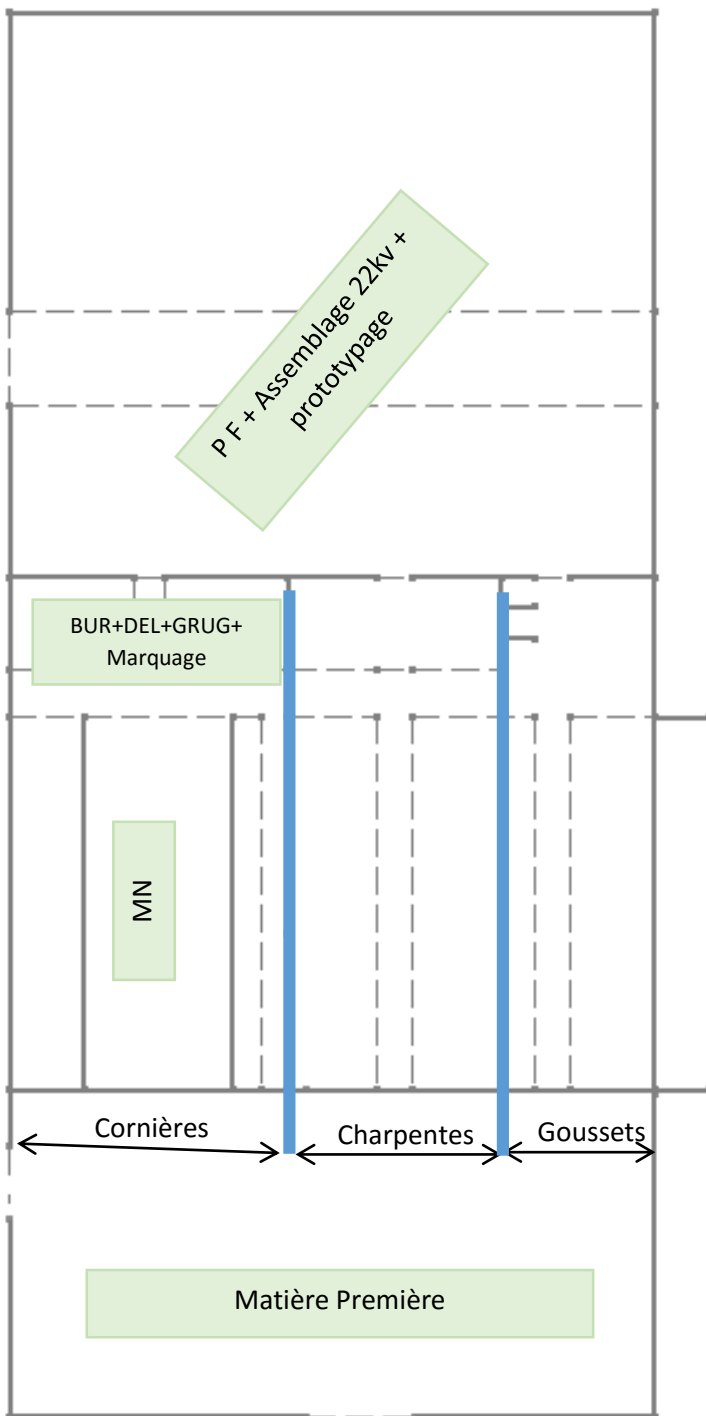


Fig.12 - Concept 2 : Sections

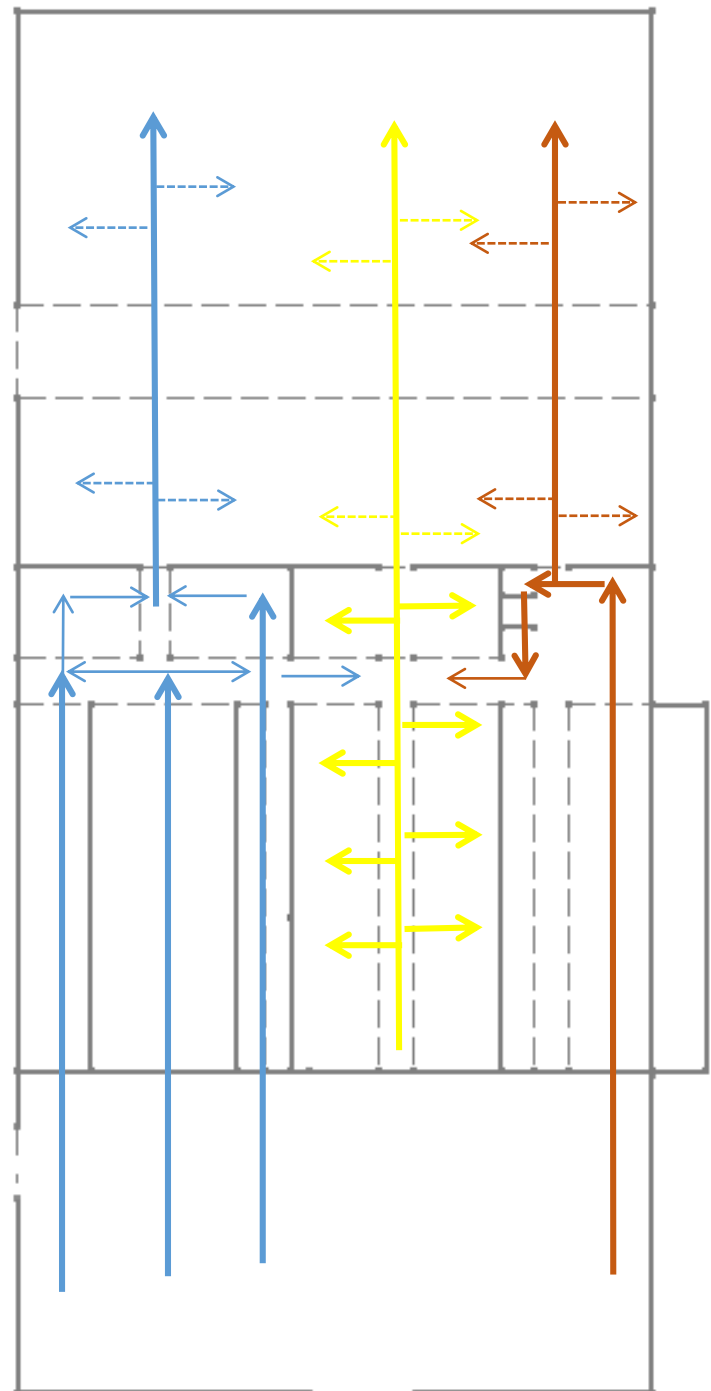


Fig.13 - Concept 2 : Flux de matière

- Représentation du flux dans la section machines numériques
- Représentation du flux dans la section charpente
- Représentation du flux dans la section machines simples.

**Description :** Dans ce concept, l'entrepôt de matière première est positionné en face des postes de transformation. Ce qui permet ici de réduire la distance de son transport jusqu'à l'atelier de fabrication. La disposition des machines de fabrication à l'intérieur de l'entreprise reste la même que le concept précédent ; mais dans ce cas-ci, l'espace stockage du produit fini est positionné derrière l'atelier de transformation, juste à côté de l'assemblage des produits fini et prototypage. Ce type d'atelier est bon pour être fermé entièrement.

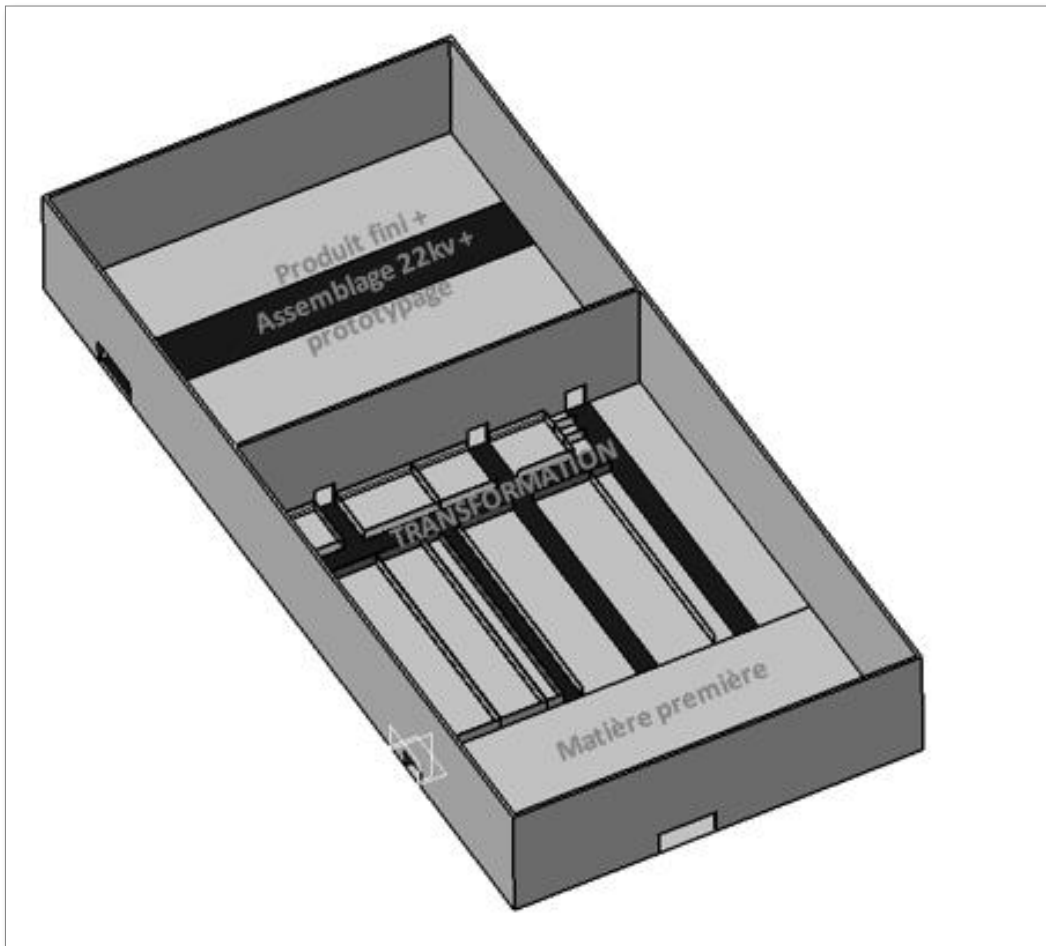


Fig.14 - Concept 2 : vue 3D



Fig.15 - Concept 2 : Modèle

### 3. Concept 3

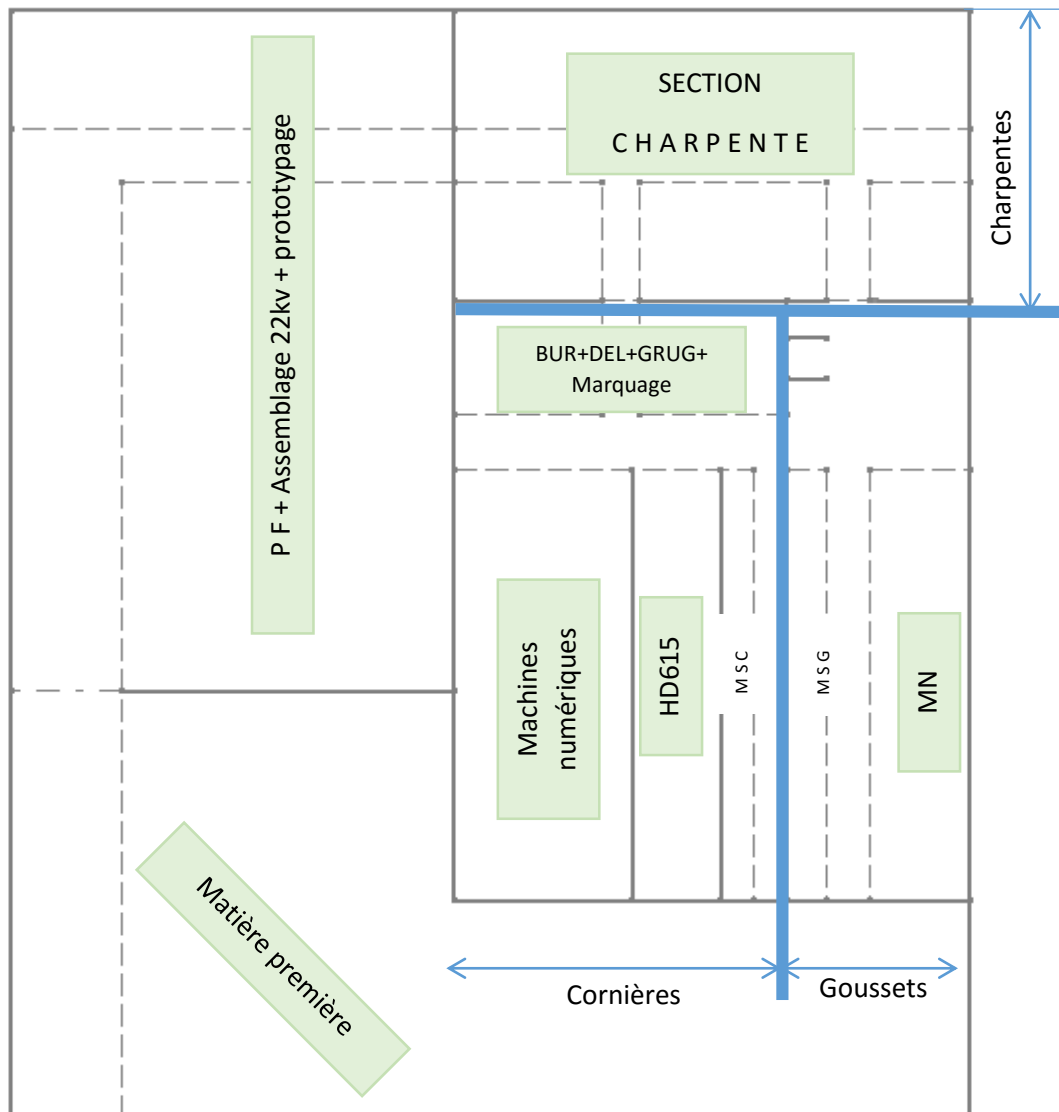


Fig.16 - Concept 3 : Sections

La matière première est déposée par un pont roulant sur un convoyeur mobile (possibilité d'utiliser un convoyeur à rouleaux) qui va la transporter jusqu'à la position à proximité des tables des machines ; Un autre palan viendra de l'intérieur de l'atelier récupérer cette matière première pour la distribuer sur les tables des machines. Après l'usinage, les pièces sont directement dirigées vers l'entrepôt de stockage situé à proximité de la section cornière, ou elles sont amenées dans la section charpente s'il se trouve que ces pièces fabriquées doivent être sous assemblées. Ce processus concerne seulement les charpentes ou les cornières.

Le flux de production des goussets est semblable à quelque différence près. La matière première, c'est-à-dire les tôles et les fers plats sont stockées juste devant la section de transformation des goussets. Ainsi, la manutention, l'alimentation et le déplacement seront assurés par des engins mobiles (chariot élévateur - Chariot manuel etc...). De même que les cornières, les pièces transformées seront amenées dans l'entrepôt de stockage ou dans la section CHARPENTE si elles doivent être sous assemblées.



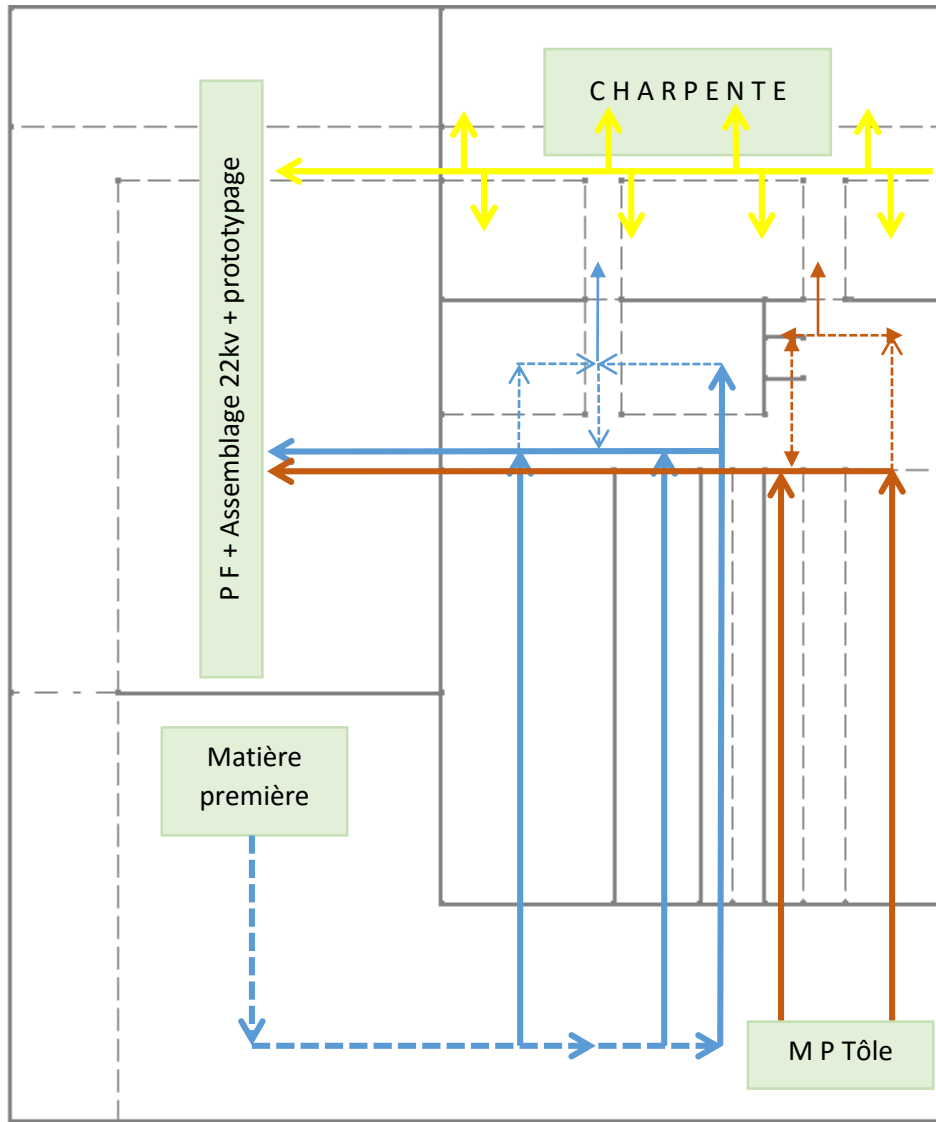


Fig.17 - Concept 3 : Flux de matière

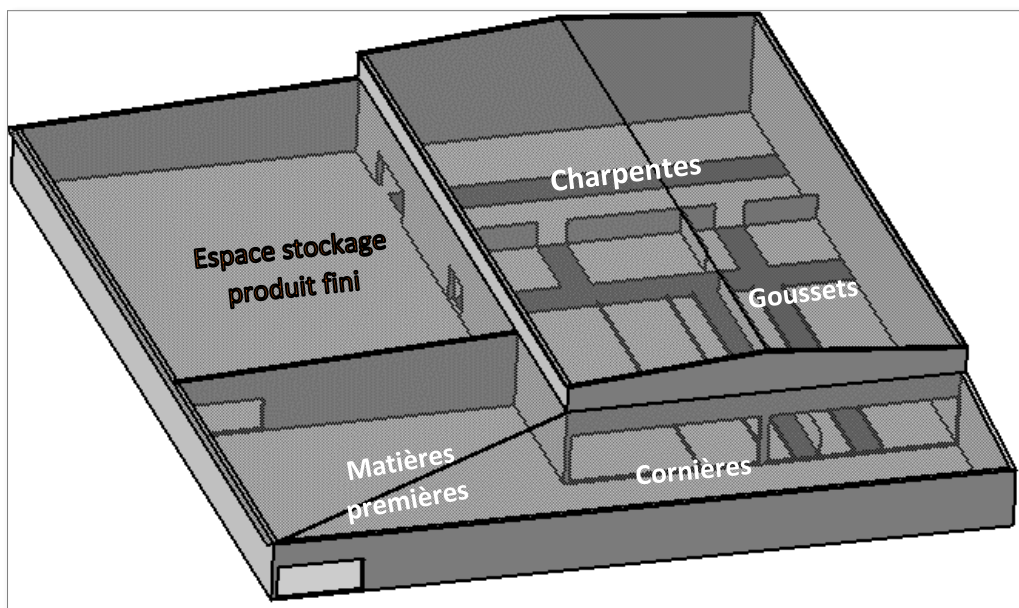


Fig.18 - Concept 3 : silhouette 3D

#### 4. Concept 4 :

Pour ce concept, le flux de production reste similaire au précédent, à quelques différences près : Le stockage de matière première fait totalement face à l'atelier de fabrication, dont la réduction de la distance de transport. On aura besoin de 2 ponts roulants et d'un convoyeur à rouleaux (voir ATC existant). Le processus de transformation des goussets reste le même.

