



Année Universitaire : 2015-2016



Master Sciences et Techniques en Génie Industriel

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques

Titre
**Etude de faisabilité d'une unité de fabrication de pylônes
et charpentes métalliques**

Lieu : VINCI Energies Maroc

Référence : /16-MGI

Présenté par:

Mr Nambounon Eric DABIRE

Soutenu Le 18 Juin 2016 devant le jury composé de:

- **Pr. M. Rjeb (encadrant)**
- **M. M. Bouchfi (encadrant)**
- **Pr. B. Rzine..... (examineur)**
- **Pr. H. Kabbaj (examineur)**

Remerciements

A l'issus de ce travail nous tenons à remercier **Vinci Energie Maroc** de nous avoir accueilli et de nous avoir permis de nous exprimer dans la réalisation de cet important projet qui nous a été confié.

Nos humbles reconnaissances à la direction générale et au directeur général **M. Ahmed RAHMANI** qui nous a accueillis dans son entreprise.

Nos remerciements vont également à **M. Omar TALBI** notre encadrant qui nous a suivi durant toute la période du stage.

Nos sincères remerciements à **M. Mohamed BOUCHFI** chef de production de l'atelier charpente métallique (ATC) qui nous a suivis guidé supporté et qui a toujours été disponible pour ses conseils et recommandations durant toutes les phases de ce projet.

Nos remerciements à **M. Radouane AAQUIL** responsable fabrication sur qui nous avons pu compter pour sa grande disponibilité, sa rigueur, son enthousiasme et son soutien moral ses suggestions et propositions.

Nous remercions tous les employé de l'atelier charpente métallique (ATC) pour leur soutien et à tout le personnel de OMEXOM département dans lequel nous avons effectué le stage.

Nos sincères remerciements sont également exprimés à **Rjeb**, notre encadrant pédagogique à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès pour leur soutien permanent et leurs propositions et suggestions pertinentes.

Nous remercions également le corps professoral de la FSTF pour leur inestimable contribution dans notre formation.

Une mention particulière à nos parents, nos familles et amis qui ont fait d'énormes sacrifices dans l'aboutissement de ce travail. Gloire et honneur leurs soient rendu pour avoir cru en nous.

A tous.....Merci

Résumé

Le présent rapport décrit le travail réalisé en guise de projet de fin des études de quatre mois, effectué au sein de l'entreprise CEGELEC du groupe VINCI Energies.

Organisé en plusieurs étapes ce travail fait une étude détaillé d'une unité de fabrication de charpente métallique et armature. La dite unité sera installée dans un pays d'Afrique subsaharienne.

Il est structuré en plusieurs parties La première partie est consacrée au dressage à l'aide de plusieurs outils la liste du parc machine nécessaire au fonctionnement de l'unité de fabrication de charpente métallique après une étude détaillée basé sur plusieurs paramètres.

Le quatrième chapitre sera consacré à l'optimisation des flux de production en choisissant l'emplacement idéal de chaque machine et section.

La dernière partie abordera l'ossature du bâtiment, le dimensionnement en tenant compte du parc machine déterminé préalablement.

Mots clés : charpente, flux, armature, machine.

Abstract

The present report describes the work achieved in this four months' project work of end of studies, done within the CEGELEEC enterprise of the group VINCI Energies.

Organized in several stages this work makes a detailed study of a manufacturing unit for the production of metallic framework and armature. The said unit will be installed in a sub-Saharan African country, Côte d'Ivoire.

It is structured in several parts. The first part is dedicated to the elaboration with the help of several tools, the list of the park plots necessary for the operation of the manufacturing unit after a detailed study based on several parameters.

The fourth chapter will be dedicated to the optimization of the production flows by choosing the ideal position for every machine and section.

The last part will approach the framework of the building, the dimensionality and taking into account the park plots initially determined.

Keywords: framework, flow, armature, machine.