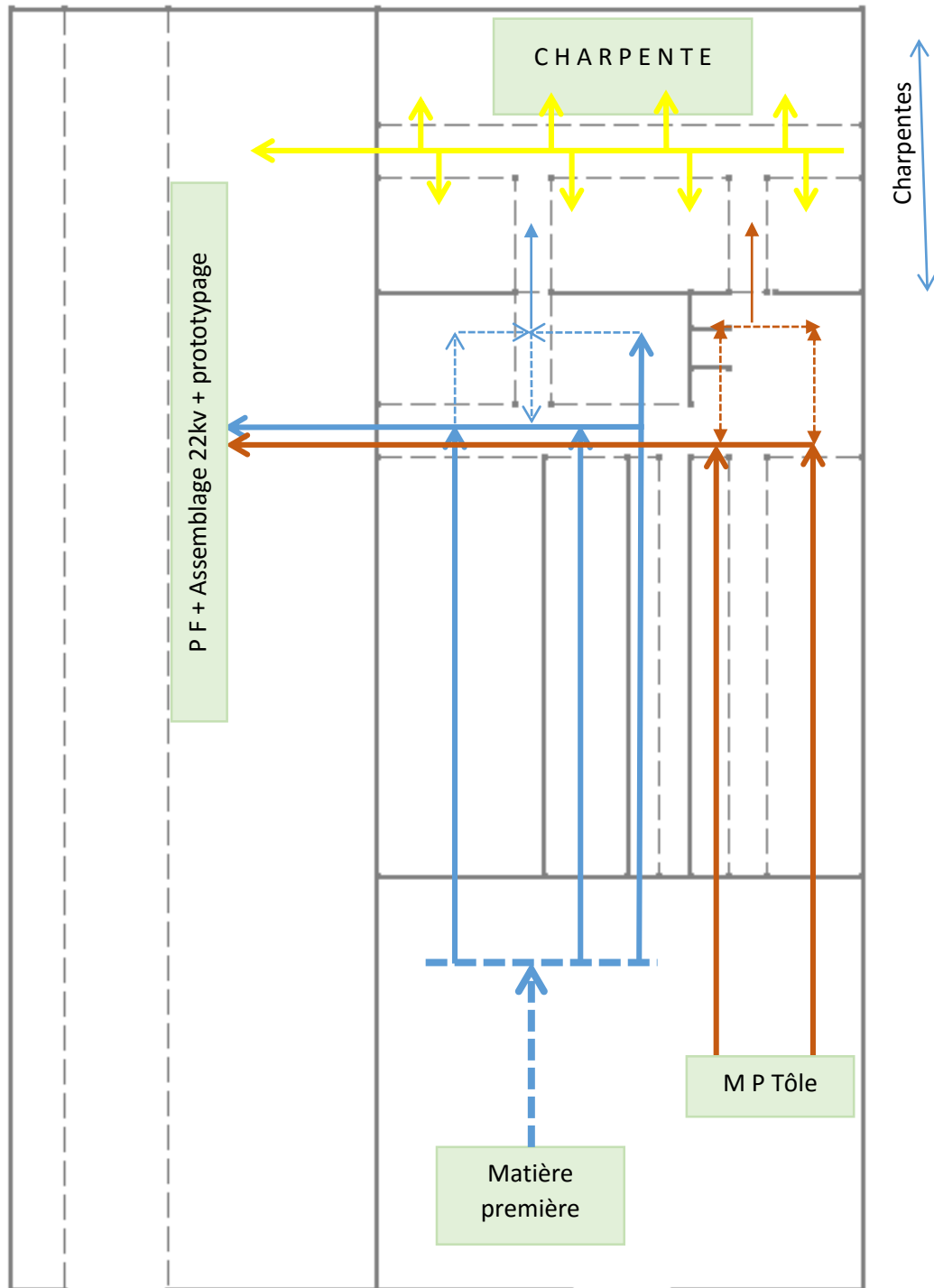


Fig.19 - Concept 4 : Flux de matière

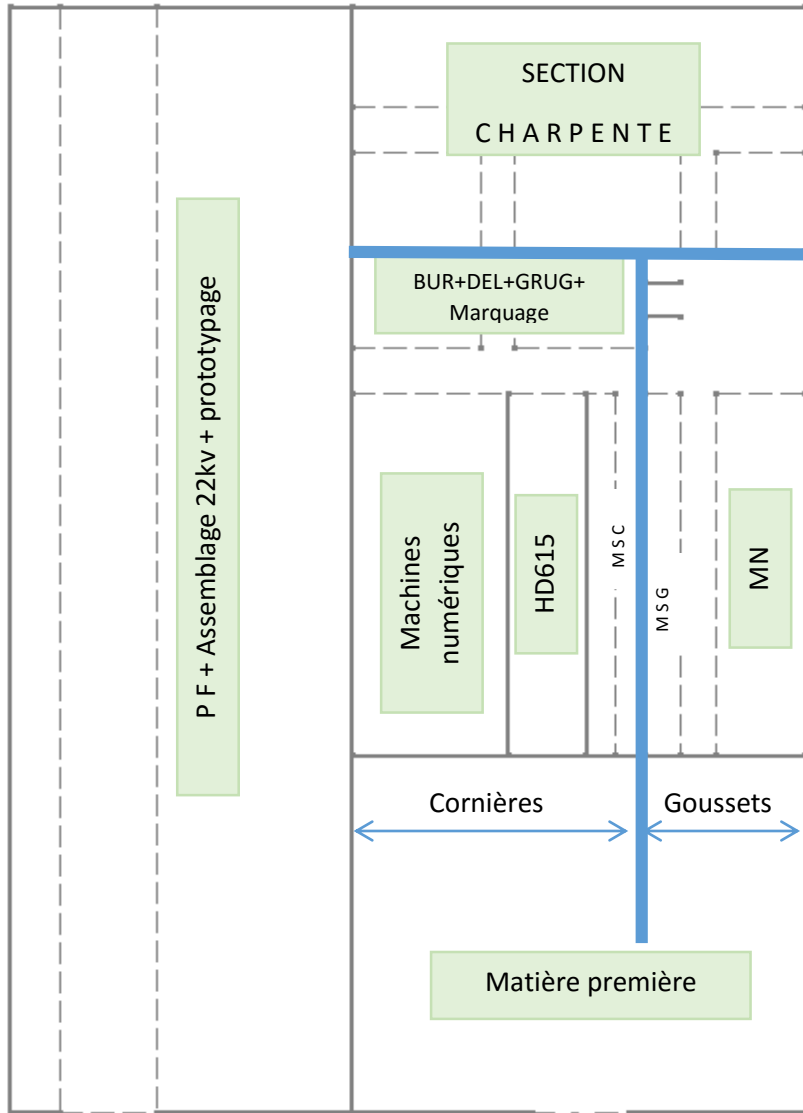


Fig.20 - Concept 4 : Sections

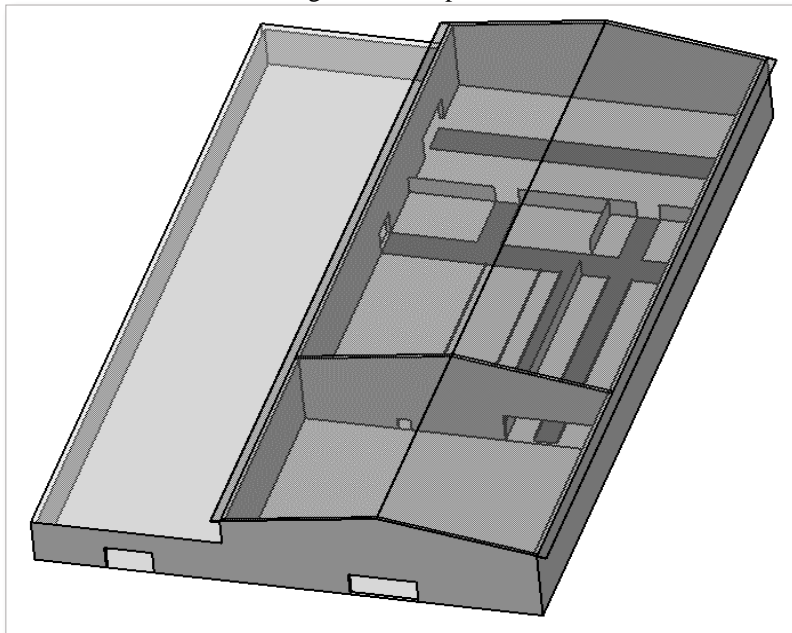


Fig.21 - Concept 4 : silhouette 3D

## 5. Concept 5

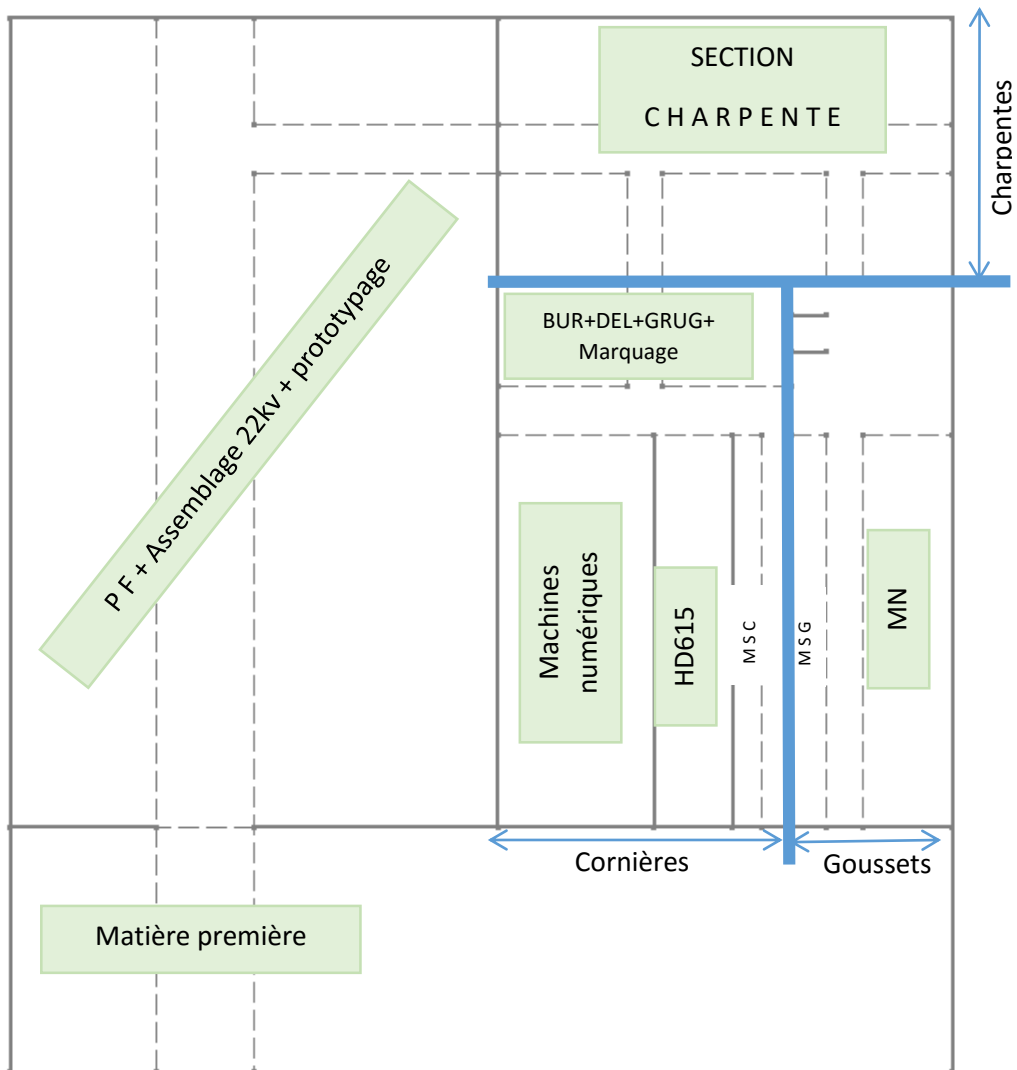


Fig.22 - Concept 5 : Sections

### Commentaire :

Le flux de production de cette proposition est semblable aux deux (02) à précédents : Celle-ci diffère seulement par le positionnement de l'entrepôt de stockage de la matière première des cornières, tubes charpentes.... Le produit brute ici sera acheminé jusqu'à la devanture de l'atelier par un pont roulant ; et sera transporté à l'intérieur de l'atelier sur un convoyeur à rouleaux électrique. Un 2<sup>ème</sup> pont roulant se chargera de distribuer la matière brute sur les tables des machines.

2 ponts roulant + un convoyeur à rouleaux sont nécessaire dans ce cas présent ; voir la description du reste du processus dans les deux précédents concepts.

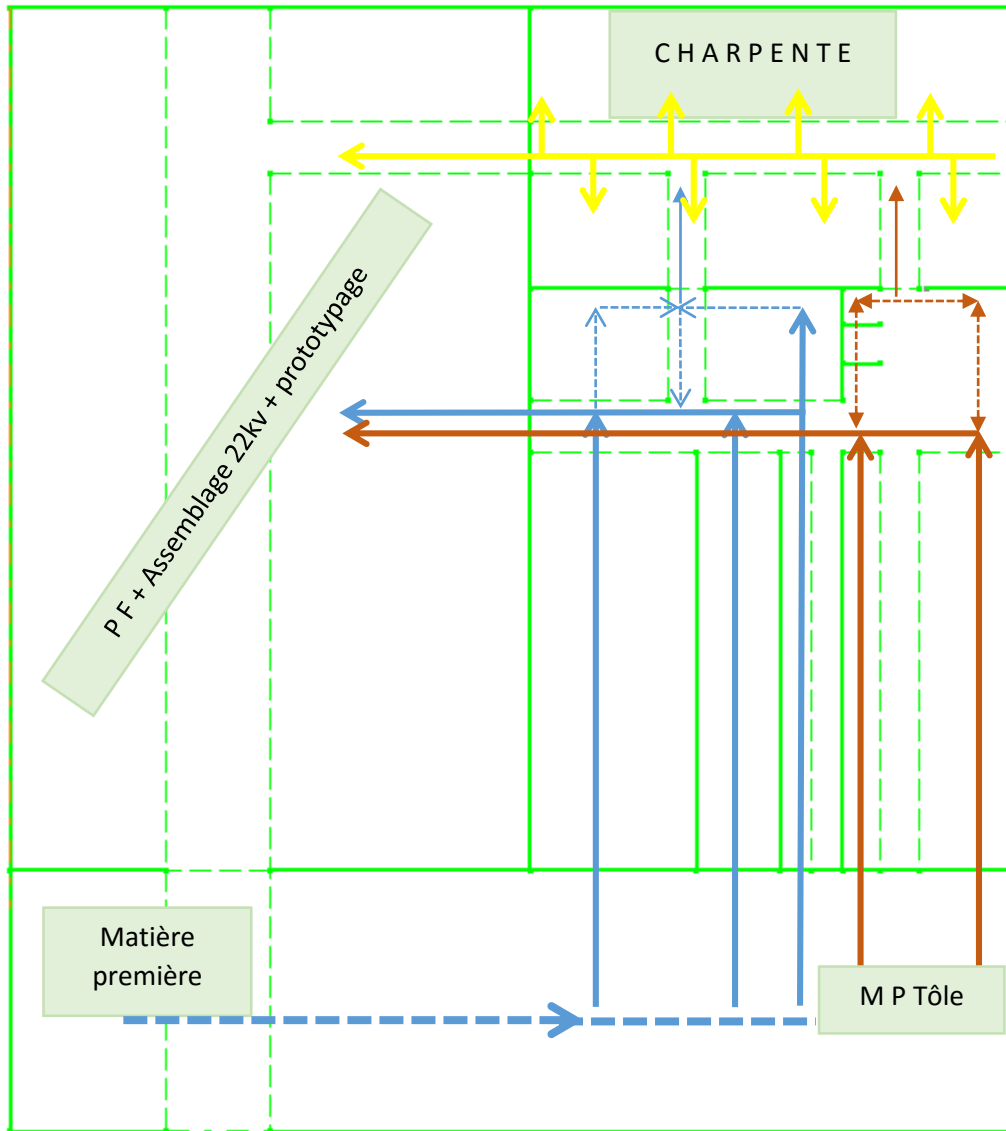


Fig.23 - Concept 5 : Flux de matière

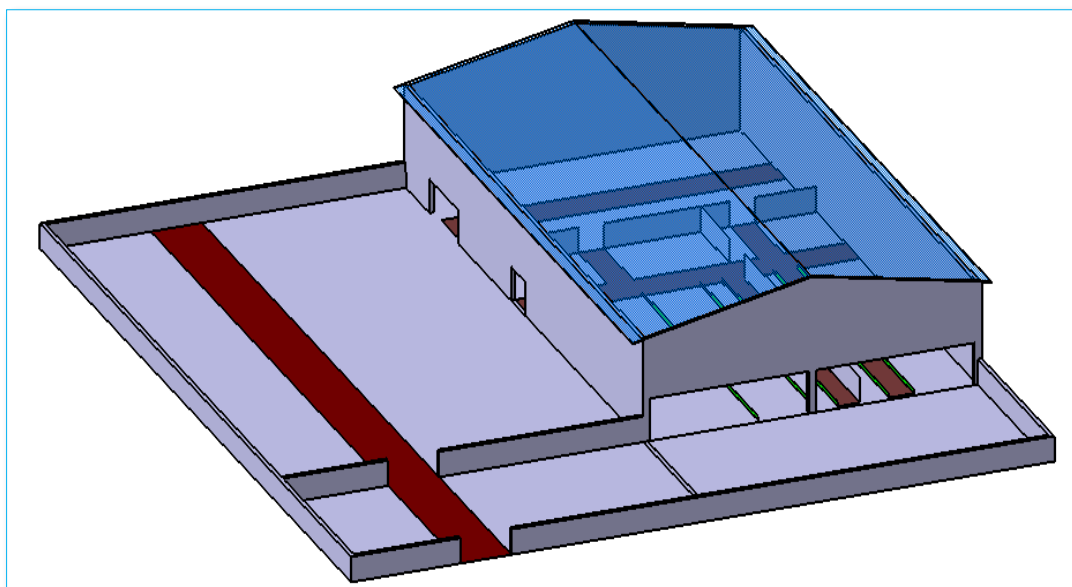


Fig.24 - Concept 5 : Silhouette 3D

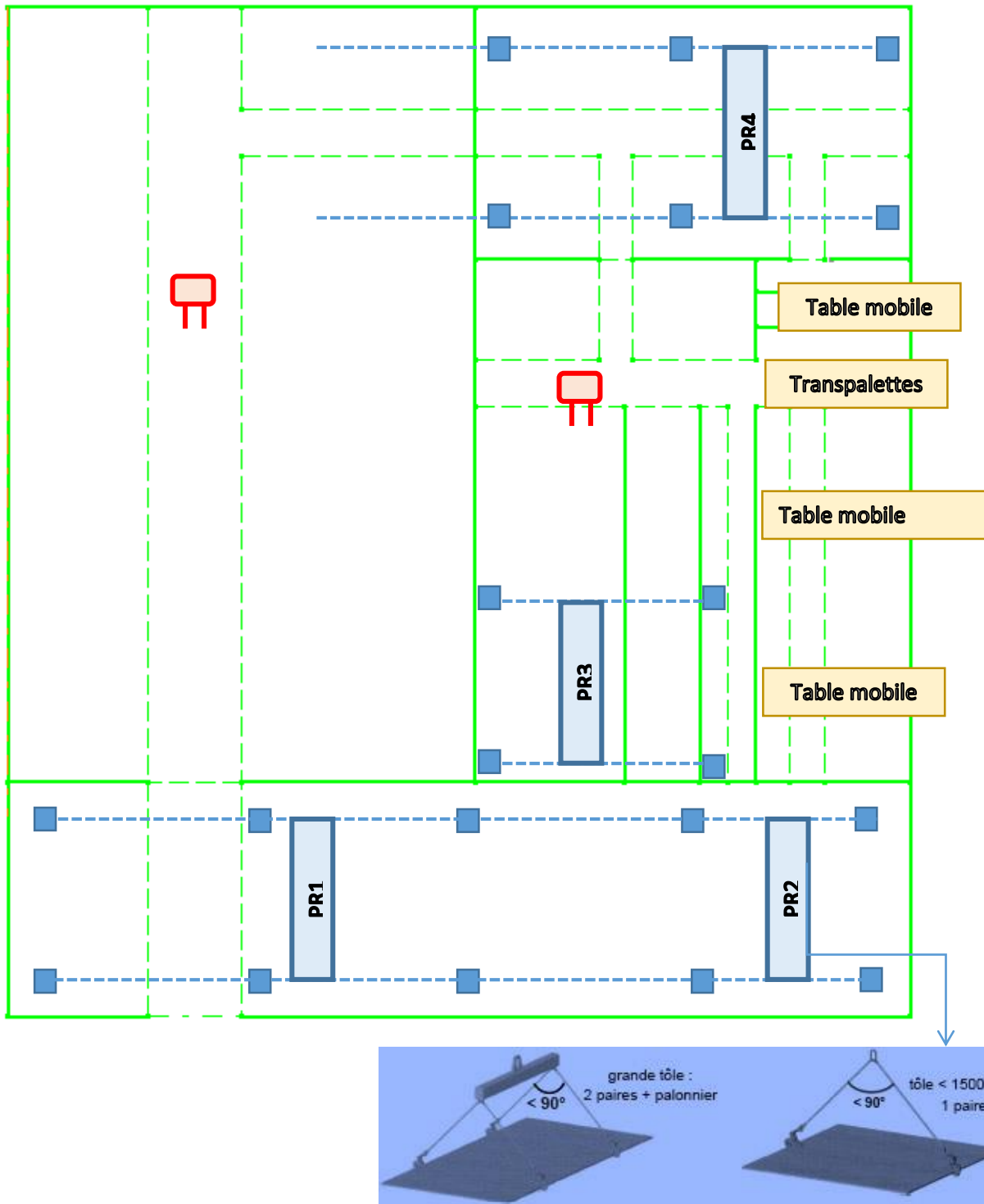


Fig.25 - Concept 5 : Flux de manutention

## 6. Comparaison des concepts

Après avoir étudié tous les concepts nous pouvons faire un récapitulatif. Le tableau suivant fait une synthèse de toutes les propositions et dresse les avantages et les inconvénients de chacune des cinq propositions.

Concepts	Avantages	Inconvénients
<b>Concept 1</b>	Facilité de manutention. Réduction du temps et la distance de parcours dans la section charpente. Facilité de stockage de matière première et produit fini	Exploitation de l'espace de stockage non optimal.
<b>Concept 2</b>	Réduction des distances de parcours des engins de manutention. Réduction de risque d'accident les engins se déplacent seulement en ligne droite.	Structure entièrement couverte. Extension difficile
<b>Concept 3</b>	Section charpente juste à côté de la section prototypage. Les tôles et les fers plats sont stockés juste devant les machines	Structure entièrement couverte
<b>Concept 4</b>	Stockage de la matière première juste devant les machines. Utilisation de peu de moyens de manutention (2 ponts roulant et 1 convoyeur)	Stock matière première couverte
<b>Concept 5</b>	Stockage de la matière première juste devant les machines. Meilleure exploitation de l'espace de stockage Espace matière première non couverte Facilité d'extension.	Structure ouverte

Tab.16 – Tableau comparatif des concepts

## Conclusion

Parmi toutes les propositions faites le concept 5 est celui qui satisfait à toutes les exigences et donc est celui qui a été retenu. Une étude détaillée de ce concept sera faite en vue de présenter toutes ses avantages. La suite du travail aura comme support ce concept. Dans le chapitre suivant nous nous intéresserons au dimensionnement de l'espace. Ce dimensionnement sera fait selon le parc machine établi dans le chapitre précédent et selon le concept retenu dans cette partie : **le concept 5**

III<sup>ème</sup> Partie :

# DIMENSIONNEMENTS



# Chapitre I : Dimensionnement des locaux

## Introduction

Cette troisième partie se consacre au dimensionnement de l'espace qui sera dédié à l'installation de l'usine lui permettant un fonctionnement sans gêne. Ce dimensionnement concerne principalement l'entrepôt de stockage de la matière première, l'atelier de transformation du produit divisée en plusieurs sections – SMN – MSC – MSG – S Ch., et l'espace de stockage du produit fini.

La contrainte du cahier de charge à respecter est la possibilité de stockage suivante :

- Matière première : Pour la production d'un mois
- Produits fabriqués : Pour la production d'un mois
- Boulonnerie/Visserie : Consommation d'un mois

Pour ceux, il a fallu passer par une analyse encore plus détaillée sur la consommation annuelle des profils de 5000 To tout en tenant compte de la non stabilité de la production et des besoins clients.

Concernant les conditions de stockages de ces produits, il n'existe aucune particularité ayant une influence quelconque sur les caractéristiques internes des matières qu'elles soient exposées au soleil ou à la pluie. Ce qui donne déjà le choix et la possibilité d'opter pour un entrepôt de stockage fermé ou à ou ouvert.

## I. Entrepôt MP – PF

La MP utilisée pour la production des pylônes est essentiellement constituée de cornières, de fers plats et de feuilles de tôles. Ces produits, tous en acier (de nuance E 57 HRC ou 47 HRC). En plus de ces produits, les charpentes métalliques (profils H – U – I), les tubes carrés et les tubes ronds sont utilisés pour divers travaux des charpentes.

La disposition du flux de production adoptée plus haut nous impose certaines conditions sur les la disposition des produits à stocker :

### 1. La Matière première

La proposition précédemment vue dans le flux adopté propose l'utilisation de ponts roulants pour le transport de la matière première et leur alimentation sur les tables des machines. Ce moyen de manutention exige dans ses normes un déplacement des produits latéralement. Ceci concernant les cornières, les charpentes, les tôles et tous les produits de longues dimensions.

Les PF : L'espacement des produits finis est conditionné par :

- Un poids de chaque lot inférieur ou égal à 25 tonnes
- Les goussets et les boulonneries sont positionnés dans une sections différentes à celle des cornières et charpentes
- Les produits noirs sont séparés des produits galvanisés pour éviter une contamination
- La hauteur de stockage reste inférieure ou égale à 2 mètres
- Un couloir de passage de 2 mètres de largeur minimum pour le passage des engins de levage

### 1.1. Cornières

Nous avons scindé les composantes de chaque type de pylônes que nous avons reparti la consommation en MP en poids et en longueur par mois. Ce pour les pylônes 1 terne et 2 ternes et les pylônes de 22 KV du type 1 au type 5.

Pylônes 1 terne				Pylônes 2 ternes			
Type	Quantité	Poids unitaire (kg)	Poids total (kg)	Type	Quantité	Poids unitaire (kg)	Poids total (kg)
1T1PS2	15	15121,96	226829,4	2T1PN	50	8467,16	423358
1T1PA	3	7383,5	22150,5	2T1PT	2	11104,3	22208,6
1T1PN	459	5272,75	2420192,25	2T1PA	7	11887,57	83212,99
1T1PL	60	3946,43	236785,8	1T1PL	30	5797,95	173938,5
1T1PT	30	6785,82	203574,6	2T1PS1	7	16307,9292	114155,504
TOTAL			3109532,55	TOTAL			816873,594

Tab.17 - Répartition des pylônes 225kv

Pylônes 22KV							
Type	Quantité/ projet	Poids unitaire (kg)	Poids total (kg)	Pourcentage (%)	Qté annuelle de pylônes à fabriquer	Poids annuel (kg)	Stockage mensuel (kg)
Type 1	625	1894,27	1183918,75	48,26	255	483038,85	40253
Type 2	470	2271,3248	1067522,66	36,29	160	363411,968	30284
Type 3	160	2791,8342	446693,472	12,36	45	125632,539	10469
Type 4	34	4291,5859	145913,921	2,63	7	30041,1013	2503
Type 5	6	2784,8391	16709,0346	0,46	2	5569,6782	464
TOTAL			2860757,83	100	469	<b>1007694,14</b>	83974

Tab.18 - Répartition des pylônes 22 KV

Cette répartition nous fournit un total annuel de **3109.53 tonnes** de pylônes 1T et **816.87 tonnes** de pylônes 2T et de **1007.69414 tonnes** de pylônes 22 kV par an. Ce qui est en effet un surdimensionnement indispensable de 134.09414 tonnes par rapport à la capacité de production du demandée.

Suite à cette répartition vient le calcul du nombre de barres qu'aura besoin la production pour couvrir le mois de travail sans arrêt.

**Nombre de barres = Longueur totale du profilé par mois / 12000 mm**

NB : la matière première est en principe livrée par des barres de longueur 12 mètres mais cela varie et dépend du besoin défini par le service LOGISTIQUE. Les tableaux suivants présentent cette deuxième simulation sur le nombre de barres de cornières à consommer chaque année pour satisfaire la production de la capacité de 4934.1 tonnes obtenues ci-dessus.

Profil	Quantité annuelle		Quantité mensuelle		
	Longueur (mm)	Poids (kg)	Longueur	Poids	Nbre de barre 12m
L45x3	60910347	126106,561	5075862	10508	423
L50x3	96325879	222445,068	8027156	18537	669
L40x3	43833480	80214,6	3652790	6684	305
L45x4	47304557	129064,5	3942046	10755	329
L50x4	208783990	634775,213	17398665	52897	1450
L60x4	104886180	388012,763	8740515	32334	729
L60x5	48233448	220418,254	4019454	18368	335
L70x5	19407	104,22	1617	8	1
L70x6	48298830	308139,947	4024902	25678	336
L80x6,5	25253234	185357,983	2104436	15446	176
L90x7	3520020	33833,5292	293335	2819	25
L100x7	14920208	160015,76	1243350	13334	104
L100x8	21346548	259991,04	1778879	21665	149
L120x8	18431442	271101,84	1535953	22591	128
L120x10	4656952	84757,0464	388079	7063	33
L150x10	7906396	181647,2	658866	15137	55
L150x12	425164	11628,68	35430	969	3
L150x15	429828	14515,368	35819	1209	3
L150x18	429828	14515,368	35819	1209	3
L180x18	692132	33637,615	57677	2803	5

Tab.19 - BESOIN POUR PYLONES 225KV

Pylônes 22kv stock mensuel					
PROFIL	stock mensuel		Stock annuel		Nbre de barre/mois
	Longueur (m)	Poids (kg)	Longueur (m)	Poids (To)	
L40x4	14547,665	35,2053968	174571,98	422,464762	1213
L50x5	5085,96542	19,1740745	61031,585	230,088894	424
L60x6	2703,30333	14,651916	32439,64	175,822992	226
L70x7	895,173333	6,60637467	10742,08	79,276496	75
L80x8	85,99	0,8280846	1031,88	9,9370152	8
L90x9	95,1613333	1,15906467	1141,936	13,908776	8
L100x10	27,9846667	0,41725147	335,816	5,0070176	3

Tab.20 - BESOIN POUR PYLONES 22KV

### Principe de calcul :

Les tableaux ci-dessus représentent l'ensemble du tonnage et de la longueur de chaque type de profil à usiner durant douze (12) mois de production. Ainsi en fonction de ces valeurs, et à base d'une feuille de commande de matière première préalablement lancée et réceptionnée, on passe à une estimation des fardeaux de matière première à commander mensuellement ainsi qu'à la superficie de l'entrepôt qui permettra de stocker cette matière première pour couvrir un mois de production.

<u>emp.</u>	<u>PEDIDO R</u>	<u>cliente ped.</u>	<u>lot</u>	<u>Matériel</u>	<u>Longueur</u>	<u>MT/FARDEAU</u>	<u>FARDEAUX</u>	<u>MT</u>
9	E-57480	CEGELEC M/	1	L-40x4	12	2,471	34	84
9	E-57480	CEGELEC M/	2	L-45x3	12	2,500	16	40
9	E-57480	CEGELEC M/	3	L-45x4	12	2,667	3	8
9	E-57480	CEGELEC M/	4	L-50x3	12	2,529	17	43
9	E-57480	CEGELEC M/	5	L-50x4	11	2,500	2	5
9	E-57480	CEGELEC M/	6	L-50x4	12	2,500	30	75
9	E-57480	CEGELEC M/	7	L-50x5	12	2,452	42	103
9	E-57480	CEGELEC M/	8	L-60x4	11	2,400	5	12
9	E-57480	CEGELEC M/	9	L-60x4	12	2,488	41	102
9	E-57480	CEGELEC M/	10	L-60x5	12	2,526	19	48
9	E-57480	CEGELEC M/	11	L-70x6	9	2,417	24	58
9	E-57480	CEGELEC M/	12	L-70x6	9,5	2,526	19	48
9	E-57480	CEGELEC M/	13	L-70x6	10	2,500	18	45
9	E-57480	CEGELEC M/	14	L-80x7	9	2,500	8	20
9	E-57480	CEGELEC M/	15	L-80x7	12	2,538	13	33
9	E-57480	CEGELEC M/	16	L-120x8	10,5	2,571	7	18
9	E-57480	CEGELEC M/	17	L-120x10	12	2,333	3	7
9	E-57480	CEGELEC M/	18	L-120x15	12	2,571	7	18
6	E-47972	CEGELEC M/	19	L-150x10	8	5,000	5	25
6	E-47972	CEGELEC M/	20	L-150x10	8,5	4,667	9	42
6	E-47972	CEGELEC M/	21	L-150x10	10	4,833	12	58
6	E-47972	CEGELEC M/	22	L-150x12	7	4,000	20	80
6	E-47972	CEGELEC M/	23	L-150x12	8	4,000	6	24
6	E-47972	CEGELEC M/	24	L-150x15	7	4,250	16	68
6	E-47972	CEGELEC M/	25	L-150x18	7	4,214	14	59
6	E-47972	CEGELEC M/	26	L-150x18	12	4,333	6	26
9	E-57480	CEGELEC M/	27	L-60x4	11	2,444	18	44
9	E-57480	CEGELEC M/	28	L-60x4	12	2,480	25	62
9	E-57480	CEGELEC M/	29	L-60x5	11	2,467	15	37
9	E-57480	CEGELEC M/	30	L-60x5	12	2,538	26	66
9	E-57480	CEGELEC M/	31	L-60x6	12	2,571	14	36
9	E-57480	CEGELEC M/	32	L-70x5	12	2,538	13	33
9	E-57480	CEGELEC M/	33	L-70x6	10	2,500	8	20
9	E-57480	CEGELEC M/	34	L-70x6	12	2,458	24	59
9	E-57480	CEGELEC M/	35	L-70x7	12	2,500	12	30
9	E-57480	CEGELEC M/	36	L-80x7	10,5	2,500	26	65
9	E-57480	CEGELEC M/	37	L-80x8	12	2,667	3	8
9	E-57480	CEGELEC M/	38	L-90x7	7	2,750	8	22
9	E-57480	CEGELEC M/	39	L-90x7	12	2,667	9	24
9	E-57480	CEGELEC M/	40	L-90x9	12	2,750	4	11
9	E-57480	CEGELEC M/	41	L-100x7	10,5	2,625	8	21
9	E-57480	CEGELEC M/	42	L-100x8	7	2,727	11	30
9	E-57480	CEGELEC M/	43	L-100x8	10	2,571	14	36
9	E-57480	CEGELEC M/	44	L-100x8	10,5	2,600	5	13
9	E-57480	CEGELEC M/	45	L-100x10	12	2,400	5	12
9	E-57480	CEGELEC M/	46	L-120x8	9,5	2,364	33	78
9	E-57480	CEGELEC M/	47	L-120x8	10,5	2,636	22	58
9	E-57480	CEGELEC M/	48	L-120x8	12	2,333	3	7
9	E-57480	CEGELEC M/	49	L-120x10	10,5	2,625	8	21
9	E-57480	CEGELEC M/	50	L-120x12	12	2,400	5	12
6	E-47972	CEGELEC M/	51	L-150x15	12	4,800	5	24

Tab.21 – Fiche de commande de fardeaux de MP

Profil	Longueur (m)	Poids (kg)	Longueur des barres	Nbre de barres	Masse / Fardeau (Kg)	Nb de pièces/ Fardeau	Poids (KG/m)	Nb. Fardeaux / mois	Masse totale (Kg)
L45x3	5075	10508,89	12	423	2844	100	2,37	5	14220
L50x3	8027	18537,09	12	669	2529	89	2,39	8	20232
L40x3	3652	6684,55	12	305	2760	100	2,3	4	11040
L45x4	3942	10755,38	12	329	2667	82	2,74	5	13335
L50x4	17398	52897,94	12	1450	2500	69	3,06	22	55000
L60x4	8740	32334,4	12	729	2480	56	3,7	14	34720
L60x5	4019	18368,19	12	335	2538	47	4,57	8	20304
L70x5	1	8,69	12	1	2538	40	5,37	1	2538
L70x6	4024	25678,33	12	336	2458	33	6,38	11	27038
L80x6,5	2104	15446,5	12	176	2538	29	7,34	7	17766
L90x7	293	2819,47	12	25	2667	24	9,61	2	5334
L100x7	1243	13334,65	10,5	119	2625	24	10,7	5	13125
L100x8	1778	21665,92	10	178	2571	22	12,2	9	23139
L120x8	1535	22591,82	12	128	2333	14	14,7	10	23330
L120x10	388	7063,09	10,5	37	2625	20	12,8	3	7875
L150x10	658	15137,27	10	66	4833	22	23	3	14499
L150x12	35	969,06	8	5	4000	19	27,3	1	4000
L150x15	35	1209,62	12	3	4333	11	33,8	1	4333
L150x18	35	1209,62	12	3	4800	10	40,1	1	4800
L180x18	57	2803,14	10	6	4860	10	48,6	1	4860
L40x4	14547,7	35205,4	12	1213	2471	86	2,42	15	37065
L50x5	5085,97	19174,08	12	424	2452	55	3,77	8	19616
L60x6	2703,3	14651,92	12	226	2571	40	5,42	6	15426
L70x7	895,173	6606,38	12	75	2500	29	7,38	3	7500
L80x8	85,99	828,09	12	8	2667	24	9,63	1	2667
L90x9	95,1613	1159,07	12	8	2750	19	12,2	1	2750
L100x10	27,9847	417,26	12	3	2400	14	15	1	2400

Tab.22 – Cornières à stocker par mois

## 1.2. Charpentes

Profil	Besoin sur un projet		Quantité/ an	Production 200To/an		Besoin mensuel			Nb Fardeau
	Longueur unitaire (mm)	Poids unitaire (kg)		Longueur (mm)	Poids (kg)	Longueur (mm)	Poids (kg)	Nbre barres/12 m	
IPE 140	25516	328,89	20	510320	6577,8	42526,67	548,15	4	12,9
IPE 300	1434	60,57	20	28680	1211,4	2390	100,95	1	42,2
IPE 400	83082	5508,37	20	1661640	110167,4	138470	9180,62	12	66,3
Rond D18	30418	60,66	20	608360	1213,2	50696,67	101,1	5	2
UAC 40	71186	115,26	20	1423720	2305,2	118643,34	192,1	20 (6m)	1,6
UAC 60	14765	73,88	20	295300	1477,6	24608,34	123,14	6 (6m)	5
UPN100	14158	149,53	20	283160	2990,6	23596,67	249,22	2	10,6
UPN180	29140	639,36	20	582800	12787,2	48566,67	1065,6	5	21,9
UPN300	25066	1115	20	501320	22300	41776,67	1858,34	4	44,5
UPN400	29884	2130,14	20	597680	42602,8	49806,67	3550,24	5	71,3

Tab.23 – Charpentes à stocker par mois

### 1.3. Goussets

Tôles	Kg/m <sup>2</sup>	Besoin annuel Poids (kg)	Besoin mensuel		Nbre de feuilles		
			Poids (kg)	Surface (m <sup>2</sup> )	6m x 2m	6m x 1,5m	3m x 1,5m
Tôle 2	15,7	1436,4	119,7	7,63	0	1	0
Tôle 4	31,4	441,87	36,83	1,18	0	0	1
Tôle 5	39,25	2483,74	206,98	5,28	0	1	0
Tôle 6	47,1	63504,47	5292,04	112,36	9	0	1
Tôle 8	62,8	111732,93	9311,08	148,27	12	1	0
Tôle 10	78,5	34294,92	2857,92	36,41	3	0	0
Tôle 12	94,2	2102,6	175,22	1,87	0	0	1
Tôle 14	109,9	142400,04	11866,68	107,98	9	0	1
Tôle 16	125,6	27,978	2,34	0,02	0	0	1
Tôle 18	141,3	256,73	21,4	0,16	0	0	1
Tôle 20	157	3816,15	318,02	2,03	0	0	1
Tôle 28	219,8	4,9238	0,42	0,01	0	0	1
Tôle 32	251,2	3,1654	0,27	0,01	0	0	1

Tab.24 – Feuilles de tôles à stocker

### 1.4. Fers plats

FERS PLATS - 225 KV							
Profil	Longueur/pylône (mm)	poids/pylône (kg)	Quantité /an	Longueur/an (mm)	Poids/an (kg)	Longueur/ mois (mm)	Poids/ mois (kg)
1T1PL	16356	48,46	60	981360	2907,6	81780	242,3
1T1PA	14623	79,25	3	43869	237,75	3655,75	19,82
1T1PN	14445	56,6	459	6630255	25979,4	552521,25	2164,95
1T1PT	20364	76,09	30	610920	2282,7	50910	190,23
1T1PS2	3829	12,13	15	57435	181,95	4786,25	15,17
2T1PA	11488	36,29	7	80416	254,03	6701,34	21,17
2T1PL	15174	57,15	30	455220	1714,5	37935	142,88
2T1PN	9709	67,45	50	485450	3372,5	40454,17	281,05
2T1PT	10546	37,94	2	21092	75,88	1757,67	6,33
2T1PS2	5960	40,4293	7	41720	283,0051	3476,67	23,59
<b>Total</b>				<b>9407737</b>	<b>37289.32</b>	<b>783978.1</b>	<b>3107.5</b>

FERS PLATS - 22 KV							
Profil	Longueur/pylône (mm)	Poids/pylône (kg)	Quantité /an	Longueur/an (mm)	Poids/an (kg)	Longueur/mois (mm)	Poids/ mois (kg)
Type 1	51557	81,7427	255	13147035	20844,39	1095586,25	1737,04
Type 2	51661	99,1537	160	8265760	15864,59	688813,34	1322,05
Type 3	51817	119,5103	45	2331765	5377,964	194313,75	448,17
Type 4	52081	176,1685	7	364567	1233,18	30380,59	102,77
Type 5	37708	175,3316	2	75416	350,6632	6284,67	29,23
<b>Total</b>				<b>24184543</b>	<b>43670,80</b>	<b>2015378,60</b>	<b>3639,3</b>

Tab.25 : Fers plats

Nous obtenons ainsi un besoin mensuel de 203.6332 tonnes de charpentes par an et de 6.7468 Tonnes de fers plats moyennant une longueur de 2799.3567 m sur 6m la barre : **467 barres de fers plats/mois.**

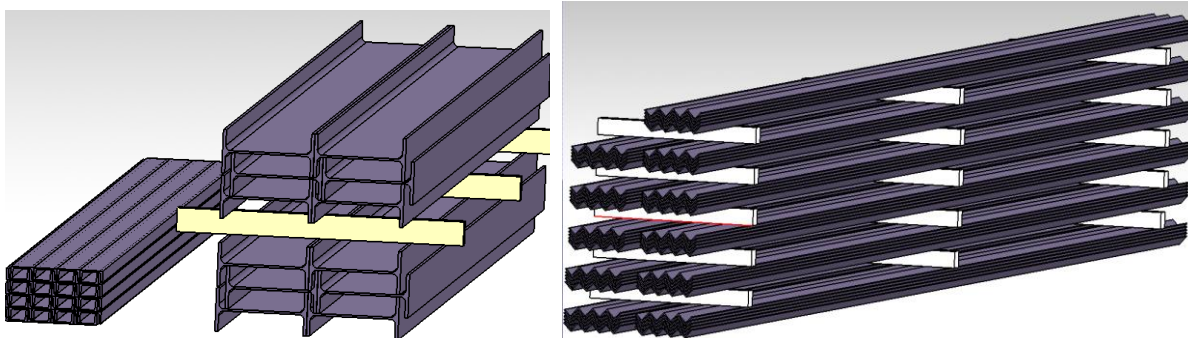
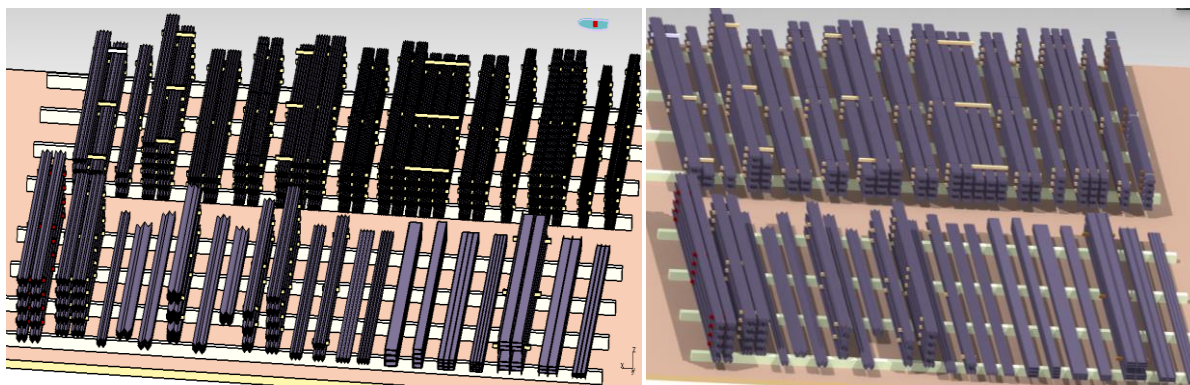


Fig.26 - Fardeau de matière première

Toutefois le nombre de fardeaux de cornières, de charpentes et le nombre de feuilles de tôles trouvé, un critère de leur installation s'impose :

- La hauteur à ne pas dépasser de 2 mètres,
- L'espacement entre deux lots de cornières de profils différents qui est de 400 mm,
- Impossibilité de superposer des fardeaux de différents profils,
- Le respect du sens de déplacement latéral des fardeaux avec les ponts roulants.

Proposé comme solution pour optimiser cet espace, nous avons installé deux lignes de stockage de 13 mètres avec 1 mètre de séparation pour permettre un déplacement libre de l'opérateur conducteur du pont roulant.



Tab.27 – Entrepôt de stockage de cornière

Ce qui nous donne un entrepôt de stockage de 27m x 20m. A cela s'ajoute 10 m sur le large pour le passage des camions remorques et 10m pour un stockage provisoire lors de la décharge de la matière première avec un chariot élévateur.

Pour le stockage des fers plats, tubes rond et tôles, nous utiliserons sur la même largeur tout le long de la portée de l'atelier dont 27m x 48m.

Nous obtenons en fin de compte un espace réservé pour le stockage de la matière première de **88m x 27m dont 2376 m<sup>2</sup>.**

Cet espace est nécessaire et indispensable mais n'est pas exploité sur sa totalité, dont sa possibilité d'extension de la matière première de **20%**.

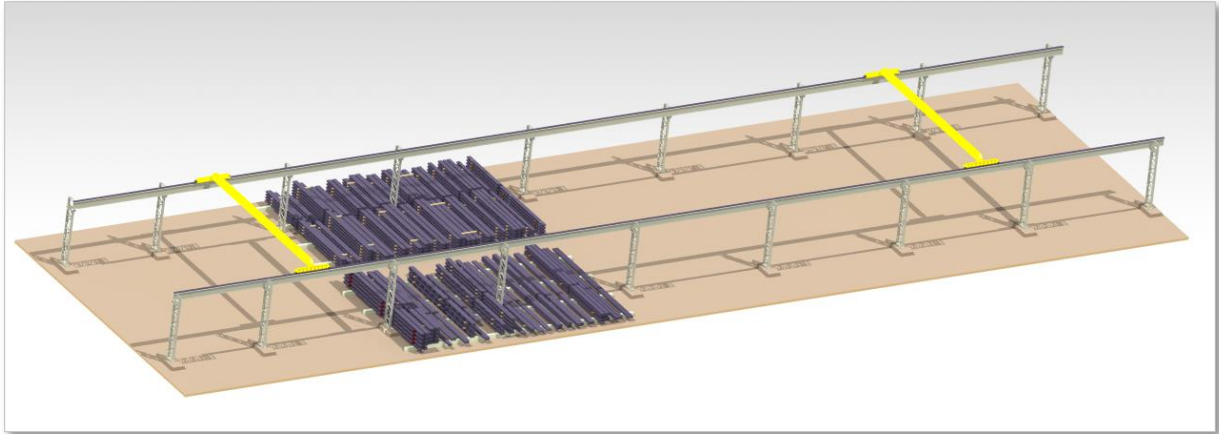


Fig.28 – Entrepôt de stockage de matière première

## 2. Produits finis

### 2.1. Visserie

Le stockage des boulons et rondelles entrent dans le cadre de stockage des produits finis car ils seront utilisés pour l'assemblage des pylônes 22 KV, pour l'assemblage des prototypes et principalement seront expédiés pour le montage sur chantier. Déjà galvanisés, ils sont emmagasinés dans les sachets les offrant la protection nécessaire contre les dégradants extérieurs (pluie, soleil, etc...).

#### **Vis + écrous + Rondelle**

Visserie				
Profils	Poids/pylône (kg)	nb. pylônes/an	poids/an (kg)	Poids/mois (kg)
1T1PL	161,8	60	9708	809
1T1PA	329,53	3	988,59	82,39
1T1PN	433,54	459	198994,86	16582,91
1T1PT	259,42	30	7782,6	648,55
1T1PS2	538,81	15	8082,15	673,52
2T1PA	472,6	7	3308,2	275,69
2T1PL	246,44	30	7393,2	616,1
2T1PN	294,1	50	14705	1225,42
2T1PT	431	2	862	71,84
2T1PS2	635,16	7	4446,12	370,51

Visserie				
Profil	Poids/pylône (kg)	Quantité/an	Poids/an (kg)	Poids/mois (kg)
Type1	49,42	255	12602,1	1050,17
Type2	62,14	160	9942,4	828,53
Type3	87,42	45	3933,9	327,83
Type4	121,5	7	850,5	70,88
Type5	94,3	2	188,6	15,72

Tab.26 – visserie

En récapitulatif, la consommation annuelle des pylônes en boulonneries sera de 283.80 tonnes dont un besoin dans l'entrepôt de stockage de 284 tonnes l'année dont 23.7 tonnes par mois.



## 2.2. Produits finis

Les produits finis sont de deux types : Le PF noirs et les PF galvanisés.

- Sont considérés comme PF noirs les produits transformés venant directement de l'atelier de fabrication. Ils sont stockés à l'intérieur de l'entreprise mais hors de l'atelier pour éviter l'encombrement de l'espace. Ainsi, ces produits sont posés à l'extérieur et doit être stocké de façon à permettre un accès aux engins de levages (chariots élévateurs). Les PF noirs sont regroupés par projet et sur des lots dont le poids reste inférieur ou égal à 25 tonnes (poids maximal des camions remorques). Egalement, les lignes de charpentes, de cornières, de goussets et des boulons sont séparés pour simplifier leurs identifications. La hauteur maximale à ne pas dépasser pour les charpentes et les cornières varie de 1m à 2m en fonction des dimensions. Les goussets eux sont stockés dans des bacs également par projet mais contrairement aux précédents, on ne peut superposer les bacs.

- Les PF galvanisés : ce sont les produits prêts à être livrés sur le chantier pour montage. Ce sont les produits noirs qui sont appliqués dans une procédure de protections superficielle contre la corrosion et les autres éléments dégradant de la nature. Ils n'occupent pas un espace important car ils sont tout de suite livrés après la galvanisation. Concernant les pylônes basse tensions (22 KV), un important pourcentage du pylône est assemblé avant d'être livré. Les conditions de stockage restent les même que les PF noirs sauf qu'en plus des espacements pour la circulation des chariots élévateurs, un espace supplémentaire est nécessaire pour l'assemblage des pylônes 22 KV. Cet espace supplémentaire sera utile également pour l'assemblage des prototypes.

On utilisera des barres de sécurité pour limiter, séparer et modeler cet espace et limiter l'accès lors d'un chargement ou un déchargement ou encore un travail quelconque dans cette section.

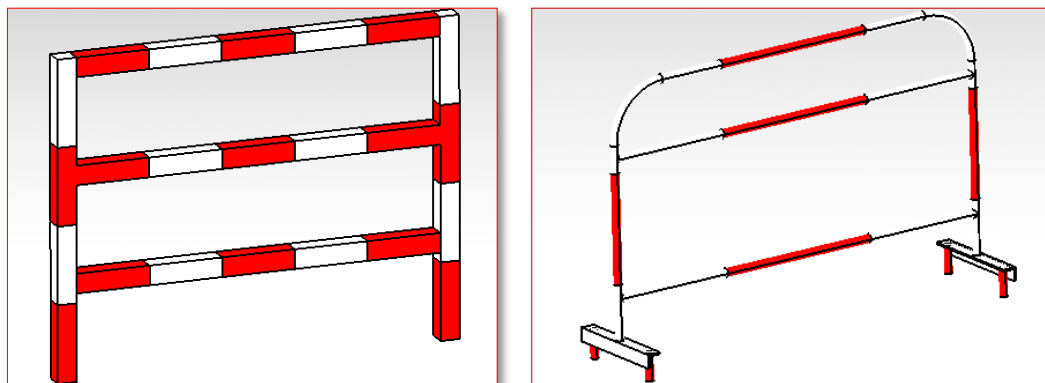


Fig.29 – Barres de limitation d'accès

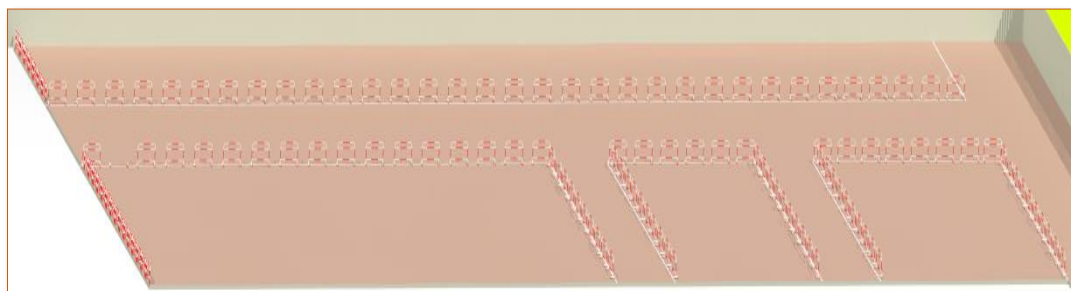


Fig.30 – Entrepot de stockage PF

## II. Dimensionnement de l'atelier

L'atelier de fabrication est le local contenant tout le matériel permettant la transformation de la matière première pour l'obtention des produits finis. Son dimensionnement est fait suivant les critères suivants :

**1. SMN :** Dans cette section, nous avons selon le chapitre précédent déterminé quatre (04) machines numériques : la HD 615, VP166, HP16T6, VP 21. Un convoyeur à rouleaux est installé au milieu des 04 machines pour leurs alimentations en matière première. Egalement un espace est réservé pour l'installation des centrales hydrauliques et les armoires électriques, et un espace est prévu pour les réunions des chefs d'équipes. Le dimensionnement de cette section est conditionné par les espaces de travail nécessaire de chaque machine qui sont :

HD615 = 6m ; VP 166 = 3m ; HP16T6 = 3m ; VP21 = 3m ; convoyeur à rouleaux = 1m. Un espacement de 1 m est laissé entre les machines pour permettre un libre déplacement de l'opérateur conducteur du pont roulant lors de l'alimentation en matière première et pour permettre un travail aisé et sans risque lors des opérations de maintenance. La surface réservée pour les réunions des chefs de sections s'étend sur une largeur de 2m parallèlement à l'espace des centrales hydrauliques et armoires.

Ce qui donne une portée de :  $1+6+1+3+1+1+1+3+1+3+1+2 = 24$  m.

La longueur est estimée en considérant la longueur maximale des machines qui se trouve être la HD615 : 40 m, plus un passage des engins élévateurs de 5m plus finalement 5m pour les machines de grugeages, de marquage et le bureau des chefs de section. Ce qui fait une longueur de **50 mètres** pour une portée de **24 mètres = 1200m<sup>2</sup>**.

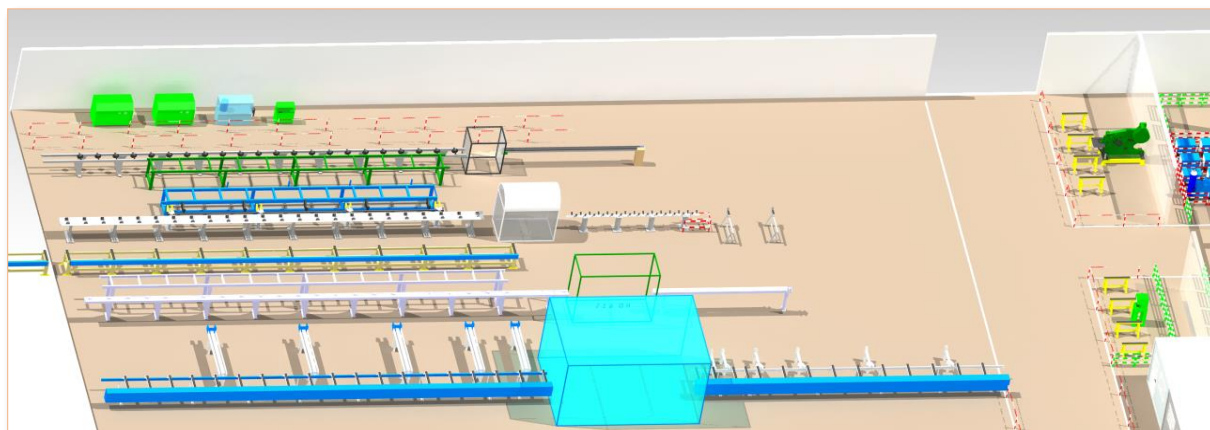


Fig.31 – Section Machines numériques CNC

**2. MSC :** Cette section est un complément de la précédente pour l'usinage des cornières. Elle contient les machines conventionnelles hydrauliques de poinçonnage à simple vérin. Elle est constituée de deux (02) lignes de production occupant 3 mètres de largeur chacune et séparée d'un passage de chariot élévateur de 3.5 mètres. D'où 9.5 m occupée sur toute la longueur. Chaque ligne a la possibilité de contenir trois (03) machines de poinçonnage et une (01) machine de cisailage. Ces machines conventionnelles de cisailage et de poinçonnage sont complétées par les machines de grugeage et de marquage positionnée stratégiquement dans la section machines numériques pour optimiser le flux vers le stock de PF ou vers la section charpente.

3. **Section Goussets** : Cette section est en partie en rapport avec la section MSC ; elle est composée de deux lignes de production dont une pour les machines de poinçonnage à doubles vérins permettant des travaux parallèles à l'avant et à l'arrière de chaque machine, et l'autre réservée pour l'oxycoupage, le pliage, marquage des goussets, un bureau et d'autres machines en cas d'extension. Une ligne occupe une largeur de 3 mètres et l'autre 6 mètres ; elles sont séparées par un passage de 3.5 mètres ; Un convoyeur à rouleaux de 1m de largeur relie cette section à la section charpente métallique espacé de 0.5 m avec la machine d'oxycoupage et la limite de la section. Ce qui revient à une portée de  $3+3.5+6+0.5+1+0.5 = 14.5$  mètres.

Ces deux sections MSC et Goussets occupent  $24m \times 50m = 1200 m^2$ .