Sommaire

Remerciements	i
Résumé.....	ii
Abstract	iii
Sommaire	iv
Liste des Acronymes.....	vi
Liste des Figures	vii
Liste des Tableaux	ix
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE I : Présentation de l'organisme d'accueil et définition du contexte.....	2
Introduction.....	3
I. Présentation de l'organisme d'accueil	3
I.1 Présentation de groupe VINCI Energies	3
I.2 Présentation de l'entreprise Cegelec	3
II. Problématique et enjeu du projet.....	7
Conclusion	8
CHAPITRE II : Processus de fabrication.....	9
Introduction.....	10
I. Généralité sur le transport de l'électricité.....	10
II. Les types de pylônes.....	11
II.1 Principaux termes et définitions	11
II.2 Les différentes catégories de pylônes	12
III. Etude de l'existant.....	14
III.1 Présentation de l'atelier charpente métallique (ATC).....	14
III.2 Produit fini et expédition.....	18
III.3 Recensement des moyens de production existant	18
Conclusion	20
CHAPITRE III : Détermination du parc machine.....	21
Introduction.....	22
I. Cahier de charge.....	22
II. Spécification des besoins	23
III. Etudes des documents techniques des pylônes.....	23
IV. Algorithme des machines.....	24
IV.1 Algorithme : machines Numériques cornière	24
IV.2 Algorithme : machines simples cornières	28
V. Détermination du temps de cycle des machines	29

V.1 Temps des opérations des machines numériques.....	30
V.2 Temps des opérations des machines simples cornières.....	30
VI. Détermination des temps de production des profilés	31
VII. Parc machine nécessaire	44
Conclusion	45
CHAPITRE IV : Optimisation du flux.....	46
Introduction.....	47
I. Présentation de l'implantation existante.....	47
II. Présentation des différentes propositions d'implantation	48
II.1 Concept 1 : Production en U	48
II.2 Concept 2 : Production droite	50
III. 3 Concept 3 (Structure fermée).....	53
II.4 Concept 4.....	54
II.5 Concept 5.....	56
III. Tableau récapitulatif des différents concepts.....	58
IV. Choix du concept final : concept 5	58
Conclusion	59
CHAPITRE V : Dimensionnement des locaux.....	60
Introduction.....	61
I. Entrepôt matière première et produit fini.....	61
I.1 La matière première	61
I.2 Les produits finis.....	61
I.3 Principe de calcul du nombre de fardeau	63
I.4 Stockage des boulons	68
II. Dimensionnement de l'atelier.....	69
II.1 Section Machines Numériques.....	69
II.2 Machines simples cornières	70
II.3 Section Goussets	70
II.4 Section charpente.....	71
II.5 Manutention.....	72
III. Etude économique	72
Conclusion	73
CONCLUSION GENERALE	74
Bibliographie	75
Webographie :.....	75
Lexique	76
Annexes.....	77

Liste des Acronymes

ATC:	Atelier Charpente Métallique
BE:	Bureau d'Etude
BM:	Bureau des Méthodes
CGEE:	Compagnie générale d'entreprises électriques
GEC:	General Electric Company
KV:	kilovolt
LGV :	Ligne à grande vitesse
MP :	Matière première
MSC :	Section Machines Simples Cornières
PFg :	Produit fini galvanisé
PFn :	Produit fini noir ou non galvanisé
PR :	Pont roulant
SC :	Section Charpente
SMN :	Section Machines Numériques

Liste des Figures

Figure I. 2: Activités et Filiales de VINCI Energies	3
Figure I. 4: Implantation de Cegelec dans le monde	6
Figure I. 5: Implantation de Vinci Energies au Maroc	6
Figure I. 6: Organigramme de l'atelier charpente métallique	7
Figure II. 1: Exemple de lignes haute-tension	10
Figure II. 2: Les parties d'un pylône.....	12
Figure II. 3: Illustration des types de pylônes au gauche	13
Figure II. 4: Les types de pylône de la famille 1T1P et 1T2P	13
Figure II. 5: Les types de pylône de la famille 2T1P et 2T2P	13
Figure II. 6: Différents types de pylônes utilisés pour le transport de l'énergie électrique.....	14
Figure II. 7: ATC-Cegelec.....	14
Figure II. 8: Sections de l'ATC	15
Figure II. 9: Machine numérique pour cornières.....	15
Figure II. 10: Machine polyvalente pour les tôles.	15
Figure II. 11: Poste à souder	16
Figure II. 12: Cornière L 30X3	16
Figure II. 13: Exemple de profilé en U	17
Figure II. 14: Exemple de profilé en H	17
Figure III. 1: Répartition des profilés de type 1T1PL et 1T1PA.....	24
Figure IV. 1: Flux de l'atelier existant	47
Figure IV. 2: Représentation des différents flux.....	49
Figure IV. 3: Représentation des différentes sections du concept 1	49
Figure IV. 4: Vue 3D Concept 1 (Structure ouverte).....	50
Figure IV. 5: Représentation des différents flux du concept 2.....	51
Figure IV. 6: Représentation des différentes sections du concept 2	51
Figure IV. 7: Vue 3D Concept 2 (production en ligne droite)	52
Figure IV. 9: Représentation des flux	53
Figure IV. 10: Représentation des sections du concept 3	53
Figure IV. 11: Vue 3D Concept 3.....	54
Figure IV. 12: Représentation des sections du concept 4	55
Figure IV. 13: Représentation des flux	55
Figure IV. 14: Représentation 3D du concept 4	55
Figure IV. 15: Représentation des différentes sections du concept 5	56
Figure IV. 16: Représentation 3D du concept 5	56
Figure IV. 17: Représentation des différents flux du concept 5.....	57
Figure IV. 18: Disposition des engins de manutention.....	59
Figure V. 1: Représentation des charpentes	66
Figure V. 2: Représentation de la matière première stockée	66
Figure V. 3: Représentation de l'entrepôt de stockage	67
Figure V. 4: Représentation de la section machines numériques.....	70