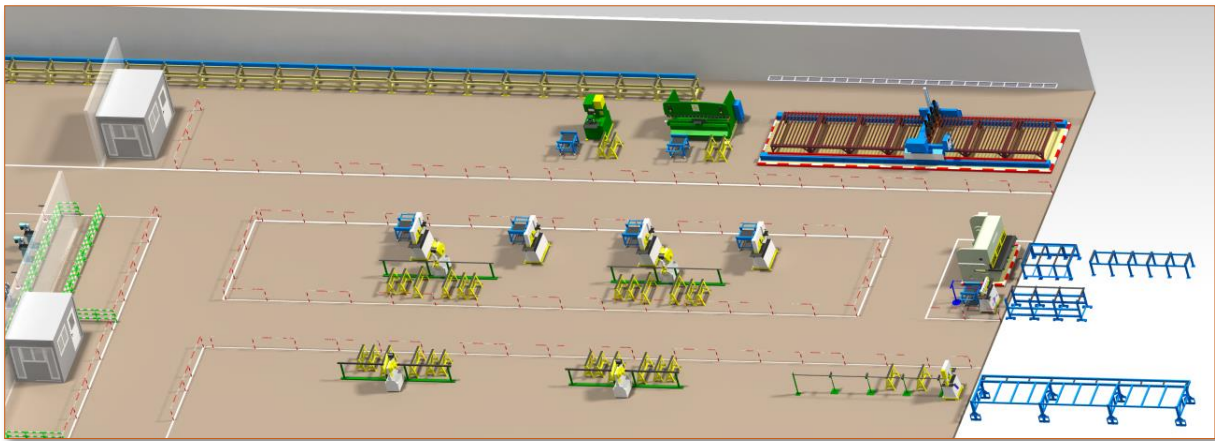


Fig.32 – Section goussets

4. **Section charpente** : C'est dans cette section que s'effectue les différents travaux des charpentes métalliques ; la principale opération est la soudure. Pour permettre la réalisation des différentes opérations dans cette section, quelques machines y sont fixées, ce sont : deux perceuses à colonne, une affuteuse, une enclume, Une machine de burinage et délardage. L'espace occupé par ces machines est d'une largeur de 2 mètres, séparé des sections cornières et goussets de 1 mètre permettant un passage piéton. Un autre emplacement est réservé pour stocker les postes de soudures. En faces de cette ligne, un bâtiment comportant les bureaux de la section, de la maintenance, du magasin et une partie des visières. Les travaux de soudage seront effectués en exploitant tout le reste de cette section. Ainsi nous avons dédié une superficie de  $48m \times 24m$  dont  $1152 m^2$ .

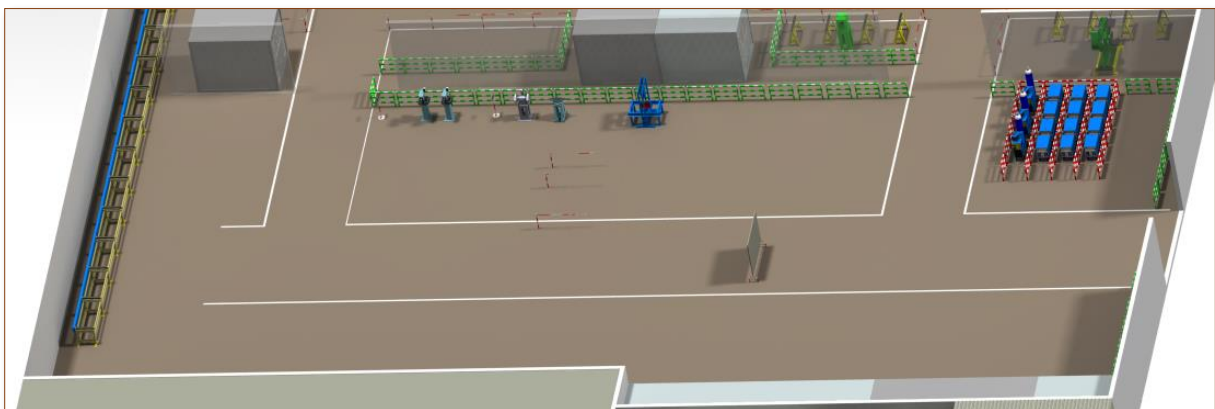


Fig.33 – Section charpente

## 5. Manutention :

Dans cette phase on parle de la détermination des moyens de manutention. La manutention dans notre concerne l'action de déplacer les produits dans l'entreprise d'un endroit à un autre qu'il soit de la matière première, semi-fini ou produit fini ; et ceux sans mettre en danger les opérateurs ni avoir besoin d'arrêter la production ou de stopper une intervention en cours. Pour ceux, nous avons adopté la stratégie suivante :

- La décharge de la matière sera effectuée d'une façon rapide avec un pont roulant de puissance de levage 5 tonnes minimum
- La matière première sera transportée par un pont roulant double de puissance 5 tonnes pour l'alimentation des machines.
- Un convoyeur à rouleaux pour servir et alimenter les tables des machines numériques
- Des tables mobiles pour le déplacement du flux dans la section goussets
- Un pont roulant pour les mouvements des produits dans la section charpente.
- Un chariot élévateur COMBILIFT pour déplacer les produits fabriqués en section machines numériques jusqu'à l'entrepôt de stockage de l'atelier.
- Un chariot élévateur de 7 Tonnes
- Un convoyeur à rouleaux reliant la section simple gousset à la section charpente.

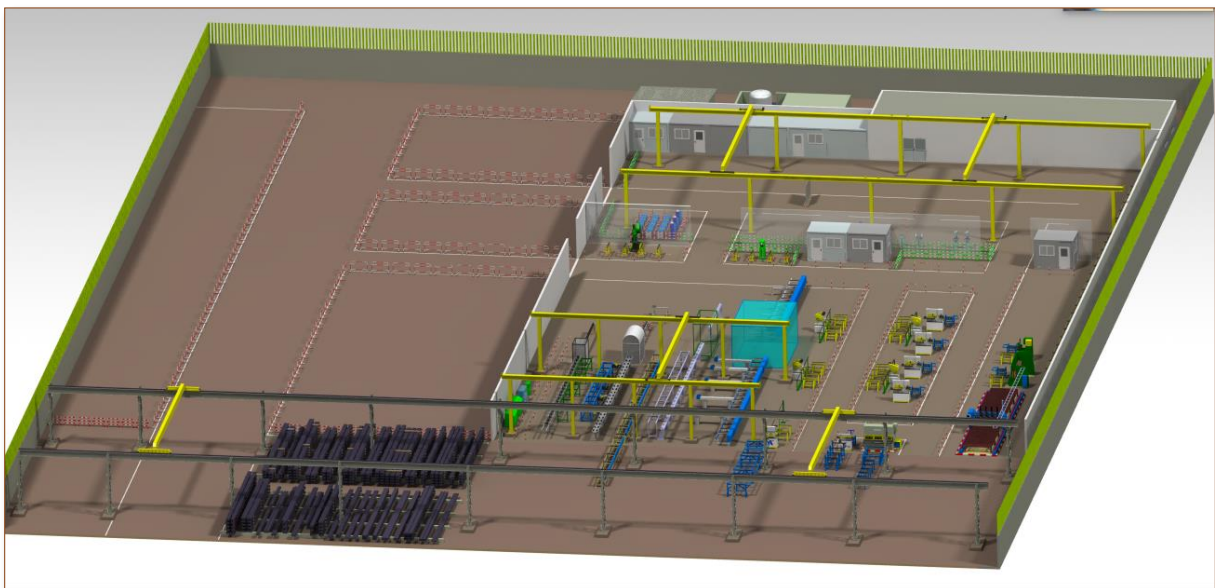


Fig.34 – Manutention par ponts roulants

## Conclusion

Dans ce chapitre est expliqué la méthode utilisée pour le dimensionnement de l'atelier. Ce dimensionnement est passé par la détermination du nombre de fardeau mensuel. Connaissant ce nombre, nous avons pu faire le calcul des espaces de stockage. De l'analyse faite dans la partie du dimensionnement de la manutention, nous déduisons le tableau suivant.

Manutention	<b>3</b> transpalettes manuelles
	<b>8</b> tables mobiles manuelles
	<b>3 Ponts roulants de 5 tonnes dont 1 double</b>
	<b>2 lignes de</b> convoyeur à rouleaux
	<b>2</b> Chariots élévateur 5 tonnes minimum

Tab.27 - Moyens de manutention nécessaires

Dans le chapitre suivant, nous abordons l'aspect génie civil qui traite et justifie le choix de la couverture de l'atelier, des bâtiments de couverture, du bâtiment administratif et de la clôture.

## Chapitre II : Génie civil

### Introduction

Dans ce chapitre, il est question de traiter tout ce qui concerne le génie civil ; le choix des bâtiments, la clôture, l'installation des machines etc... Cette dernière devra être faite selon un plan d'implantation génie civil et ce en fonction des conditions du constructeur de la machine qui impose certaines contraintes :

- Normes génie civil de la machine concernée
- Hauteur de travail de la machine
- Contraintes de vibrations
- Chronologie d'installation
- Etc...

### I. Couverture de l'atelier : Structure métallique par bardage

La construction métallique de nos jours est beaucoup utilisée pour la réalisation de la charpente des bâtiments industriels et commerciaux comme les usines, les hangars de stockage mais également dans d'autres domaines (passerelles, ponts, plates formes de forages, remontée mécanique, etc...), on les retrouve également à un degré moindre dans des bâtiments d'habitation.

#### 1. Les poutrelles classiques généralement retrouvées

- 1 – Poteau HEA ou IPE
- 2 – Traverse HEA ou IPE
- 3 – Lisse filante
- 4 – Baionnette
- 5 – Diagonale de versant
- 6 – Panne IPN ou IPE
- 7 – Cheneau en chaine pliée
- 8 – Faitière métallique
- 9 – Couvertine métallique
- 10 – Gouttière ½ ronde
- 11 – Chassis vitré
- 12 – Bardage métallique
- 13 – Lisse de bardage
- 14 – Croix de Saint-André
- 15 – Potelet de pignon HEA ou IPE
- 16 – Jarret

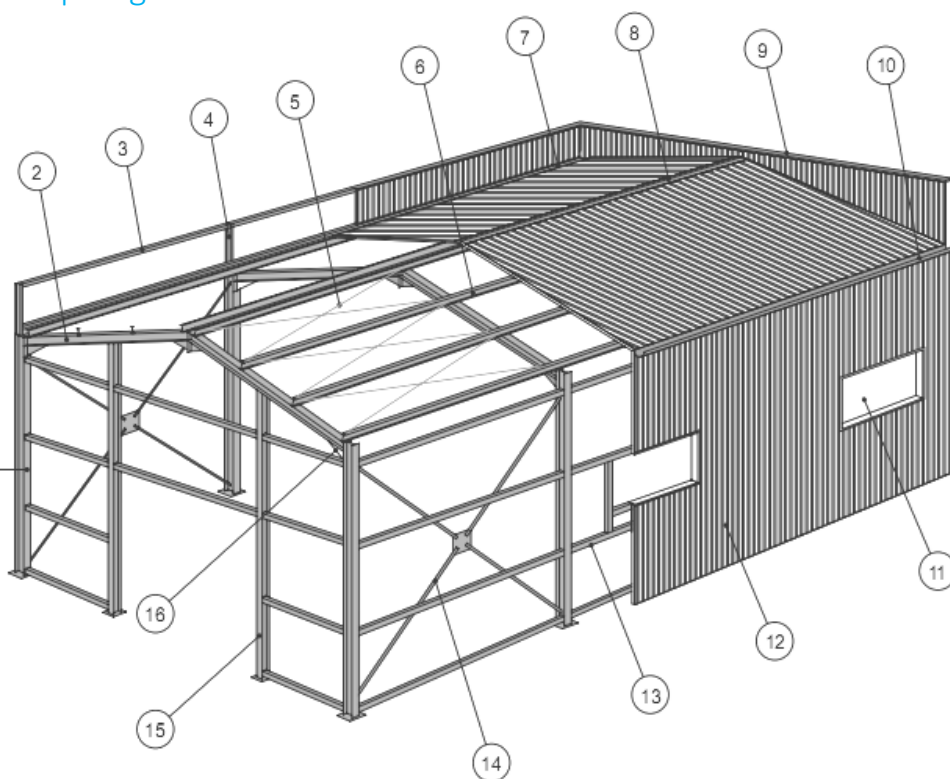


Fig.35 Terminologie pour charpente et bardage métallique

Généralement, dans la construction métallique des bâtiments industriels, on retrouve les poutrelles classiques (charpente profil en I, U H), les profilés métalliques encore dénommé laminés marchands et les toles usinées ou goussets. Dans les tableaux suivants sont classés les types de profils standards retrouvés sur le marché.

Forme	Profil		Dimensions
Profils angulaires	Cornières à ailes égales		6 à 12 m
	Cornières à ailes inégales		6 à 12 m
Fers plats	Fers plats		6 à 12 m
Profils pleins (Diamètre et coté)	Tubes Ronds	< 70 mm	6 à 12 m de longueur
		[70 et 105] mm	3 à 9 m de longueur
	Tubes carrés Hexagones		
Goussets	Toles		Epaisseur $\geq$ 1 mm
			3m x 1.5m
			6m x 1.5m
			6m x 2m

Tab.28 – Profils standards

Désignation	Nom	
I	IPN	I profil normal
	PA	Poutrelle allégée de forme I
	IPE	I profil européen
	IPE-A	I profil européen allégé
	IPE-R	I profil européen renforcé
H	HEA	Profil H type A
	HEA-A	Profil H type A allégé
	HEB	Profil H type B
	HEM	Profil H type M
	HEC	Profil H type C
U	UPN	U profil normal
	UPN-A	U profil normal allégé
	UAP	Profil U à ailes parallèles
	UAP-A	Profil U à ailes parallèles allégées
	PIA	Poutrelle à inertie adaptable
	PSA	Poutrelle en I à ailes parallèles super-allégées
	PRS	Poutrelle reconstituée soudée

Il existe différentes types de structures métalliques sans la couverture des bâtiments métalliques dont nous pouvons principalement citer :

- Les structures en portique (a)
- Les structures en treillis (b)
- Les structures tridimensionnelles tubulaire. (c)

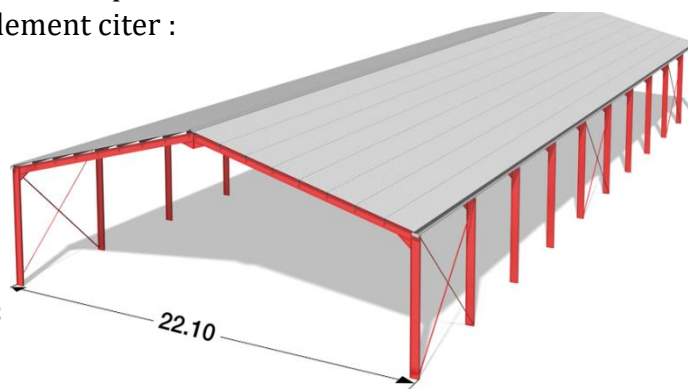


Fig.36. a



Fig.36. b



Fig.36. c

Fig.36 – Différentes structures métalliques

## 2. Bardage

Les bardages métalliques sont des parois qui assurent à la fois les différentes fonctions suivantes :

- La résistance mécanique ;
- L'étanchéité à l'air et à l'eau ;
- L'isolation thermique et acoustique ;
- L'esthétique.

Ils sont réalisés à partir d'éléments nervurés réalisés en acier ou en aluminium ; Les plaques peuvent être posées horizontalement ou verticalement. On distingue trois types de bardage selon les fonctions retenues :

- Le bardage simple peau : c'est une solution économique qui n'assure pas les fonction d'isolation.

- Le bardage double peaux : Ce type de bardage est constitué d'un plateau intérieur horizontal fixés sur les poteaux des portiques, sa fonction d'isolation est assurée par une laine minérale d'épaisseur en 60 et 100 mm et le parement extérieur est à nervures verticales.

- Le bardage par panneaux sandwich : Ce sont des panneaux monoblocs composés de 2 parements en tôle nervurée enserrant un isolant en mousse de polyuréthane d'épaisseur allant de 30 à 100 mm.

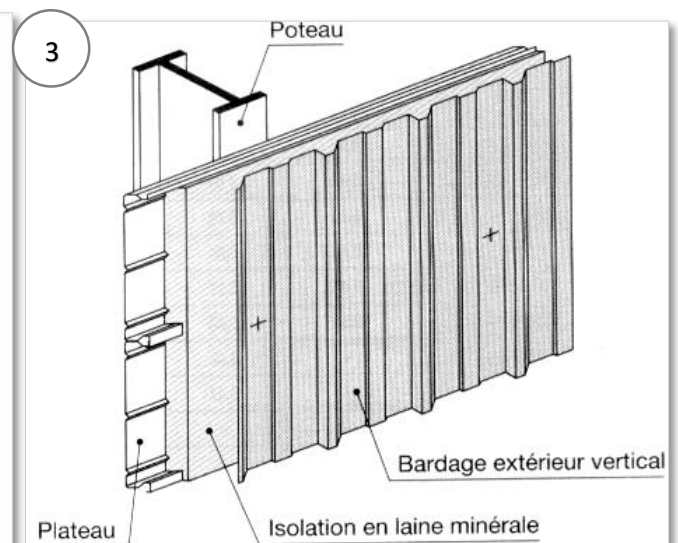
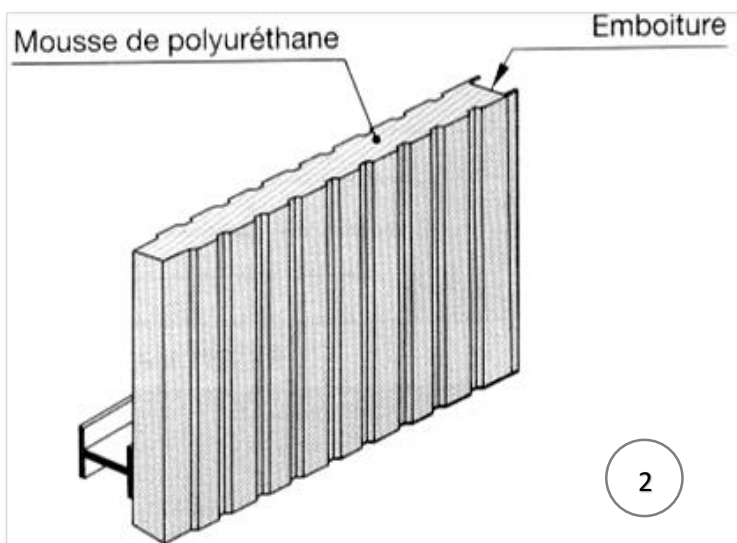
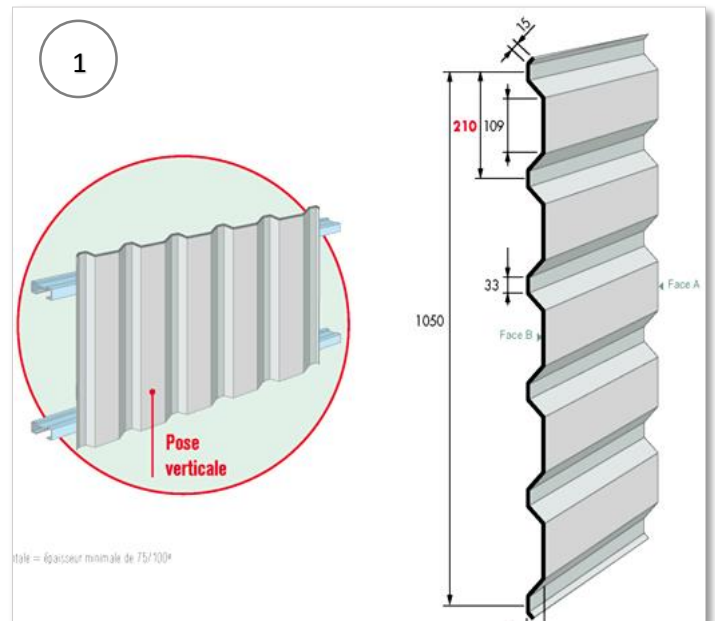
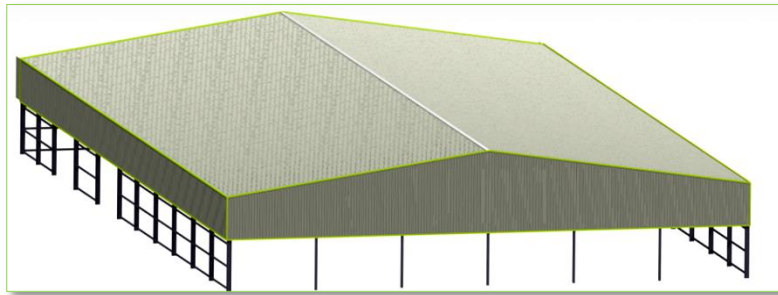


Fig.37 – Bardage : 1 = simple peau ; 2 = panneaux de sandwich ; 3 = double peaux



## II. Etude de cas : Usine de Cote d'Ivoire à installer

Dans le cas de ce projet en cours, nous avons opté pour la couverture métallique une structure squelettique en portique. Cette structure sera recouverte d'un



bardage à double peaux pour permettre une isolation du bruit sonore important qu'émettent les machines lors de leurs fonctionnements et également, ce type de bardage permettra d'isoler la température en été vu l'importance de la chaleur dégagée pendant cette période.

Compte tenu de ces facteurs, nous avons trouvé juste de faire une combinaison de cette construction métallique avec une construction en agglo (ou en béton). Cette construction est en effet un mur de contreventement. Ce mur couvrira tout le périmètre de l'atelier, évidemment sauf les portes d'accès, et sera d'une hauteur de trois (03) mètres de hauteur sur une largeur de 180 à 200 mm.



Fig.38 – ATC couvert par bardage

En outre le l'atelier de production, nous avons opté pour l'utilisation de la charpente métallique pour les hangars de recouvrement des moyens de locomotion ; Le parking des engins à deux (02) roues et celui des véhicules.

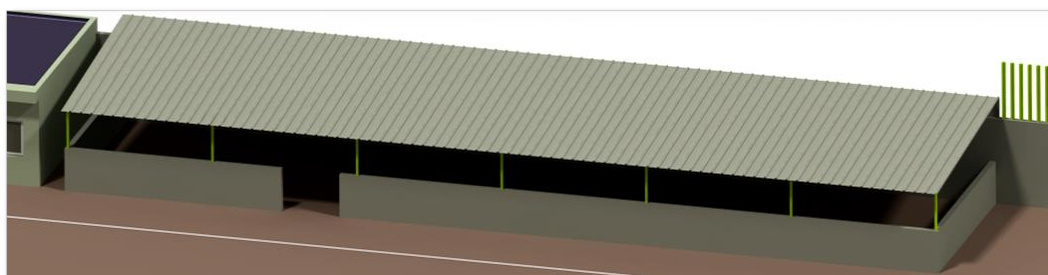


Fig.39 – Hangard parking

### III. Construction agglo-béton

L'agglo est défini comme étant un bloc de béton moulé fréquemment en forme de parallélépipède creux ou non. Dans le domaine de la construction, on compte plus de 150 blocs de béton différents mais l'agglo reste celui qui possède le meilleur rapport prix/qualité. Il est composé de ciment, de sable, de gravier et de gravillons. Dans le cours de ce projet, l'utilisation de ce composant est indispensable dans les constructions. Comme abordé dans la partie précédente, il sera utilisé pour la construction d'un mur de contreventement enveloppant tout le pourtour de l'atelier. Les bâtiments tels que les vestiaires et douches, le local du compresseur pneumatique, le local des gaz et le local ainsi que les locaux renfermant le transformateur électrique et le TGBT sont construits en agglo.



Fig.40 – Agglo

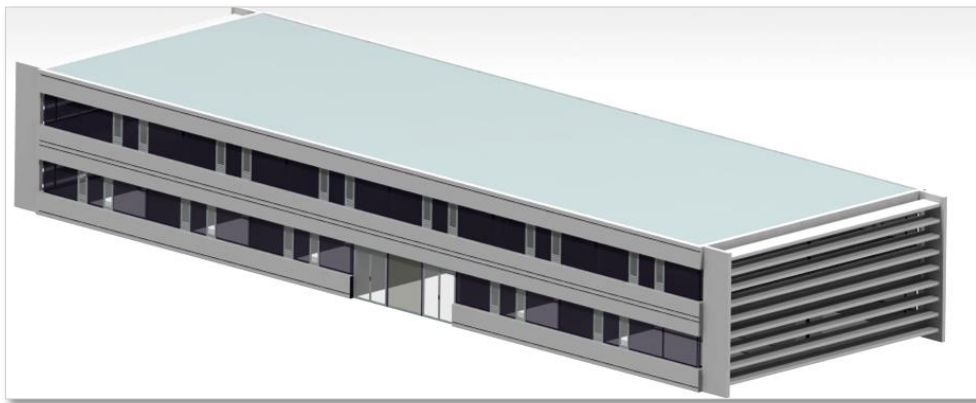


Fig.41 – Bâtiment administratif

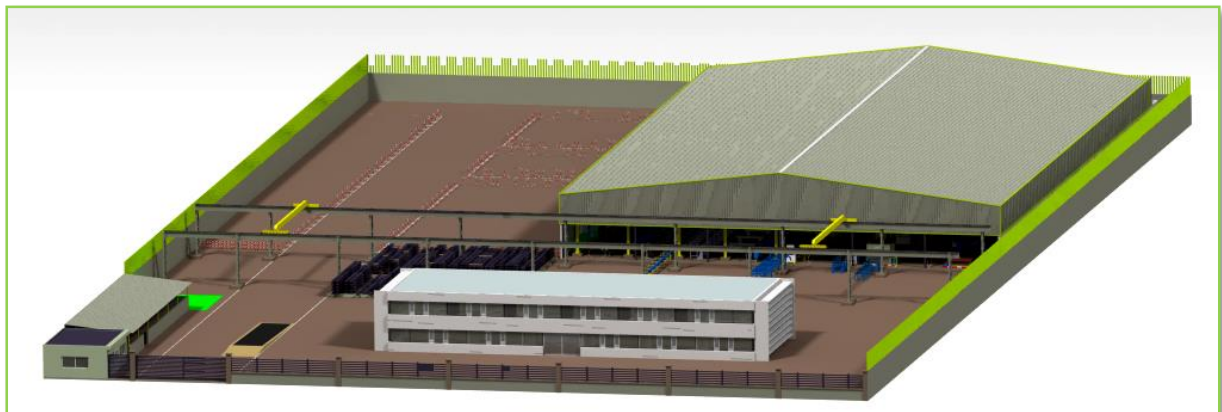


Fig.42 – L'usine ATC - CI

### Conclusion

Ce type de construction agglo + béton sera utilisé pour la clôture de toute l'entreprise, la construction de la guérite, la construction du bâtiment administratif et de tous locaux qui en nécessitent. Le sol sera recouvert d'une importante couche de béton ; Les passages des engins de levage et des véhicules en plus du béton renforcé seront recouverts d'une épaisseur de goudron adaptée à leur passage. Nous verrons dans le prochain chapitre une possibilité d'installation d'une unité de galvanisation.