Figure V. 5: Représentation de la section gousset	71
Figure V. 6: Représentation de la section charpente	71

Liste des Tableaux

Tableau I. 1: Fiche technique de CEGELEC.....	4
Tableau II. 1: Capacités machines simple gousset	18
Tableau II. 2: Capacités machines numériques goussets	19
Tableau II. 3: Capacités Machines numériques et machines simples cornière.....	19
Tableau III. 1: Répartition des pylônes 225 KV et 22KV	23
Tableau III. 2: Tableau récapitulatif des pourcentages de profilés par pylône.....	24
Tableau III. 3: Temps des opérations des machines numériques	30
Tableau III. 4: Temps des opérations des machines simple cornière.....	30
Tableau III. 5: Temps des opérations machines simple gousset	31
Tableau III. 6: Temps de réalisation des profilés de 225KV.....	40
Tableau III. 7: Temps de réalisation des profilés de 22KV et des charpentes.....	40
Tableau III. 8: Choix des machines par temps d'usinage des profilés	41
Tableau III. 9: Parc machine	44
Tableau IV. 1: Tableau récapitulatif des différents concepts.....	58
Tableau V. 1: Poids des différents types de pylônes 1 terne et 2 ternes.....	62
Tableau V. 2: Poids des différents types de pylônes 22KV.....	62
Tableau V. 3: Besoin pour pylônes 22kv.....	63
Tableau V. 4: Tableau récapitulatif des poids par fardeau	64
Tableau V. 5: Nombre de fardeau des cornières.....	65
Tableau V. 6: Nombre de barres des charpentes.....	65
Tableau V. 7: Tableau de visserie pour 225KV	68
Tableau V. 8: Tableau de visserie pour 22KV	68

INTRODUCTION GENERALE

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 subsaharien.

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 aux 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 consentis 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.

Vinci Energie fort de son expérience au Maroc dans l'électrification élargie son domaine d'action en Afrique subsaharienne. Avec plusieurs marchés dans la sous-région l'installation d'une unité de fabrication des pylônes et armements métallique s'impose. Une étude de faisabilité de ce projet est donc nécessaire. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre projet de fin d'étude au sein de la société.

Le chapitre I est consacré à la présentation de l'organisme d'accueil. Le chapitre II est consacré une généralité sur les pylônes.

Dans le chapitre III nous allons pouvoir délivrer au bout une étude comparative détaillée des machines disponibles dans l'Atelier charpente métallique à Casablanca, également de celles d'autres constructeurs un nouveau parc machine qui répondra aux besoins de la nouvelle unité de fabrication.

Dans le quatrième chapitre, nous allons optimiser le flux de production par la disposition correcte de l'emplacement des machines et des sections, le positionnement des entrepôts de stockage (de matière première et de produits finis), du local de l'atelier de fabrication, des locaux des produits semi-finis et d'assemblage de des prototypes, tout en tenant compte de la facilité de manutention, du passage sans gêne des engins de levage, de transport etc...

Le dernier chapitre intégrera le dimensionnement génie civil, charpente, et calculera l'espace nécessaire pour l'implantation de l'atelier en tenant compte de la liste des machines déterminée au paravent.

CHAPITRE I : Présentation de l'organisme d'accueil et définition du contexte.

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. Il abordera également le contexte, la problématique du sujet.

I. Présentation de l'organisme d'accueil

I.1 Présentation de groupe VINCI Energies

VINCI Energies, intervenant majeur en Europe, 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 1500 entreprises, alliant service de proximité et dynamique de réseau, permet à VINCI Energies de proposer des solutions à la fois locales et globales dans les 46 pays - dont 25 en Europe - où il est présent.