## Chapitre III : Implantation d'une unité de galvanisation

### Introduction

Cette partie est en quelques sorte une perspective que nous avons proposé à l'approche de la fin du stage et que nous avons défendu lors d'une présentation pour convaincre les responsables d'envisager l'implantation d'une unité de galvanisation. Une fois acceptée, nous avons programmé une visite dans une unité de galvanisation dans la ville de Mohammedia, GALVACIER. Ce chapitre présente juste un résumé du processus de galvanisation.

### I. Définition

De par ses caractéristiques mécaniques, économiques et en raison de sa longévité, l'acier est un matériau couramment utilisé et industrialisé. Cependant, sans une protection efficace contre la corrosion, l'acier rouille. Les conséquences ne sont pas seulement esthétiques : elles sont aussi financières à cause des coûts de maintenance élevés. Il est donc indispensable de trouver une solution pérenne pour le protéger de la corrosion. La galvanisation à chaud est un des procédés les plus efficaces

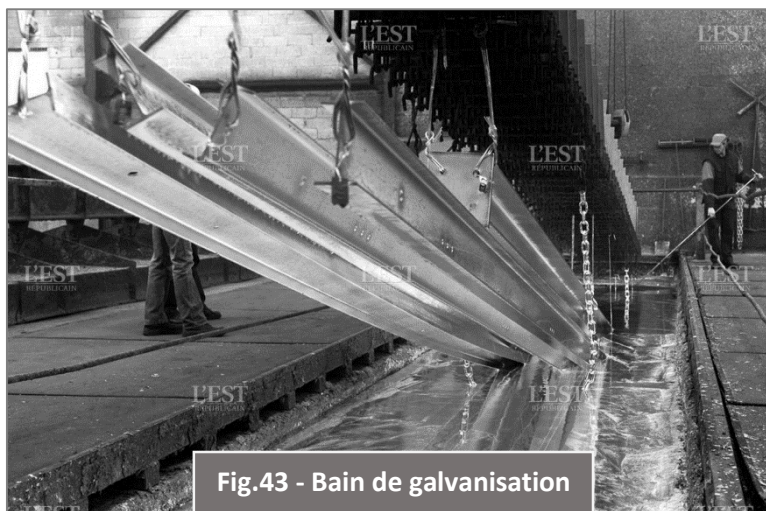


Fig.43 - Bain de galvanisation

De nombreux procédés de traitement anticorrosion de l'acier par le zinc coexistent : galvanisation, galvanisation en continu, électro-zingage, métallisation, shéardisation, peinture riches en zinc. Un seul correspond à l'immersion de produits finis dans un bain de zinc en fusion, c'est la galvanisation. C'est l'unique méthode qui permette de traiter toute la surface de l'acier, autant intérieure qu'extérieure. Mais c'est aussi la seule qui génère un alliage entre fer et zinc, et donne au revêtement ses propriétés chimiques et mécaniques. La galvanisation est l'action donc de recouvrir une pièce d'une couche de zinc dans le but de la protéger contre la corrosion. Le traitement est dit anticorrosif.

### II. Principes chimiques

La galvanisation à chaud au trempé consiste à revêtir et à lier de l'acier avec du zinc en immergeant l'acier dans un bain de zinc en fusion à 450 °C environ.

Ce procédé ne consiste pas uniquement à déposer du zinc sur quelques micromètres à la surface de l'acier. Le revêtement de zinc est chimiquement lié à l'acier de base, car il se produit une réaction chimique métallurgique de diffusion entre le zinc et le fer ou l'acier à 450 °C. Quand on retire l'acier du bain de zinc, il s'est formé à sa surface plusieurs couches d'alliages zinc-fer sur lesquelles le zinc entraîné se solidifie. Ces différentes

couches d'alliages, plus dures que l'acier de base pour certaines, ont une teneur en zinc de plus en plus élevée au fur et à mesure que l'on se rapproche de la surface du revêtement. Le traitement doit être conforme à la norme ISO 1461 (« Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis en fonte et en acier »).

Épaisseur de la Pièce	Épaisseur moyenne de revêtement (valeur minimale)* µm	Masse moyenne de revêtement (valeur minimale)* g/m <sup>2</sup>
Acier > 6 mm	85	610
Acier > 3 mm à ≤ 6 mm	70	505
Acier ≥ 1,5 mm à ≤ 3 mm	55	395
Acier < 1,5 mm	45	325
Pièces moulées ≥ 6 mm	80	575
Pièces moulées < 6 mm	70	505

Tab.29 - Epaisseurs minimales de revêtement

### III. Processus de galvanisation

La galvanisation de produits finis comprend 8 étapes principales :

#### 1. Le dégraissage

Il a pour but d'enlever toutes les salissures et graisses qui empêcheraient la dissolution des oxydes de fer superficiels. Le dégraissage est effectué dans des bains contenant du carbonate de sodium ou de la soude avec addition de détergents et de tensioactifs à 60°C / 80°C. Parfois, des dégraissants acides peuvent être utilisés.

#### 2. Le rinçage

Un rinçage est effectué après le dégraissage afin de ne pas polluer les opérations suivantes.

#### 3. Le décapage

Il a pour but d'enlever la calamine et les autres oxydes présents à la surface de l'acier. Le décapage est effectué dans une solution d'acide chlorhydrique dilué à température ambiante, additionné d'un inhibiteur qui permet d'éviter l'attaque de l'acier lorsqu'il est débarrassé de ses oxydes. Des solutions d'acide sulfurique sont parfois utilisées avec l'inconvénient d'une mise en œuvre à 70°C nécessitant un chauffage. Un décapage mécanique (grenaillage) peut parfois remplacer le décapage chimique, en particulier dans le cas de la fonte, afin d'éliminer la silice se trouvant en surface.

#### 4. Séchage

Un rinçage est également effectué après le décapage afin de laver les pièces des sels de fer et des traces d'acide qui pollueraient l'opération suivante.

#### 5. Le fluxage

Il permet d'éviter que l'acier ne se ré-oxyde avant l'entrée dans le bain de zinc. La décomposition du flux permet également de favoriser la réaction métallurgique fer/zinc lors de l'immersion de la pièce dans le bain de zinc. Le fluxage est effectué par une solution aqueuse de chlorure de zinc et de chlorure d'ammonium portée à 60°C.

#### 6. Séchage

Le séchage est effectué dans une étuve afin d'éviter les projections de zinc au moment de l'immersion de la pièce.

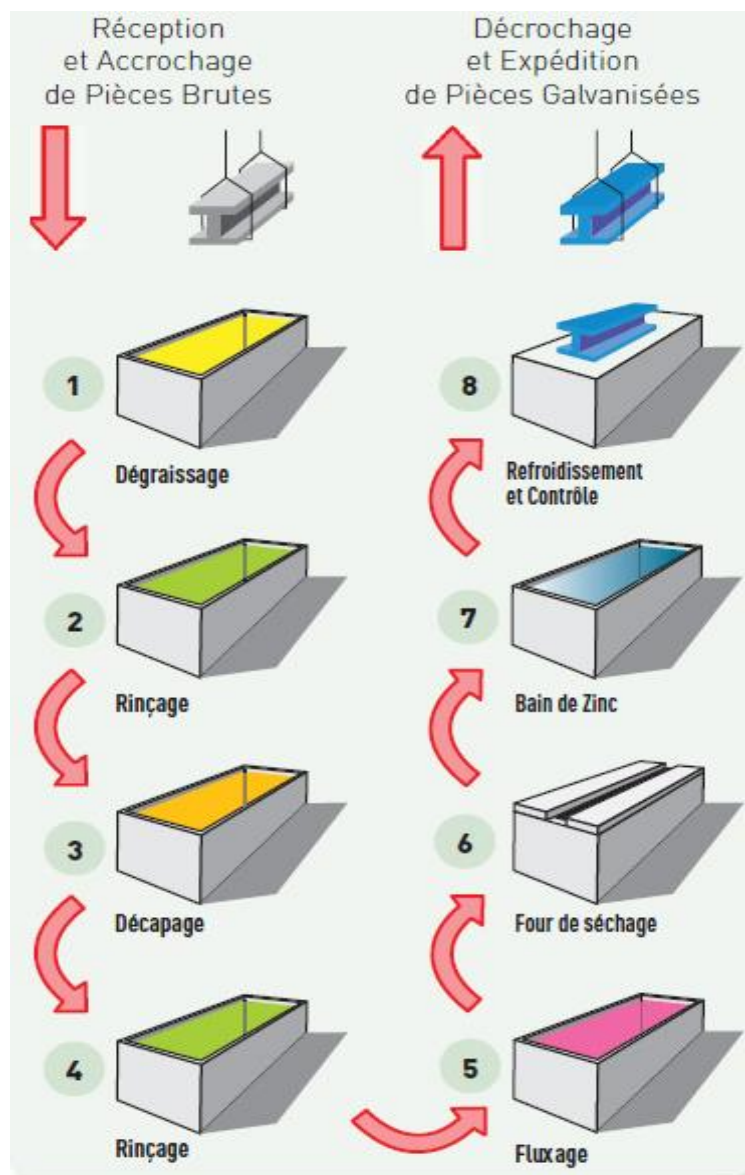
#### 7. La galvanisation

Les pièces sont ensuite immergées dans le bain de zinc fondu à 450°C. Les temps d'immersion varient suivant l'importance des charges, des dimensions et de l'épaisseur des pièces : de 3 à 4 minutes pour des pièces de forme simple, et de 10 à 15 minutes pour des ensembles massifs ou des corps creux de grandes dimensions. Pour des raisons environnementales, le plomb autrefois utilisé est désormais remplacé par de l'étain dans les bains de zinc. L'aluminium est également présent (moins de 0,01%). L'étain est utilisé en raison de sa faculté à favoriser la fluidité du zinc tandis que l'aluminium permet d'éviter l'oxydation superficielle du bain et de favoriser la brillance. D'autres éléments d'addition (Nickel, Bismuth, par exemple) peuvent également être intégrés dans le bain. Ils agissent, entre autres, sur la réactivité Fer-Zinc qui a lieu lors de cette opération.

#### 8. Refroidissement et contrôle

Les pièces galvanisées sont ensuite refroidies à l'air libre et contrôlées.

Il faut en moyenne de 60 à 70 kilos de zinc pour protéger une tonne d'acier contre la corrosion.



## IV. Les avantages de la galvanisation

### 1. Une protection intégrale des pièces

Une pièce galvanisée à chaud est totalement protégée à l'extérieur comme à l'intérieur (surfaces, tranches, perçages, soudures...), ainsi que dans les endroits les plus inaccessibles (réservoirs, corps creux, tubulaires...), grâce à la technique d'immersion dans un bain de zinc liquide.

### 2. Une très faible vitesse de corrosion

Un produit fini entièrement galvanisé présente de très faibles pertes de zinc dans le temps ( $\mu\text{m}/\text{an}$ ). On doit cet avantage à la faculté du zinc à former une barrière efficace, entre l'acier et les agents agressifs des différents environnements (voir tableau ci-dessous).

### 3. Une très longue durée de vie

La galvanisation par immersion protège les pièces aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur. Le zinc se protège en s'oxydant pour cela il consomme en atmosphère rural environ 1micron de son épaisseur par an. Les pièces galvanisées ont donc une très longue durée de vie. La galvanisation peut ainsi offrir des durées de vie parfois supérieures à 50 ans.

### 4. Des propriétés mécaniques remarquables

La surface d'une pièce en acier galvanisée est constituée de plusieurs couches intermétalliques (alliages fer-zinc) plus dures que l'acier, ce qui lui donne une résistance exceptionnelle à l'abrasion, ainsi qu'une bonne adhérence.

### 5. Un choix esthétique

La galvanisation à l'état brut est une matière esthétiquement appréciée par les architectes. Pour répondre à un souci d'harmonie architecturale, elle peut être peinte dans plusieurs teintes.

### 6. Des produits directement prêts à l'emploi

Une fois galvanisée, une pièce se transporte et se met en œuvre facilement, quelles que soient les conditions météorologiques.

## Conclusion

Le domaine d'application des pylônes et charpentes métalliques est un domaine à long terme, c'est-à-dire qu'une fois un pylône est implanté, c'est rarement dans un objectif d'être déterré par la suite ; Pour cela, le traitement de surface (galvanisation, métallisation, peinture, etc...) est nécessaire et indispensable. Pour cet atelier qui sera implanté, il reviendra bénéfique au groupe VINCI d'élargir son investissement en implantant une unité de galvanisation pour être indépendant usines de sous-traitance ; et surtout les produits qui sortiront de l'usine devront être galvanisés avant le montage sur chantier

## Conclusion générale

Cette période passée en industrie a été une expérience très enrichissante pour moi car ça m'a donné l'occasion de m'immerger dans un domaine nouveau : le domaine de transport des énergies MT, HT, THT.

Recruté au poste d'ingénieur d'étude, cette mission m'a permis de comprendre dans le moindre détail tout le mécanisme qui se plante derrière la fabrication des pylônes.

En outre cela a été l'occasion pour moi de générer des idées nouvelles, de les défendre et de faire des choix techniques sur l'organisation de ce futur atelier et ce en tenant comptes d'une possibilité d'extension.

Ayant au reçu comme cahier de charge l'étude sur la faisabilité d'une unité de fabrication de charpente métallique, nous avons pu toucher tous les points nécessaires pour arriver au résultat attendu, mais tout au long de cette période nous avons également noté des dysfonctionnements dans la société existant déjà dans la filiale VINCI à Casablanca, ce sont entre autres :

- Flux de matières non optimal, d'où une perte énorme de temps ;
- Présence de machines non fonctionnelles ;
- Implantation des machines dans la section numérique hors norme, ne permet pas même le passage d'un opérateur, espace entre les machine étant de 0.8m minimum non respecté ;
- Présence constante des chariots élévateur dans l'atelier, augmentant considérablement les risques d'accident ;
- Etc...

A l'issue des quatre mois de présence dans ce groupe, nous avons pu répondre à l'attente des responsables de la société : En résumé, l'unité de fabrication de pylônes et charpentes métalliques occupera un espace **10350m<sup>2</sup>** pour la zone industrielle de transformation + **2700m<sup>2</sup>** aménagés pour le coté administratif. L'investissement sur les machines s'élèvera à **24443550 dirhams**, mais nous avons dans cette étude économique (**voir Annexe II**) envisager une possibilité de débiter avec une production de pylônes moyenne tension et prévoir la HT et la THT comme extension. Ceci nécessite un budget de **15 872 750 Dirhams** à investir en machine.

En dehors de cette unité, nous avons eu en perspective l'idée d'implanter une unité de galvanisation propre à l'usine charpente métallique, chose que nous avons proposé, et défendu favorablement.

En somme, le but de ce stage qui était à la fois de fournir un résultat satisfaisant à l'entreprise d'accueil et au département Génie mécanique de la FST de Fès est jusqu'à présent à moitié réalisé, du fait que l'entreprise a validé l'étude avec satisfaction ; Au jury du département d'en juger.

## Bibliographie

NF EN 10025-2 (Mars 2005) : Produits laminés à chaud en aciers de construction – Partie 2 : conditions techniques de livraison pour les aciers de construction non alliés

Cahier de charge Office National de l'Electricité : SPECIFICATION TECHNIQUE ONE ST N° C61-L61 Pylônes et armements métalliques

La maîtrise des flux industriels Éditions d'Organisation, 2003 ISBN : 2-7081-2960-0

Jean-Louis FANCHON, guide des sciences et technologies industrielles, édition 2001

A. COURTOIS, Gestion de production, Quatrième édition, Éditions d'Organisation, 1989, 1994, 1995, 2003

Michel NAKHLA, L'essentiel du management industriel, édition DUNOD

Pierre REMATI, Fabrice Mocellin, Pratique de la gestion de stocks, 7è édition DUNOD

Chevalier Guide du dessinateur industriel 2eme édition 2004

Guide pratique pour étudier la faisabilité de projet, Presses de l'université du Québec 2012

Henri Bouquin, la maitrise des budgets dans l'entreprise, EDICEF 1992

Notice d'usage et d'entretien de la HP16T6, FFICEP, catalogue 2010

Notice d'usage et d'entretien de HD615, VERNET, catalogue 2010

Notice d'usage et d'entretien de laVP21, VERNET, catalogue 2010

FICEP A164T

Notice d'usage et d'entretien de la DB503 VERNET, catalogage 2009

Notice d'usage et d'entretien de la GEKA catalogue 2009

### Webographie :

<http://www.vinci-energies.ma/>

<http://www.demagcranes.fr/Ponts-roulants-universels/>

<http://www.jungheinrich.fr/produits/chariots-de-manutention/>

<http://ressources.aunege.fr/>

<http://www.geka-ironworkers.fr/>

<http://www.electroequipements.com/>



## Lexique

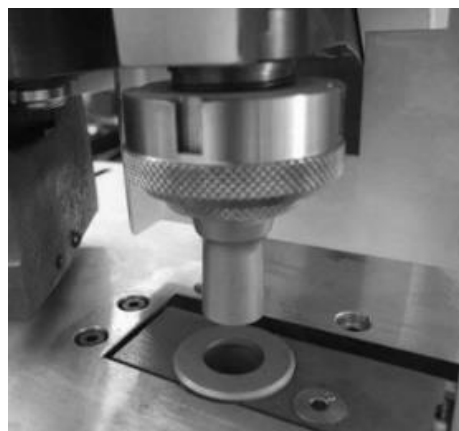
**Pylône :** Un pylône électrique est défini comme étant un support vertical supportant les conducteurs d'une ligne de transport électrique. Plusieurs types de pylônes existent : Les pylônes en treillis ; les pylônes monopoles, les pylônes haubanés.

Un pylône en treillis est un pylône métallique constitué d'un assemblage de membrures et cornières formant un treillis et destiné la plupart du temps à des lignes de transport de l'électricité. Les pylônes en treillis peuvent se distinguer suivant différents critères : le nombre de ternes le nombre de phases, la hauteur, etc...

**Marquage :** Ce terme dans le contexte de la production des pylônes désigne le fait de laisser une marque sur les produits fabriqués pour permettre de les localiser facilement. Ce fait est nécessaire lors du montage des pylônes sur le chantier car cela permettra de distinguer les bonnes pièces à assembler aux bon endroits ; Généralement, sont marqués : l'affaire concerné par le produit, l'année de production, le repère de la pièce, le nom de la société.

**Pliage :** Le pliage est une opération de déformation à froid qui consiste à déformer une tôle plane en changeant la direction de ses fibres de façon brusque suivant un angle. L'opération de pliage en l'air dans une presse plieuse se fait suivant le principe suivant : Un poinçon applique une force sur une tôle qui va s'enfoncer dans une matrice appelée Vé.

**Burinage et Délardage :** Ces termes désignent dans le contexte de la production des pylônes une opération de fraisage des montants et des croisillons pour les pylônes et les éléments de charpentes métalliques ; ils sont réalisés sur une machines à chalumeau coupeur sur chariot électrique semi-automatique.



**Poinçonnage :** Le poinçonnage peut être défini comme étant l'action de perforer un contour fermé, effectué par un poinçon agissant sur une matrice, le principe reste le même que pour le cisailage. La rupture s'effectue donc après un effort de traction. Il est généralement utilisé en tôlerie pour réaliser des trous et découper des flancs de formes complexes parfois non rectangulaires, cette opération est également beaucoup utilisée en construction métallique pour "percer" les profilés. Par rapport au perçage, le poinçonnage est extrêmement économique (gain de temps, usure moindre des outils, affutage peu fréquent) et donne la possibilité d'utiliser toute sortes de formes pour les trous mais il est limité dans les épaisseurs.

**Grugeage :** c'est une opération d'enlèvement de matière basée sur le même principe que le poinçonnage. On utilise une lame mobile dont un angle permet de diminuer l'effort de coupe. Un jeu entre les lames est nécessaire afin de pouvoir permettre la rupture dans le matériau travaillé. Le grugeage ne permet pas seulement d'effectuer des coupes rectilignes. Il est plutôt utilisé pour réaliser des découpes sur un pourtour équivalent au contour de l'outil. Il est donc utilisé pour réaliser des encoches.

**Oxycoupage :** c'est un procédé de découpe des métaux, par oxydation localisée mais continue, à l'aide d'un jet d'oxygène pur. Il est nécessaire, pour cela, les métaux doivent être portés à une température d'environ 1 300 °C, dite température d'amorçage.

Pour l'amorçage et l'entretien de la coupe, il est nécessaire d'avoir une flamme de chauffe. Ou alors, plusieurs types de gaz comme l'acétylène. L'oxycoupage peut effectuer une découpe avec plusieurs combustibles. Le choix de ce dernier se fait en fonction de la vitesse de coupe, l'épaisseur de l'objet à découper, le temps de préchauffage et la qualité souhaitée pour la découpe oxycoupage. Cette opération se pratique sur les aciers doux ou faiblement alliés, et est appliquée sur des pièces d'épaisseur pouvant aller jusqu'à 1 mètre.

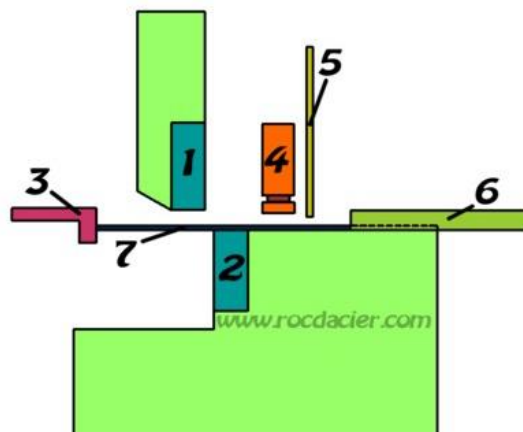


Le choix de ce dernier se fait en fonction de la vitesse de coupe, l'épaisseur de l'objet à découper, le temps de préchauffage et la qualité souhaitée pour la découpe oxycoupage. Cette opération se pratique sur les aciers doux ou faiblement alliés, et est appliquée sur des pièces d'épaisseur pouvant aller jusqu'à 1 mètre.

**Cisaillage :** C'est une technique d'usinage et de découpage de pièces métallique (tôles, cornières, etc...). Autrement défini, le cisaillage ou cisaillement est le découpage sans enlèvement de copeaux de matières au moyen de deux lames à cisailler cunéiformes adaptées dont les taillants sont passés à la main ou par force mécanique l'un tout près de l'autre.

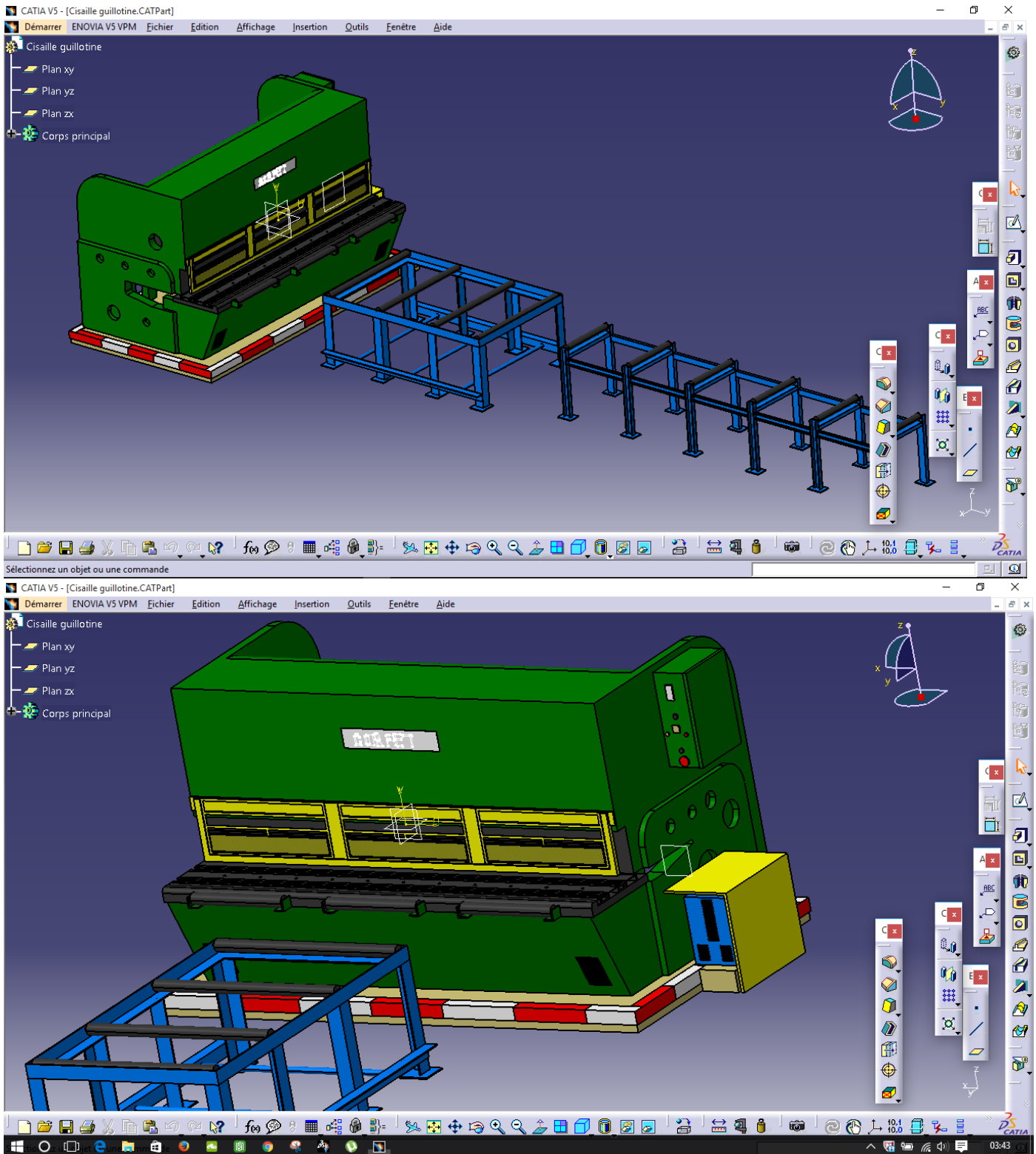
Le principe consiste en un déplacement relatif de de 2 lames suivant un plan parallèle, entraînant la rupture de la matière un effet de traction.

- 1) **Lame supérieure mobile**
- 2) **Lame inférieure fixe**
- 3) **Butée arrière réglable**
- 4) **Presse-tôle**
- 5) **Carter de protection**
- 6) **Butée latérale**
- 7) **Tôle à cisailier**

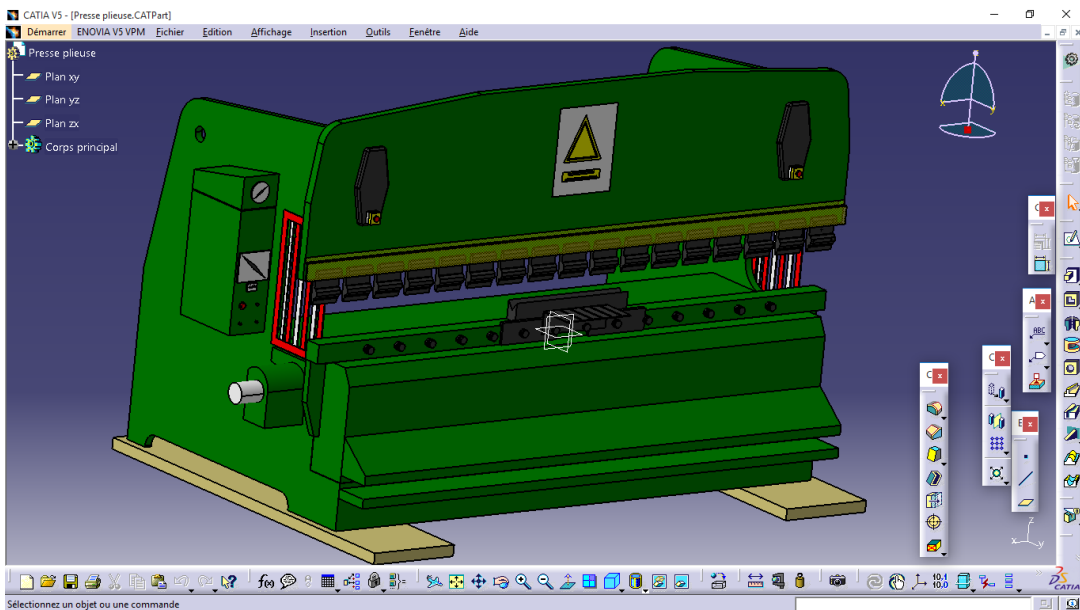
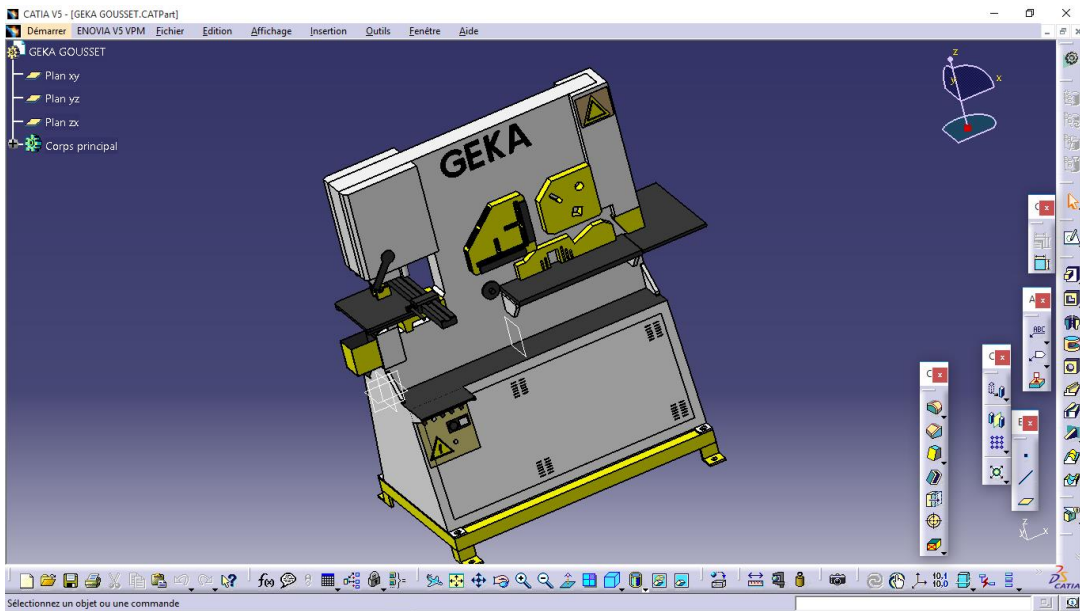
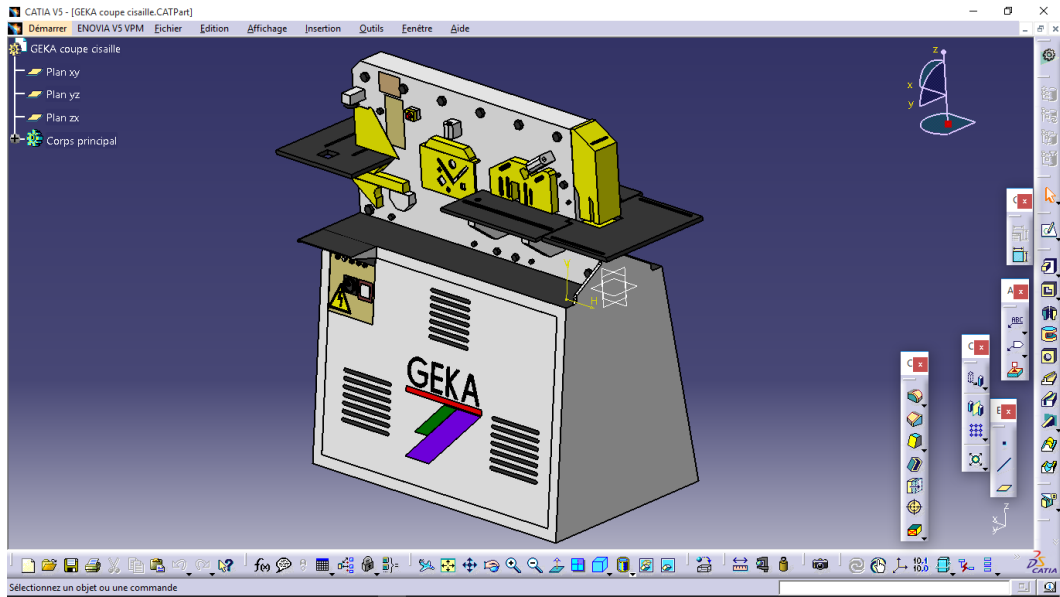


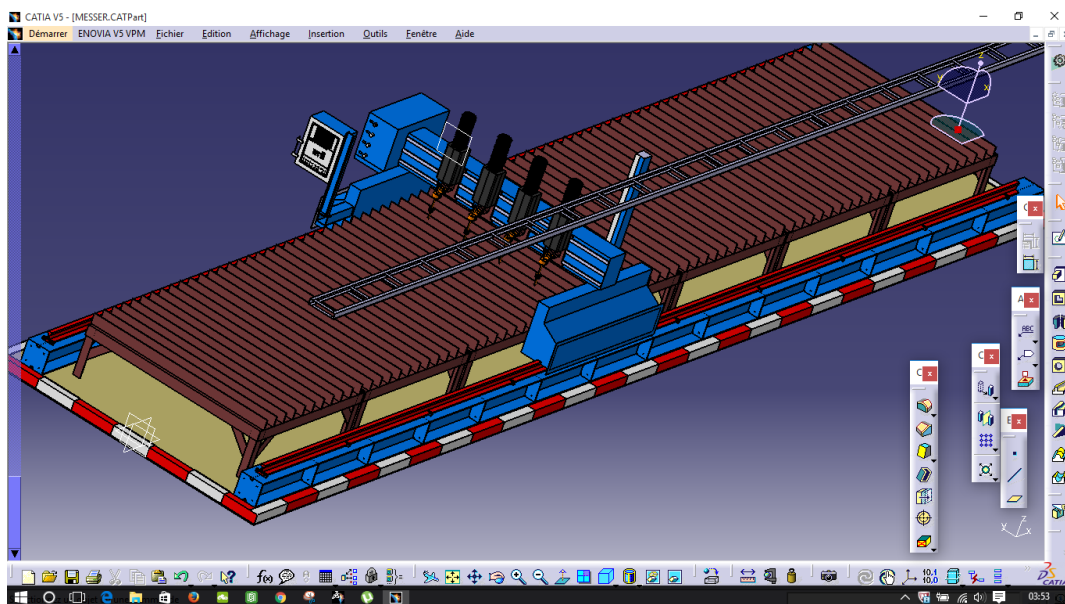
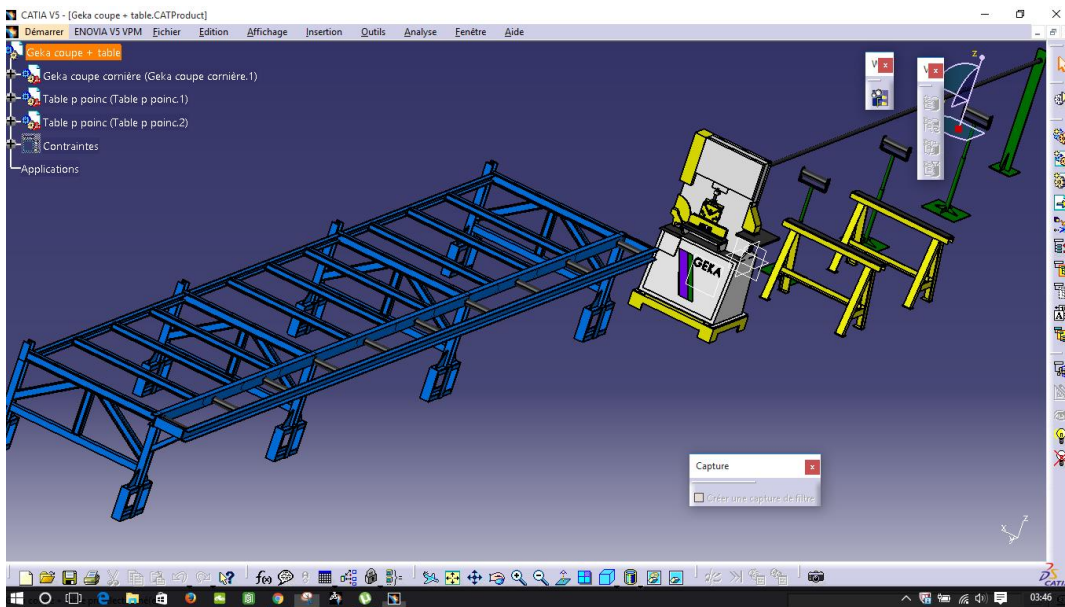
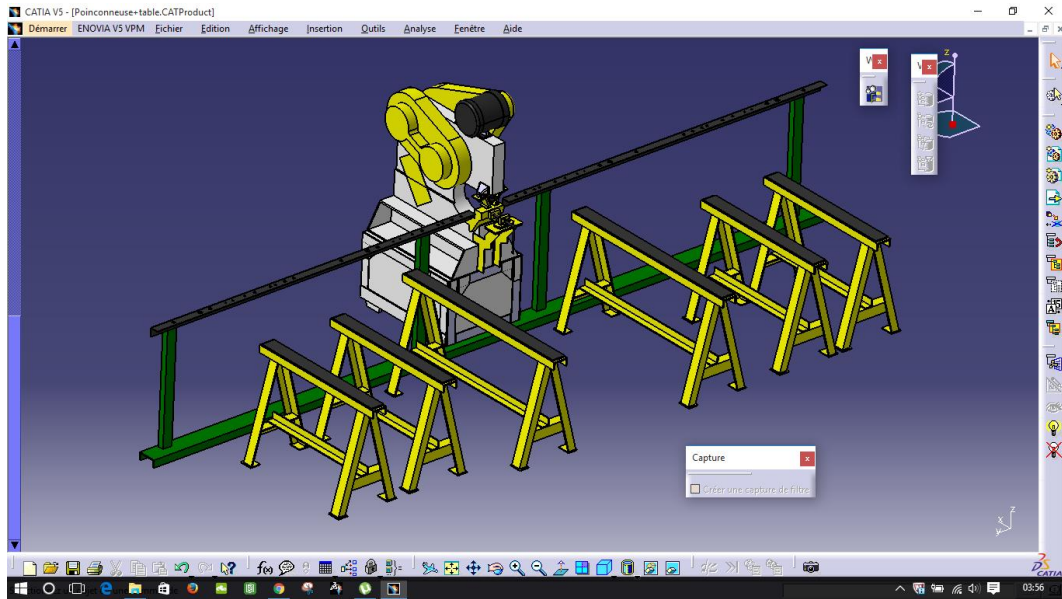
## Annexe 1 : Conception sous CATIA V5 R20

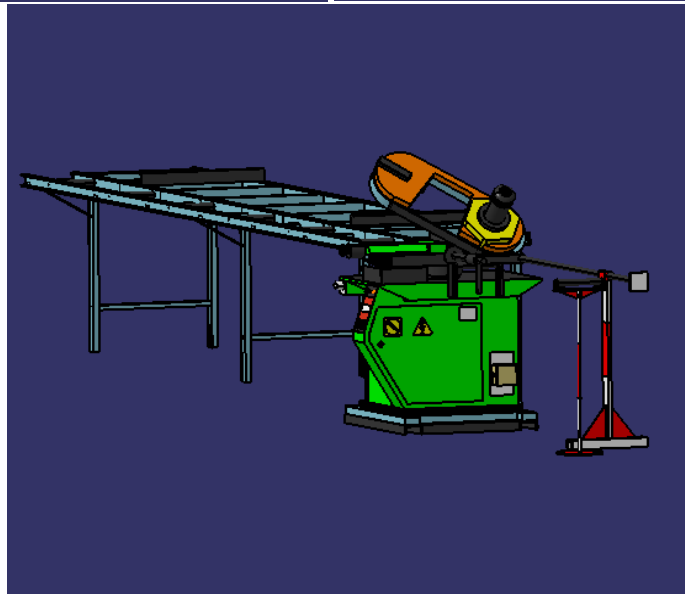
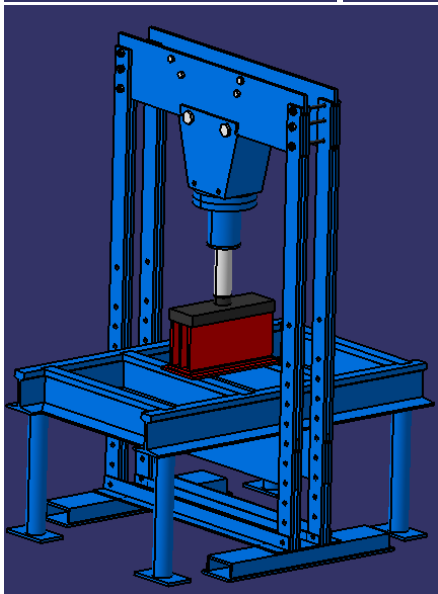
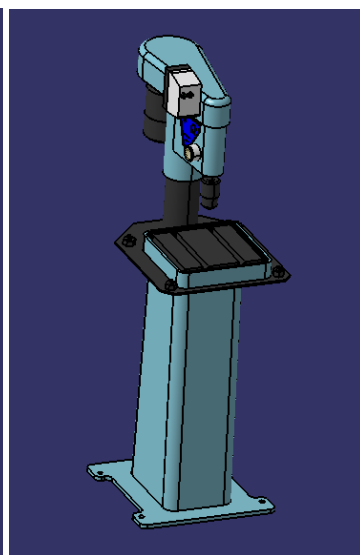
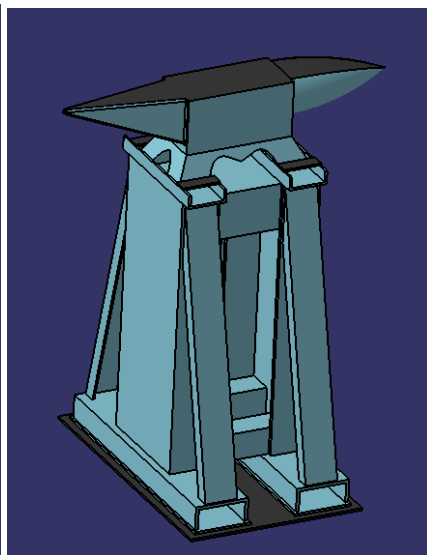
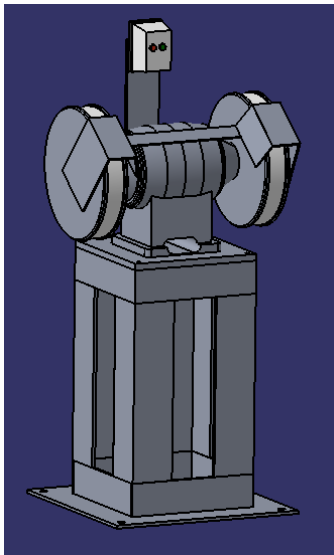
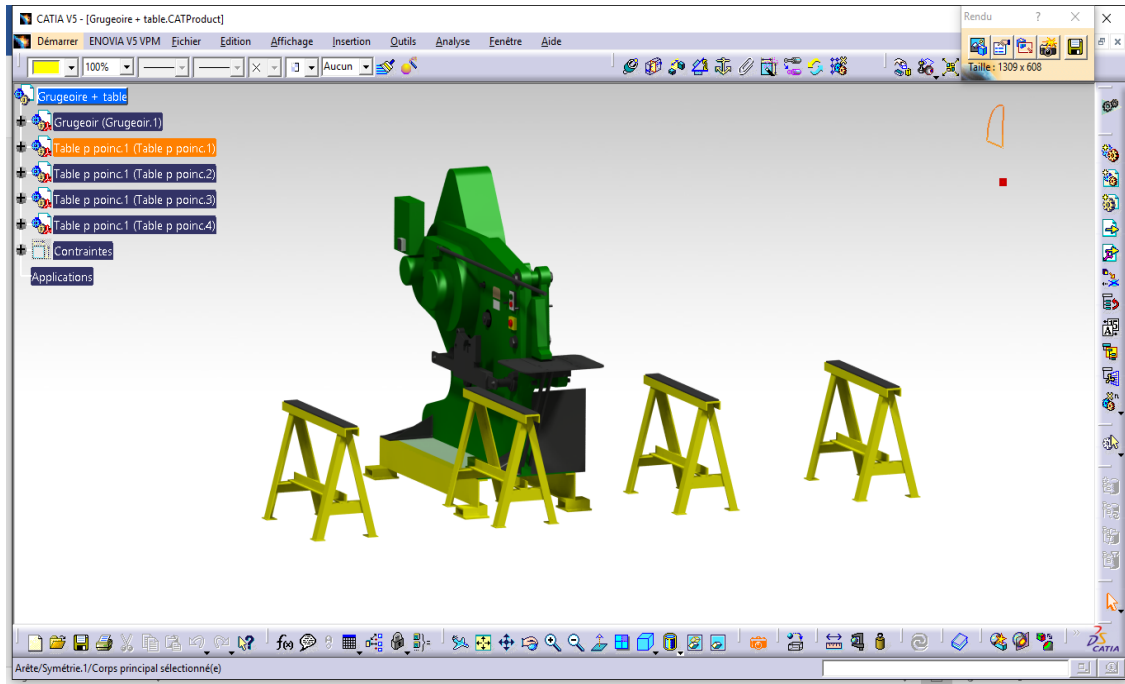
Dans cette annexe nous présentons tout part et assemblages qui ont été réalisés sur ce logiciel pour permettre d'aboutir à nos résultats finaux.

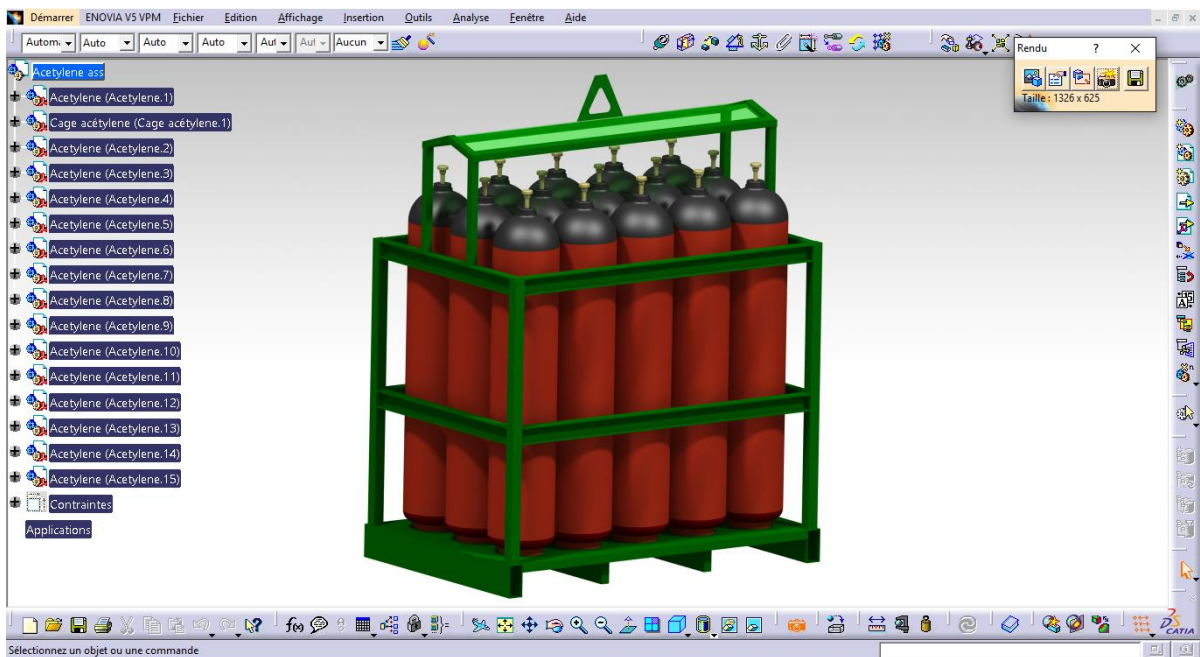
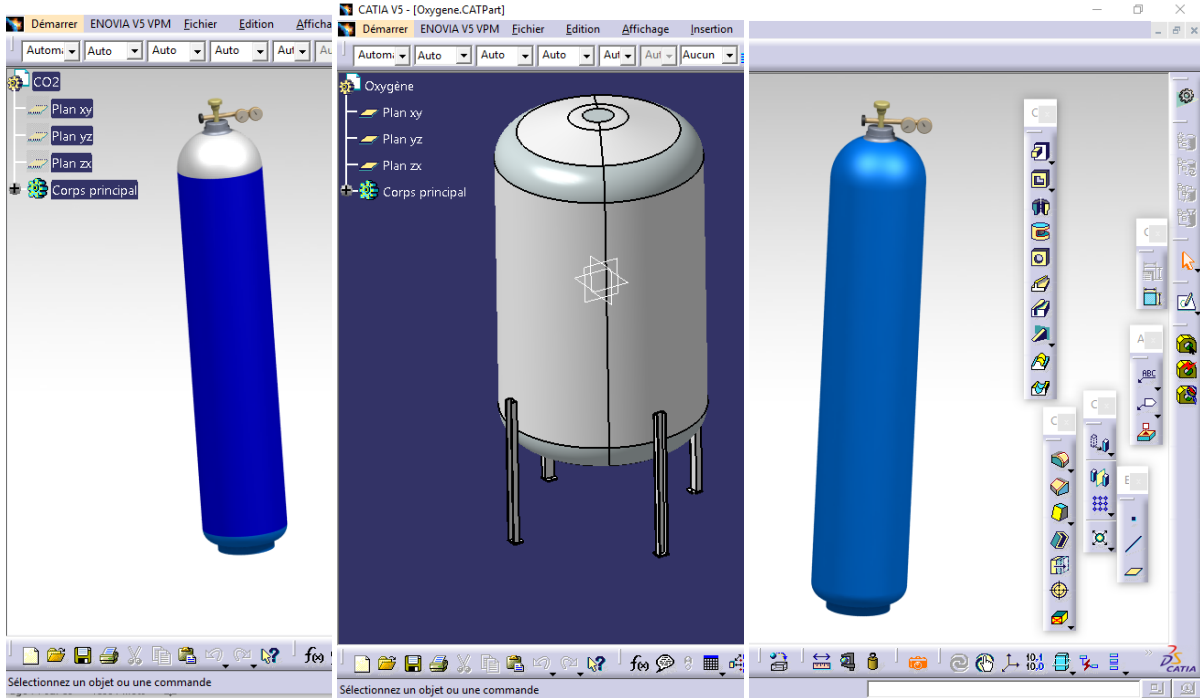
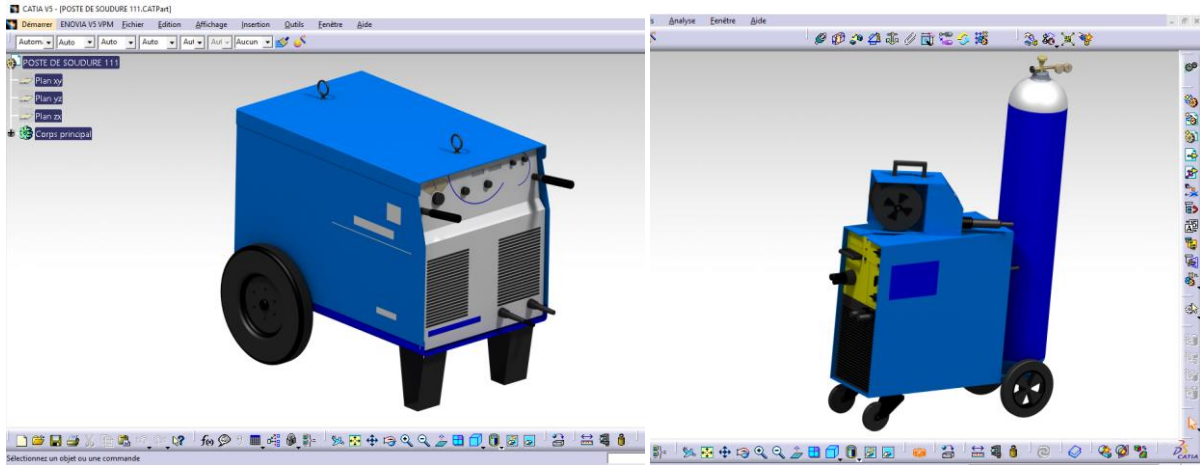


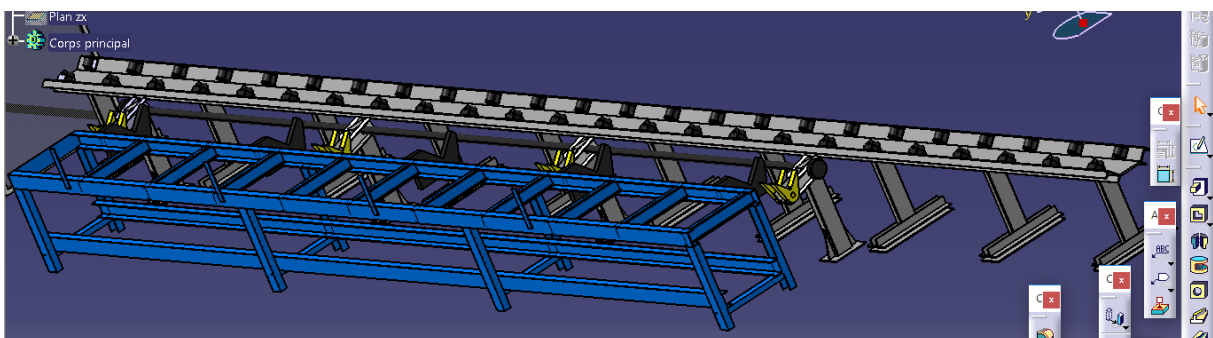
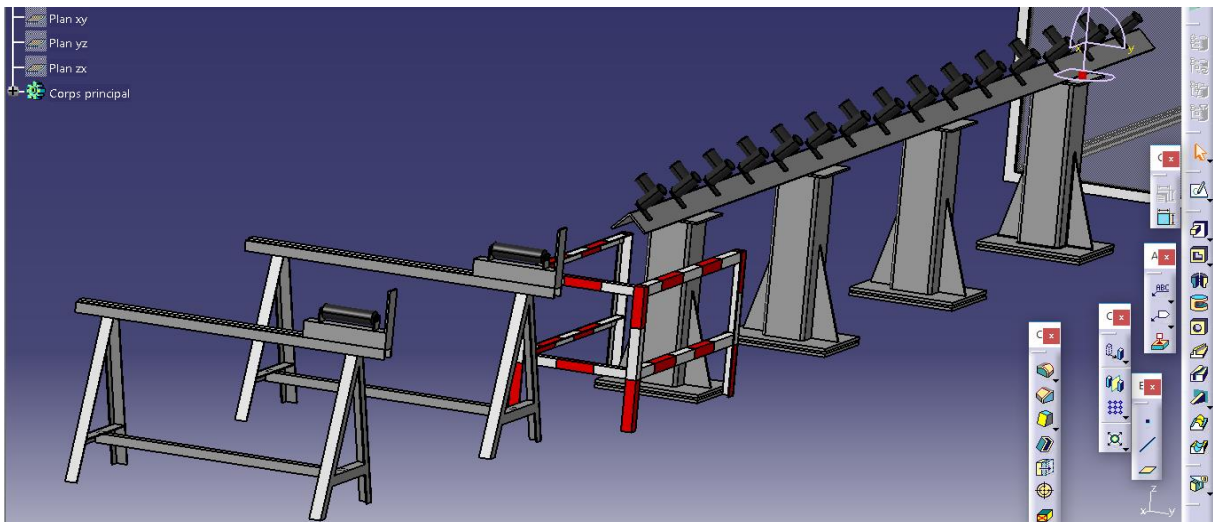
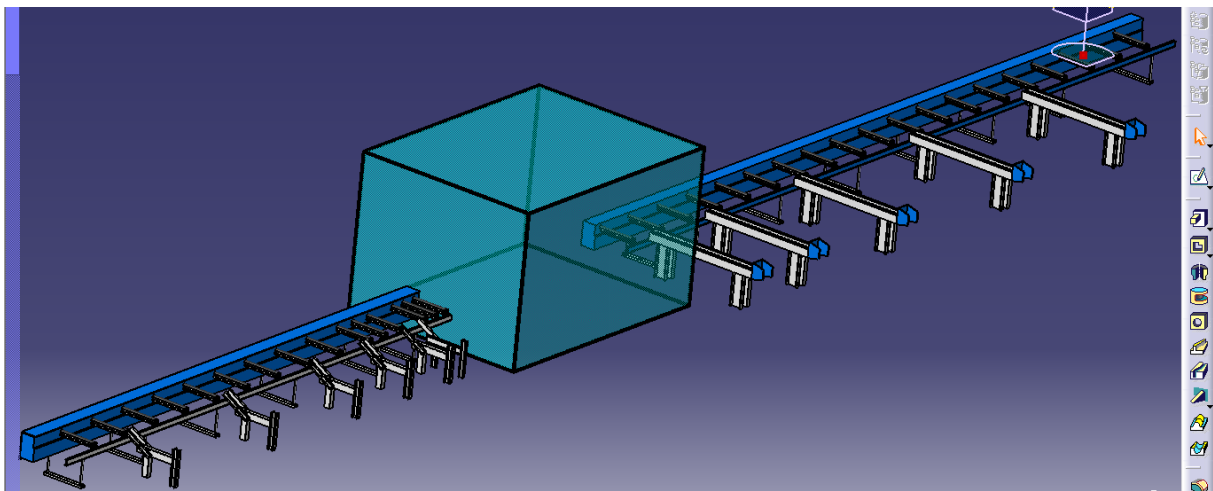
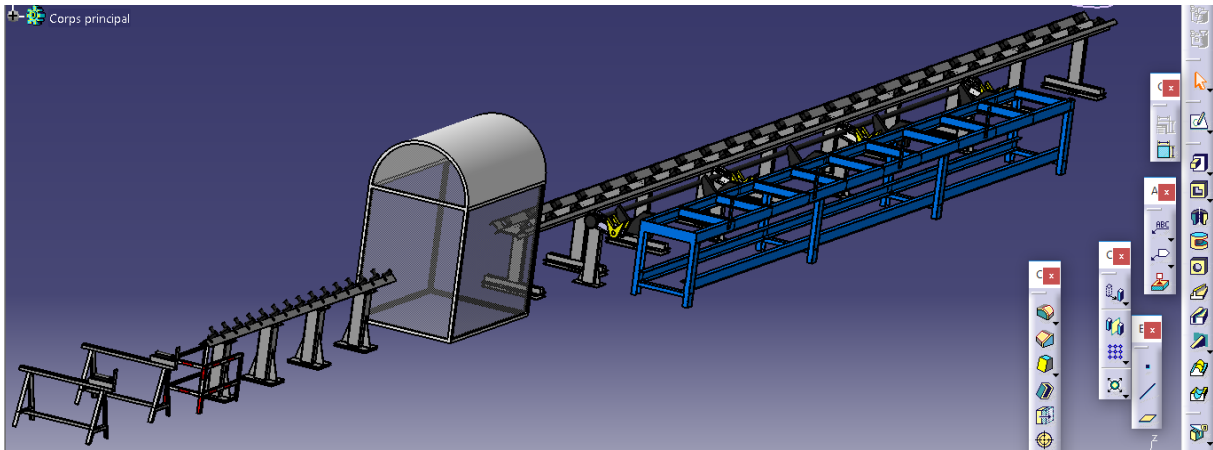
Cisaille guillotine



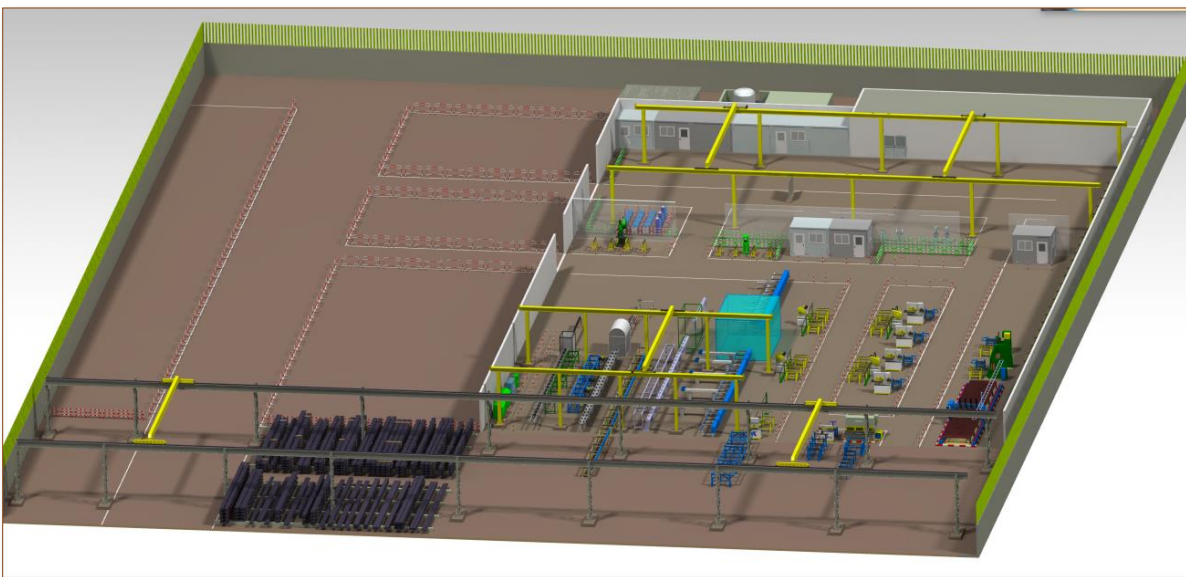


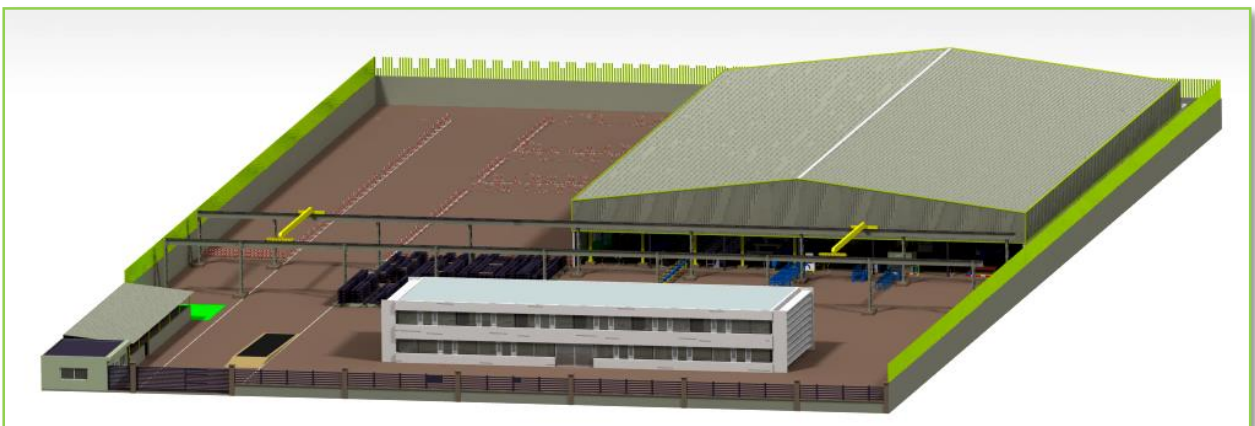
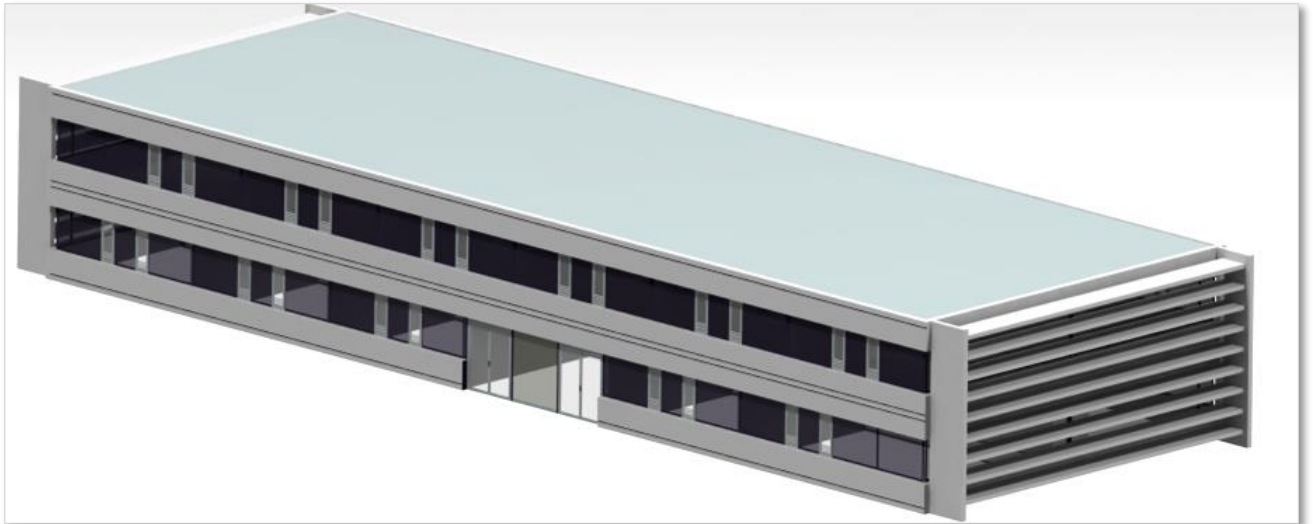












## Annexe 2 : Etude économique

Description		Prix unitaire	Pyl. 22 KV	Pyl. 225 KV	Charpente	Prix pour 22kv	Prix pour 225kv	Prix pour charpente	Installation totale (dh)
Manutention	3 transpalettes manuelles	25000	3			75000			75000
	8 tables mobiles manuelles		8			0			0
	3 Ponts roulants de 5 tonnes dont 1 double	850000	3			2550000			2550000
	2 lignes de convoyeur à rouleaux		2			0			0
	1 chariot élévateur 3 tonnes	350000	1			350000			350000
	1 Chariots élévateur 5 tonnes minimum	560000	1			560000			560000
Pesée entrée et sortie	Pont bascule balance	65000	1			65000			65000
Marquage - Poinçonnage - Coupe des cornières + charpentes (CNC)	1 machine à commande numérique à 2 vérins de poinçonnage par face (trusquinage fixe - 20 mm minimum) 90x90x9 diamètre 10 à 27 mm + marquage 8 rangées de 10 caractères	1300000	1	0	0	1300000	0	0	1300000
	2 machines à commande numérique à 3 vérins de poinçonnage par face - Trusquinage variable - profilé 35x35x4 à 160x160x17 - diamètres 8 à 33 + marquage 8 rangées de 10 caractères	1500000	1	1	0	1500000	1500000	0	3000000
	1 machine à commande numérique 5 têtes de perçage par face diamètre 8 à 36 - disc de marquage de 36 caractères - Scie à ruban rotatif	3000000	0	0	1	0	0	3000000	3000000

<b>Marquage - Poinçonnage - Coupe - Grueage (Conventionnelle)</b>	<b>1 machine universelle de cisailage hydraulique ou mécanique L35x35x3 à L80x80x8</b>	87000	1	0	0	87000	0	0	87000
	<b>4 machines universelles de poinçonnage mécanique ou hydraulique à 1 vérin - [L35x35x3 à L80x80x8] - Diamètre de poinçonnage 8 à 26 mm + ovale</b>	87000	2	2	0	174000	174000	0	348000
	<b>1 machine universelle de marquage L35x35x3 à L80x80x8</b>	70000	1	0	0	70000	0	0	70000
	<b>1 machine universelle hydraulique - grueage L35x35x3 à L100x100x10</b>	50000	1	0	0	50000	0	0	50000
<b>Burinage/Débardage</b>	<b>1 machine (Oxygène + propane/acétylène)</b>	21000	0	1	0	0	21000	0	21000
<b>Pliage des cornières</b>	<b>1 Presse hydraulique</b>	82000	0	0	1	0	0	82000	82000
<b>Coupe - Poinçonnage - Marquage (gousset + fers plats)</b>	<b>1 cisaille guillotine épaisseur 14 mm – largeur utile 2 m</b>	210000	0	1	0	0	210000	0	210000
	<b>1 cisaille de fer plat - épaisseur 2 à 10mm</b>	87000	1	0	0	87000	0	0	87000
	<b>4 machines universelles de poinçonnage de goussets</b>	162000	1	3	0	162000	486000	0	648000
	<b>1 machine universelle de marquage</b>	70000	1	0	0	70000	0	0	70000
<b>Coupe thermique des GOUSSETS de grandes épaisseurs et de formes complexes</b>	<b>1 machine automatique d'oxycoupage banc de 12 m (Oxygène - Acétylène/propane) + Intégration d'un bloc de poinçonnage à tête multiple CNC</b>	2500000	0	1	0	0	2500000	0	2500000
<b>Pliage des goussets</b>	<b>1 presse plieuse</b>	230000	0	1	0	0	230000	0	230000

Charpentes	1 meuleuse Affuteuse électrique	7500	0	0	1	0	0	7500	7500
	1 perceuse à colonne	3000	0	0	1	0	0	3000	3000
	6 postes à souder – baguette enrober	35000	0	0	6	0	0	210000	210000
	2 postes à souder TIG – semi auto	35000	0	0	2	0	0	70000	70000
	6 Meuleuses portatives à disc	400	0	0	6	0	0	2400	2400
	Contole et métrologie	7900	0	0	1	0	0	7900	7900
Matériel informatique	Ordinateur	15000	2	1	0	30 000	15 000	0	45000
	Photocopieuse/ imprimante	25000	1	0	0	25 000	0	0	25000
	Installation téléphonique	12000	1	0	0	12 000	0	0	12000
	Réseau informatique	50000	1	0	0	50 000	0	0	50000
	Tirage des plans	25000	1	0	0	25 000	0	0	25000
Logiciels	Parc WINSTEEL (Clés intégrées WinSteel, WinCN)	52000	0	1	0	0	52000	0	52000
	Autocad	27000	1	0	0	27000	0	0	27000
Batiment	Batiment couvert par bardage 4000 m <sup>2</sup>	8000000	1			8000000			8000000
	Bureaux	175000	1			175000			175000
	Mobilier	30000	1			30000			30000
Alimentation en air comprimé	Compresseur pneumatique 7.5 bars	220000	1	0	0	220000	0	0	220000
Vessiaire + Alimentation en eau chaude + refectoire	1 chauffe-eau (CICE)	175000	1	0	0	175000	0	0	175000
<b>Cout implantation</b>						<b>15 872 750</b>	<b>5188000</b>	<b>3382800</b>	<b>24443550</b>

## Annexe 3 : ALGORITHMME

### Algorithme : VP21

Algorithme qui permettra de classier les profils qui peuvent être usinés par la machine vp21  
Variable :

- Largeur de l'aile du profil
- Epaisseur du profil
- Nombre de diamètres
- Diamètre minimal
- Diamètre maximal
- Nombre de trusquinage
- Trusquinage minimal

Début

- L'aile doit être comprise entre 40 et 90 mm
- Epaisseur compris entre 4 et 9 mm
- Nombre de diamètres inférieur ou égal à 2
- Les diamètres de perçages doivent être compris entre 10 et 27 mm
- Le nombre de trusquinage inférieur ou égal à 2
- Trusquinage minimal supérieur ou égal à 20 mm

Fin

Programme Excel :

=SI(ET(H6<=2;I6>=10;J6<=27;L6<=2;M6>=20;R6>=40;R6<=90;S6>=4;S6<=9);"VP21";"Autre")

### Algorithme : VP166

Algorithme qui permettra de classier les profils qui peuvent être usinés par la machine vp166

Variable :

- Largeur de l'aile du profil
- Epaisseur du profil
- Nombre de diamètres
- Diamètre minimal
- Diamètre maximal
- Trusquinage minimal

Début

- L'aile doit être comprise entre 40 et 120 mm
- Epaisseur compris entre 4 et 12 mm
- Nombre de diamètres inférieur ou égal à 3
- Les diamètres de perçages doivent être compris entre 8 et 33 mm
- Trusquinage minimal supérieur ou égal à 25 mm

Fin

Programme Excel :

=SI(ET(H6<=3;I6>=8;J6<=33;M6>=25;R6>=40;R6<=120;S6>=4;S6<=12);"VP166";"Autre")

### Algorithme : A164T

Algorithme qui permettra de classier les profils qui peuvent être usinés par la machine A164T

Variable :

- Largeur de l'aile du profil
- Epaisseur du profil
- Nombre de diamètres
- Diamètre minimal
- Diamètre maximal
- Trusquinage minimal

Début

- L'aile doit être comprise entre 40 et 150 mm
- Epaisseur compris entre 4 et 12 mm
- Nombre de diamètres inférieur ou égal à 2
- Les diamètres de perçages doivent être compris entre 14 et 33 mm
- Trusquinage minimal supérieur ou égal à 25 mm

Fin

Programme Excel :

=SI(ET(H6<=2;I6>=14;J6<=33;M6>=25;R6>=40;R6<=150;S6>=4;S6<=12);"A164T";"Autre")

### Algorithme : HP16T6

Algorithme qui permettra de classier les profils qui peuvent être usinés par la machine HP16T6

Variable :

- Largeur de l'aile du profil
- Epaisseur du profil
- Nombre de diamètres
- Diamètre minimal
- Diamètre maximal
- Trusquinage minimal

Début

- L'aile doit être comprise entre 60 et 150 mm
- Epaisseur compris entre 6 et 15 mm
- Nombre de diamètres inférieur ou égal à 3
- Les diamètres de perçages doivent être compris entre 14 et 33 mm
- Trusquinage minimal supérieur ou égal à 25 mm

Fin

Programme Excel :

=SI(ET(H6<=3;I6>=14;J6<=33;M6>=25;R6>=60;R6<=150;S6>=6;S6<=15);"HP16T6";"Autre")

### Algorithme : HD615

Algorithme qui permettra de classier les profils qui peuvent être usinés par la machine HD615

Variable :

- Largeur de l'aile du profil
- Epaisseur du profil
- Nombre de diamètres
- Diamètre minimal
- Diamètre maximal

Début

- L'aile doit être comprise entre 80 et 200 mm
- Epaisseur compris entre 8 et 20 mm
- Nombre de diamètres inférieur ou égal à 5
- Les diamètres de perçages doivent être compris entre 8 et 36 mm

Fin

Programme Excel :

=SI(ET(H6<=5;I6>=8;J6<=36;R6>=80;R6<=200;S6>=8;S6<=20);"HD615";"Autre")

### Algorithme : DB503

Algorithme qui permettra de classier les profils qui peuvent être usinés par la machine DB503

Variable :

- Largeur de l'aile du profil
- Epaisseur du profil
- Nombre de diamètres
- Diamètre minimal
- Diamètre maximal

Début

- L'aile doit être comprise entre 80 et 200 mm
- Epaisseur compris entre 8 et 20 mm
- Nombre de diamètres inférieur ou égal à 5
- Les diamètres de perçages doivent être compris entre 8 et 32 mm

Fin

Programme Excel :

=SI(ET(H6<=5;I6>=8;J6<=32;R6>=80;R6<=200;S6>=8;S6<=20);"DB503";"Autre")



## Algorithme : MACHINES SIMPLES CORNIERE

Algorithme qui permettra de classier les profils qui peuvent être usinés par la machine DB503

Variable :

- Largeur de l'aile du profil
- Epaisseur du profil
- « *On ne tiendra pas compte du nombre de diamètres et du nombre de trusquinage car le travail étant fait manuellement, pour un changement de diamètre ou une variation de trusquinage, il suffira juste de changer le poinçon/Trusquin et refaire passer la pièce, donc on peut usiner autant fois que l'on désire* »
- Diamètre minimal
- Diamètre maximal
- Trusquinage minimal

Début

- L'aile doit être comprise entre 35 et 120 mm
- Epaisseur compris entre 3 et 12 mm
- Les diamètres de perçages doivent être compris entre 8 et 26 mm
- Le trusquinage minimal supérieur ou égal à 23 mm

Fin

Programme Excel :

=SI(ET(I6>=8;J6<=26;M6>=23;R6>=35;R6<=120;S6>=3;S6<=12);"MSC";"autre")

### Classification des machines sur lesquelles il est possible de faire l'usinage des profils

Algorithme : Afficher le nom de la machine si celle-ci est capable de réaliser les opérations de la pièce, à défaut, laisser vide.

Programme Excel :

« =CONCATENER (SI(U6="VP21";"VP21";" ");" ";" ";" ";" ";SI(V6="VP166";"VP166";" ");" ";" ";" ";SI(W6="A164T";"A164T";" ");" ";" ";" ";SI(X6="HP16T6";"HP16T6";" ");" ";" ";" ";SI(Y6="HD615";"HD615";" ");" ";" ";" ";SI(Z6="DB503";"DB503";" ");" ";" ";" ";SI(AA6="MSC";"MSC";" ")) »

### Relever le nombre de machine capable

« =NB.SI(U6:AA6;"<>\*Autre\*") »

## Annexe 4 : Caractéristiques des équipements

**Description** : Les VP (21 et 166) sont des machines modulaires combinant marquage, poinçonnage et cisailage pour les cornières. Conçues et fabriquées pour travailler dans des conditions d'utilisation exigeantes, ces machines utilisent des poinçons courts offrant ainsi une grosse rigidité dont un budget réduit au niveau du renouvellement de l'outillage.

Interventions de maintenance réduites et accessibilités optimales + une architecture hydraulique permettant une vitesse de poinçonnage et de cisailage optimale son deux autres avantages que fournis ce type de machine.

- **VP 21** :

Caractéristiques		VERNET (VP21)
Banc d'entrée		12m
Bloc machine	Marqueuse	65 to à barillet 08 positions à 9 caractères
	Poinçonnage	40 to à 04 poinçons 02 par ailes
	Cisailage	70 to
	Presseur	05 presseurs verticaux
Banc de sortie		6m ou 12 m
Centrale Hydraulique		60 litres / minute
		pression max 400bar
		Moteur : 30kw
CNC	Ecran	- clavier étanche et souris intégré
	Logiciel	-
	Télémaintenance	-
	connexions réseaux	-
Armoire Electrique		étanche à la poussière avec système d'air conditionné
Vitesse d'avance de barres		10 à 60 m/minute
Temps moyenne par opération	Poinçonnage	0,9 à 1,5 seconde
	Cisailage	2 à 2,5 seconde
Poids net de la machine		-
Longueur des barres		12m
Dimension profilé à usiner		Min40*40*4
		Max90*90*9
Diamètre max de poinçonnage		27 mm
Diamètre min de poinçonnage		10 mm
Nombre d'outil de poinçonnage		4 – 2 par aile
Trusquinage possible par Outil		1
Sécurité		Conformément à la législation de travail française et européenne
		Protection électrique et hydraulique de la machine
		grille de sécurité et 02 barrières immatérielles

- VP 166

Caractéristiques		VERNET (VP166)
Banc d'entrée		12m
Bloc machine	Marqueuse	65 to à barillet 08positions à 9caractères
	Poinçonnage	58 to à 06poinçons 03 par ailes
	Cisaillage	220 to
	Presseur	07 presseurs verticaux
Banc de sortie		12m
Centrale Hydraulique		60 litres / minute
		pression max 400bar
		Moteur : 30 kw
CNC	Ecran	15" TFT clavier étanche et souris intégré
	Logiciel	PRONC2" APROMAV"
	Télmaintenance	oui
	connexions réseaux	modem RTC
Armoire Electrique		étanche à la poussière avec système d'air conditionné
Vitesse d'avance de barres		10 à 60 m/minute
Temps moyenne par opération	Poinçonnage	0,9 à 1,5 seconde
	Cisaillage	2 à 2,5 seconde
Nombre d'opérations à l'heure		800 à 1500
Nombre de coupe / lame		40000
Cotation		cotes millimétrique
Poids net de la machine		13000kg
Longueur des barres		12m
Dimension profilé à usiner		Min 40 x 40 x 4
		Max 160 x 160 x 17 en E24
		Max 150 x 150 x 15 en E36
Diamètre max de poinçonnage		32mm dans 10mm
Diamètre max dans épaisseur maxi		27mm dans 17mm
Nombre d'outil de poinçonnage		6 – 3 par aile
Trusquinage possible par Outil		infini
sécurité		Conformément à la législation de travail française et européenne
		Protection électrique et hydraulique de la machine
		grille de sécurité et 02barrières immatérielles
Outillages à livrer		12jeux de poinçons matrices +01jeu de lame de coupe
Formation		formation sera assuré pour opérateurs et équipe maintenance

- FICEP HP16T6

Caractéristiques		FICEP HP16T6
Banc d'entrée		12m
Bloc machine	Marqueuse	100 To à barillet 08positions à 9caractères
	Poinçonnage	72 To à 06poinçons 03 par ailes
	Cisaillage	200 To
	Presseur	-
Banc de sortie		6.83 m
Centrale Hydraulique		160 litres / minute
		pression max 265bar
		Moteur : 11 kW
CNC	Ecran	12" TFT
	Logiciel	WINDOWS XP Embedded
	Télmaintenance	oui
	connexions réseaux	port Ethernet RJ45
Armoire Electrique		Armoire sans anti-poussière
Vitesse d'avance de barres		60m/minute
Temps moyenne par opération	Poinçonnage	-
	Cisaillage	-
Nombre d'opérations à l'heure		-
Nombre de coupe / lame		-
Cotation		cotes millimétrique
Poids net de la machine		-
Longueur des barres		12m
Dimension profilé à usiner		Min 40 x 40 x 4
		Max 160 x 160 x 19 en E24
		Max 150 x 150 x 15 en E36
Diamètre max de poinçonnage		32mm
Diamètre max dans épaisseur maxi		30mm dans 19mm
Nombre d'outil de poinçonnage		6 – 3 par aile
Trusquinage possible par Outil		limité par le type de profilé , l'épaisseur et diamètre de poinçonnage
sécurité		arrêt d'urgence et barrière à la sortie du cisaillage : insuffisant
Outillages à livrer		Pas d'outillage
Formation		formation sera assuré pour opérateurs et équipe maintenance

- HD 615

Caractéristiques		Vernet - HD 615
Profilés à usiner	Largeur max	max 600
	Hauteur max	max 400
	Epaisseur max	30mm
Alimentation et évacuation	Convoyeur d'approvisionnement	Longueur 25 m, largeur utile 1200 mm
	Banc de ripage d'entrée	4 supports de 4m
	Convoyeur d'entrée	12 m avec propulsion
	Convoyeur de sortie	12 m
	Banc de ripage de sortie	4 supports de 4m
Système de perçage	Diamètre maxi	40mm
	Puissance moteur	9,2 kW (standard pour 2500 tr/min)
	Vitesse de rotation	200 - 2500 tr/min
	régulation vitesse d'avance	Avance rapide en approche, passage en vitesse de travail au contact pièce
	Changement automatique des outils	Oui, 3*5 (standard)
	Lubrification	Brouillard air+ liquide
Système de marquage		Marqueuse à disque 40 position (standard)
Scie à ruban		contrôle automatique de la rotation de + 45 / - 60° (standard)
Système de commande		PC industriel, avec Windows XP, automate logiciel
Sécurité		Sécurité totale de la machine en standard
Outillage		6 portes outils de chaque taille (CM1, CM2, CM3 et CM4), soit 24 au total 6 jeu de foret, soit 72 au total Ø8,10,12,14,16,18,20,22,24,28,30,33

- Machine d'oxycoupage : voir lien

<http://www.framatec.fr/fr/1ere-ligne-de-decoupe-plasma-poinconnage-perçage.html>

<http://www.framatec.fr/fr/3eme-ligne-de-decoupe-plasma-grande-longueur-perçage-usinage.html>

Machine d'oxycoupage + poinçonnage numérique	CDC	GEMINI G32 HPE : Centre combiné de découpe plasma à grandes dimensions + marquage + perçage	MAG B 2025 CNC : Centre combiné de marquage poinçonnage perçage découpe plasma pour tôles
<b>Machine de base</b>	Châssis machine monobloc	A demander	A demander
	Entrevoie	A demander	A demander
	Vitesse de coupe 10m/mn et vitesse rapide 12m/mn	A demander	A demander
	Dimension utile de coupe 12000*2000	Dimension utile de coupe : 12000x3100mm : - Dimensions minimum des tôles pouvant être chargées : 1250 x 200 mm - Dimensions minimum des pièces finies : 100 x 100mm	Dimension utile de coupe 6000x2500mm - Dimensions minimum des tôles pouvant être chargées : 1000x300mm - Dimensions minimum de pièces finies : 80x80mm
	Ep. tôle découpé 4mm à 36mm	Ep. tôle découpé 5mm à 64mm	Ep. tôle découpé 5mm à 30mm
	Régulation automatique des pression gaz	A demander	A demander
	Un équipement de plats supports de tôle adapté et fourni avec l'option oxycoupage.	A demander	A demander
<b>Equipement d'oxycoupage</b>	Machine équipé de 3 chalumeaux	A demander	A demander
	Chalumeaux avec robinet et anti-retour	A demander	A demander
	Allumage automatique intégré au chalumeau	A demander	A demander
	Palpage automatique	A demander	A demander
	Fonction surchauffe et amorçage progressif	A demander	A demander
	Chalumeaux de coupe pour acétylène	Chalumeaux de coupe pour PLASMA : HPR 260xD	Chalumeaux de coupe pour PLASMA : Source HT 200
	Epaisseur de coupe : 4 à 36mm	Epaisseur de coupe:5 à 64 mm	Epaisseur de coupe : 5 à 30 mm
<b>Equipement de poinçonnage numérique</b>	Ep. de tôle maximum : 25 mm	-	Ep. de tôle maximum : 25 mm
	Puissance poinçonnage : 110 To	-	Puissance poinçonnage : 110To
	Nombre d'outils : 3	-	Nombre d'outils : 6
	Diamètre de poinçonnage max : 50	-	Diamètre de poinçonnage maxi : 50mm-Diam max dans épaisseur max : 32mm dans 25mm
<b>Unité de perçage</b>	Epaisseur de tôle max :	5 à 80mm	5 à 40mm
	Nombre d'outils : 3	18 outils	6 outils
	Puissance de perçage :	15kw / 250-600 RPM	11kw / 200-2500 RPM
	Diamètre maxi de perçage	40 mm	50 mm
<b>Marqueuse</b>	3 bloc de 10 caractères	Disc CNC	Disc CNC
<b>Commande numérique</b>	Développement Windows XP	A demander	A demander
	Avec sortie imprimante et liaisons PC : RS232, USB, Port Ethernet	A demander	A demander
	Un directeur de commande numérique doté d'un algorithme de Visualisation parcours chalumeaux en temps réel	A demander	A demander
	Logiciel	A demander	A demander
<b>Sécurité opérateur</b>	Des installation de sécurité de la machine, de l'opérateur et de l'environnement	A demander	A demander

- **Machines simples cornières :**

Nous privilégions la marque de constructeur GEKA pour les machines exécutant les opérations de poinçonnage des goussets et des cornières, de découpe des cornières, de cisailages des fers plats. Le constructeur KINGSLAND offre également des machines permettant d'obtenir les mêmes opérations et sont recommandés par beaucoup d'entreprises opérant dans le domaine de poinçonnage et opérations qui vont avec.

- Machine de découpe de cornière :

Contrainte : Possibilité de coupe des cornières de profil L35x35x3 à L80x80x8

Solution machine : GEKA Minicrop 45 :

C'est une machine à un seul vérin de travail mais qui offre plusieurs possibilités d'opérations dont la découpe des profils L 90°, la découpe des fers plats, le poinçonnage et d'autres option possibles.



GEKA MINICROP 45		
<b>Cisaille à profiles</b>	L à 90°	80x80x8 mm
	L à 90° avec petites déformations	100x100x10 mm
	Barres rondes (Diamètre)	30 mm
	Barres carrées	30x30 mm
	Hauteur de travail	1030 mm
<b>Cisaille pour fers plats</b>	Cisaille à fers plats	200x13 mm
	Cisaille à fers plats (faibles déformation)	300x10 mm
	Longueur de lame	305 mm
	Découpe d'une aile de L à 45°	80 mm
<b>Poinçonnage</b>	Puissance de poinçonnage	450 KN
	Capacité maximale	D 27 x 13 mm
	Col de cygne (ovale)	175 mm
	Course	21 mm
	Hauteur de travail	1015 mm
<b>Caractéristiques générales</b>	Moteur	2,2 KW
	Coups/minutes (course de 15mm)	16
	Poids net	800KG
	Poids brut	1000 KG
	Dimensions de colisage	1,36 x 1,1 x 1,5
	Volume de l'emballage maritime	2,25 m3

- Machine de poinçonnage des cornières

Contrainte : Possibilité de poinçonnage des cornières de profils L35x35x3 à L100x100x10

Solution machine : GEKA PUMA - 55

C'est une machine à un seul vérin hydraulique de travail offrant la possibilité de poinçonnage de cornières L à ailes égales, de charpentes de profils I et U ainsi que d'autres options possibles.



Poinçonneuse hydraulique : GEKA PUMA - 55		
<b>Puissance de poinçonnage</b>		550 KN
<b>Capacité maximale</b>		D 40 x 100x100x10 mm
<b>Gorge</b>		500 mm
<b>Poinçonnage de profilés avec le support de col de cygne (ovale)</b>	I sur l'aile	100-300 mm
	I sur l'aile	100-500 mm
	U sur l'aile	100-300 mm
	U sur l'aile	120-260 mm
<b>Caractéristiques générales</b>	Puissance du moteur	5 KW
	Coups/minute avec 20 mm de course	37
	Course maximale	60 mm
	Hauteur de travail	1060 mm
	Poids net	1150 KG
	Poids brut	1320 KG
	Volume	3,63 m3
Volume de l'emballage maritime	1,55 x 1,2 x 1,95 mm	



## Machine de grugeage

**Le grugeage** est un enlèvement de matière localisé par cisailage. On utilise une lame mobile dont un angle permet de diminuer l'effort de coupe. Un jeu entre les lames est nécessaire afin de pouvoir permettre la rupture dans le matériau travaillé. Le grugeage ne permet pas seulement d'effectuer des coupes rectilignes. Il est plutôt utilisé pour réaliser des découpes sur un pourtour équivalent au contour de l'outil. Il est donc utilisé pour réaliser des encoches.

Les machines comportant l'option grugeoir sont généralement associées à d'autres options telles que le cisailage des cornières, tubes..., le poinçonnage. Nous optons ainsi pour une GEKA BENDICROP 60 pour réaliser cette opération qui également en cas de non utilisation du vérin hydraulique pour le grugeage, peut être utilisé pour les autres opérations de poinçonnage et de cisailage qui y sont associées.



**Contrainte** : Possibilité d'effectuer des opérations de grugeage sur des profils L à 90° de L35x35x3 à L100x100x10

**Solution** : GEKA BENDICROP 60 S : Elle offre la possibilité d'effectuer les opérations de grugeage triangulaire répondants au profil exigé mais également d'autres opérations supplémentaires.

Fig.

### Remarque

En plus de ce constructeur GEKA qui offre la possibilité de ce type de machine, les constructeurs de marque FICEP, NARGESA, SUNRIISE, etc... sont également des constructeurs fortement recommandés dans la conception et fabrication de machines similaire répondant à ce besoin.



Fig.

<b>GEKA BENDICROP 60 S</b>		
<b>Grugeoir</b>	Découpe de la tôle	10 mm
	L de	100x100x10 mm
	Barres rondes (Diamètre)	30 mm
	Profondeur	-
	Largeur	-
<b>Cisaille pour fers plats</b>	Cisaille à fers plats	350 x 15 mm
	Hauteur de travail	859 mm
	Longueur de lame	356 mm
	Découpe d'une aile de L à 45°	70 mm
<b>Cisaille pour profilés</b>	L à 90°	120x120x10 mm
	Barre ronde	45 mm
	Barre carrée	40 mm
<b>Poinçonnage</b>	Puissance de poinçonnage	600 KN
	Capacité maximale	D 40 x 11 mm
	Gorge	250 mm
	Hauteur de travail	1106 mm
<b>Pliage</b>	Capacité maximale	150x150x10 mm
<b>Caractéristiques générales</b>	Moteur	5,5 KW
	Coups/minutes (course de 15mm)	32
	Poids net	1390 KG
	Poids brut	1598 KG
	Dimensions de colisage	1,85 x 1,3 x 2,06 mm
	Volume de l'emballage maritime	6,05 m3

- Presse de marquage :

Cette presse hydraulique est une machine polyvalente, d'une puissance de 10 tonnes lui permettant de réaliser des opérations de marquage, avec beaucoup de précision compte tenu de la robustesse de son col de cygne. Sa butée mécanique permettant de contrôler avec précision la profondeur de la découpe et du marquage est intégrée au vérin hydraulique presseur.

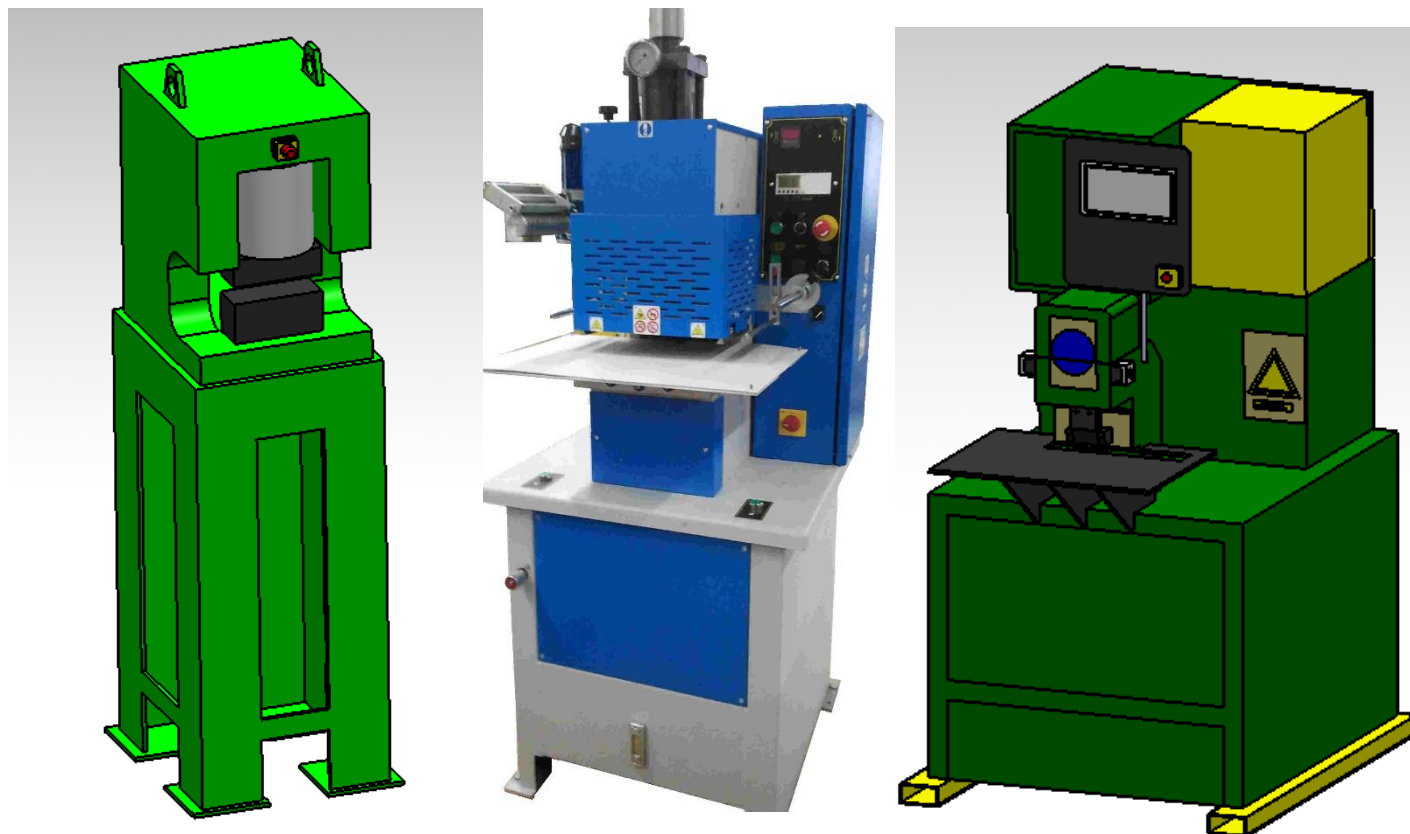


Fig. Presse hydraulique de marquage – voir à l'extrême gauche la presse de marquage des cornières – à l'extrême droite celle des goussets de l'ATC Casablanca

Contrainte : Permettre de réaliser le marquage par blocs de 9 caractères minimum (2 ou 3 blocs) sur des profils L à 90° de L35x35x3 à L80x80x8 et sur des goussets et fers plats

Solution : La presse de marquage modèle ST 90 est une machine qui permet à la fois de réaliser des opérations de marquage par la pression d'un vérin hydraulique et également la coupe et la surcoupe. Avec un espace de travail assez vaste, elle peut être adaptée pour être utilisée sur les cornières comme sur des goussets et fers plats.

Voir <http://www.suteau-anver.fr/presse-marquage-compostage-decoupe-surcoupe/>

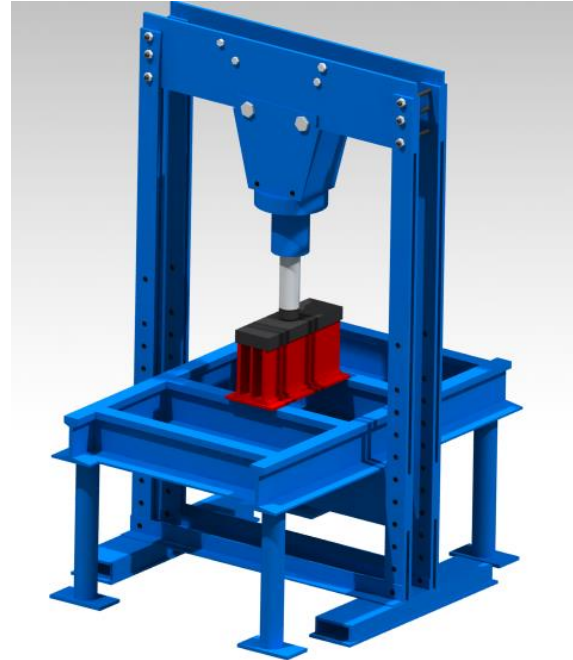
<u>Caractéristiques</u> :	Puissance :	10 tonnes
	Surface de travail :	300×200 mm
	Ouverture :	80 mm
	Course :	80mm
	Chauffage :	200°
	Moteur :	5 KW

- Presse hydraulique

La presse hydraulique est une machine qui fournit une compression importante permettant de transmettre un effort démultiplié et un déplacement. Elle sera située dans la section charpente de l'atelier pour ainsi permettre de plier, déformer les cornières, et aplatir les tôles et fers plats déformés lors de leurs usinages.

Contrainte : La presse hydraulique devrait permettre des opérations de pliage, de déformations et de rectification des surfaces planes, avec au minimum une puissance de frappe de 30 Tonnes

Solution : La marque FACOM est retenue pour cette machine car elle est bien reconnue et appréciée en matière d'équipement d'outillage des ateliers industriels. Nous optons dans le besoin de notre atelier pour une presse hydropneumatique de puissance 40 To (ou 50 To).



Caractéristiques

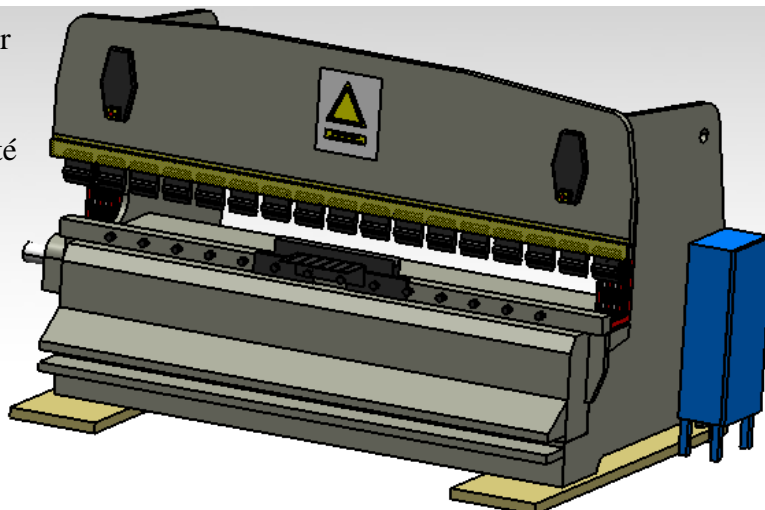
- ❖ Vérin hydraulique manuel de 30 To / 50 To à deux (02) vitesses – commande au pied
- ❖ Vérin mobile latéralement
- ❖ Piston avec ressort de retour automatique
- ❖ Course de piston : 120 mm
- ❖ Extension à vis : 75 mm
- ❖ Possibilité de fixation au sol, pied double pour une bonne stabilité
- ❖ Châssis soudé (LxH) : 890x1900 mm
- ❖ Pédale protégée, anti-commande accidentelle
- ❖ Moteur triphasé ( 230 - 400 v 50Hz )



- Presse plieuse :

Cette machine est utilisée généralement en métallerie pour obtenir une déformation d'une tôle grâce à un effort appliqué sur le long. Elle est constituée contre-vé jouant le rôle de poinçon et d'une matrice en forme de V, de U, ou de tout autres forme en fonction du profil recherché.

Contrainte : La machine sera utilisée pour pliage des tôles goussets d'épaisseurs importants et devra fournir une possibilité de pliage dans les deux sens (+/-).  
Egalement elle doit permettre un réglage facile ainsi qu'une bonne précision de l'angle de pliage. La machine doit être équipée d'un système de protection Sécuritaire pour l'opérateur.



Solution : HACO (Recommandée) (Consulter <http://www.fr.haco.com/upload/attach-image/hacostockmachinesfrance.pdf>) - AMADA (PROMECAM) – KOMATSU PHS sont des constructeurs reconnus dans ce domaine.

Caractéristiques :

<b>Caractéristique de la machine</b>	
<b>Etat</b>	Excellent - Très bien
<b>Force</b>	135 To
<b>Longueur de pliage</b>	2600 mm (minimum)
<b>Distance table coulisseau</b>	325 mm
<b>Course maximale</b>	120 mm
<b>Profondeur de col de cygne</b>	250 mm
<b>Butée arrière</b>	Electrique
<b>Vitesse de travail</b>	7mm/s
<b>Vitesse de retour</b>	60 mm/s
<b>Moteur électrique</b>	7,5 KW-220V

Caractéristiques de base exigés

- Cisaille guillotine

La cisaille guillotine est une machine qui permet la découpe de tôles métalliques, elle est le plus souvent retrouvée dans l'industrie de fabrication mécanique et dans les métalleries. Avec la révolution industrielle de nos jours, les constructeurs nous mettent à disposition des cisailles à commande manuelle ou à commande numérique selon nos besoins. Fonctionnant à l'aide d'une pédale posée au sol, les cisailles guillottes sont généralement alimentées par un circuit hydraulique se faisant à l'aide d'huile sous pression.

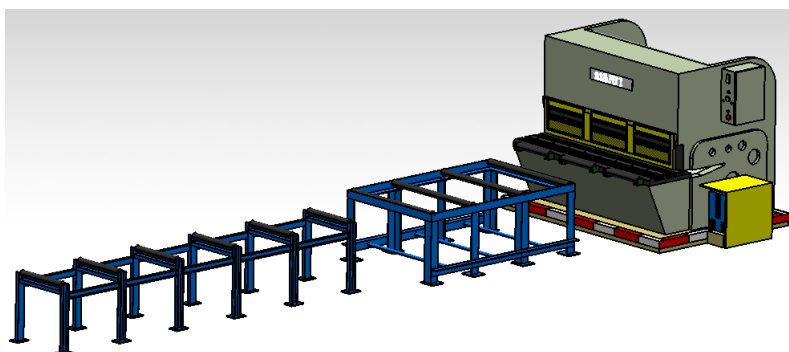


Fig. Cisaille guillotine ATC Casablanca

**Contrainte :** Possibilité de réaliser la coupe de tôles d'épaisseur 14 mm sur une longueur de deux (02) mètres.

**Solution :** Pour équiper notre atelier, nous optons pour les cisailles TS qui sont équipées de vérins hydrauliques positionnés directement par-dessus le coulisseau et les poussent vers le bas avec une pression importante. L'angle de coupe est à entraînement électrohydraulique et se contrôle depuis le tableau de l'opérateur. L'ajustement de l'angle varie entre 0,5° pour les tôles fines et 3° pour les tôles plus épaisses.

Ce type TS ne disposant pas comme nous le souhaitons d'une machine de longueur utile 2 mètres et de 14 mm pour la coupe, nous proposons la CISAILLE GUILLOTINE HACO TS 3016, qui dispose des caractéristiques immédiatement supérieures à nos exigences (ou juste inférieur CISAILLE GUILLOTINE HACO TS 3012).

**Caractéristiques :**

Machines	TS 3016	TS 3012
Capacité (40KG/mm <sup>2</sup> )	16 mm	12 mm
Longueur de coupe	3050 mm	3050 mm
Nombre de serre tôle	18	18
Butée arrière	1000 mm	980 mm
Butée d'équerrage	1000 mm	1000 mm
Réglage de l'angle de coupe minimal	0,5°-3°	0,5°-3°
Nombre de coups/min	4/9	7/14
Moteur	30 KW	22,5 KW
Poids	30 To	8,5 To
Hauteur de travail	980 mm	900 mm
Dimensions L x l x H	4100x2050x2275 mm	4200x2050x2030mm
<b>Eclairage de la ligne de coupe</b>		
<b>Pédale de commande</b>		
<b>Réglage de l'angle de coupe avec affichage</b>		
<b>Capacité (40KG/mm<sup>2</sup>)</b>		

- Cisaille GOUSSET



<b>Cisaille pour fers plats</b>	Cisaille à fers plats	200x13 mm
	Cisaille à fers plats avec petite déformation	350x6 mm
	Barre ronde (Diamètre)	D 30 mm
	Barre carrée	25 mm
	Hauteur de travail	980 mm
	Longueur de lame	356 mm
	Découpe d'une aile de L à 45°	70 mm
<b>Cisaille pour profilés</b>	L à 90°	80x80x8 mm
	L à 45 °	50x50x6 mm
	Barre ronde	45 mm
	Barre carrée	40 mm
<b>Poinçonnage</b>	Puissance de poinçonnage	360 KN
	Capacité maximale	D 25 x 10 mm
	Course	28 mm
	Hauteur de travail	980 mm
<b>Caractéristiques générales</b>	Moteur	2,2 KW
	Coups/minutes (course de 15mm)	24
	Poids net	485 KG
	Poids brut	575 KG
	Dimensions de colisage	1,1 x 0,6 x 1,5 m
	Volume de l'emballage maritime	1,26 m <sup>3</sup>