VINCI Energies bâtit à partir de leurs besoins des offres qui répondent à leurs enjeux de performance, de fiabilité et de sécurité en :

- ❖ Energie électrique ;
- ❖ Génie climatique et thermique ;
- ❖ Mécanique ;
- ❖ Technologies de l'information et de la communication.

Au Maroc, VINCI Energies est composée de différentes entreprises opérant sur l'ensemble du Royaume ainsi qu'en Afrique de l'Ouest (Figure I. 1)



Figure I. 2: Activités et Filiales de VINCI Energies

I.2 Présentation de l'entreprise Cegelec

I.2.1 Historique

En 1913, création de la CGEE (Compagnie Générale d'Entreprises Electriques), holding d'entreprises électriques, pour installer les réseaux, lignes, postes et centrales électriques nécessaires à l'électrification de la France.

En 1971, naissance de la société CGEE Alsthom, qui s'ouvre à d'autres secteurs englobant la SGE (Génie civil, bâtiment, travaux industriels, services électriques) et qui 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.

En 1989, la société GEC (Général Electric Company) entre dans le capital de CGEE Alsthom. Cette même année, l'entreprise prendra le nom de Cegelec. En 1998, Cegelec est racheté par Alstom et devient Alstom Contracting.

En 2001, le secteur Contracting d'Alstom, racheté en LMBO par ses dirigeants et salariés avec le soutien d'investisseurs, reprend le nom de Cegelec. Une opération similaire interviendra en 2006.

En 2008, Cegelec est racheté par Qatari Diar, groupe international de projets urbanistiques et immobiliers, filiale du fonds souverain Qatar Investment Authority. Dans le cadre d'un partenariat stratégique entre Qatari Diar et VINCI,

En avril 2010 Cegelec devient une filiale à 100% de VINCI. Et ce en échange d'une prise de participation de DiarQatar au capital de VINCI.

Cegelec est une filiale à 100 % du groupe français VINCI depuis le 14 avril 2010, Le groupe réalise 24% de son chiffre d'affaires dans l'industrie, 28% dans les infrastructures, 20% dans le tertiaire et 28% dans la maintenance. Au Maroc, elle représente un acteur incontournable sur le marché de l'énergie et elle intervient dans cinq grands domaines à savoir :

- ❖ Energie et électricité ;
- ❖ Automatismes, instrumentation et contrôle ;
- ❖ Technologies d'information et de communication ;
- ❖ Génie climatique, mécanique ;
- ❖ Maintenance et services.

Tableau I. 1: Fiche technique de CEGELEC

Raison sociale	CEGELEC 
Date de création	1 ^{er} octobre 1946
Appartenance à un groupe	Oui (VINCI Energies)
Statut juridique	Société Anonyme (SA)
Secteur d'activité	Entreprise de Travaux Electriques
Siège social-Adresse	62, Boulevard Oqba Ibnou Nafiaa Casablanca
Téléphone	05 22 63 93 93
Chiffre d'affaire	120 Millions d'euros

Les activités de l'entreprise Cegelec peuvent être résumées par la figure de l'Annexe A1.

I.2.2 Secteur d'activité

Cegelec est présent sur tout le cycle du service au client, de la conception au sein de ses bureaux d'études jusqu'à l'installation des équipements et des infrastructures ainsi que leur maintenance, en s'appuyant sur ses propres équipes spécialisées.

CEGELEC intervient dans l'industrie, le secteur tertiaire, et l'infrastructure :

I.2.2.1 Industriel

Cegelec opère dans le domaine de l'électricité industrielle. En apportant des solutions adaptées aux besoins spécifiques de tout type d'industriels :

- Automobile
- Gaz, Pétrole et mines
- Industrie de process (Sidérurgie, métallurgie,...)
- Papeterie, chimie, pharmacie, agroalimentaire,...)

La compétence historique de CEGELEC dans l'ingénierie électrique lui permet de proposer une offre diversifiée : études, conception et réalisation, achats d'équipements, installation, exploitation et maintenance de tous types d'installations et de réseaux électriques.

I.2.2.2 Tertiaire

Secteur de haute technicité, le tertiaire mobilise des compétences multi techniques. Les prestations de la filiale s'étalent sur une large palette de compétences et de métiers qui ont confirmé son positionnement, faisant de Cegelec un acteur du développement des infrastructures tertiaires de tout genre :

- Complexes hôteliers et résidentiels
- Sièges sociaux
- Centres commerciaux
- Hôpitaux

I.2.2.3 Infrastructures

Concentré dans les domaines de :

- L'Energie
- Du Transports
- De la Télécommunications
- De la Gestion de l'eau

Présent dans des secteurs très exigeants en matière de fiabilité et de sécurité, Cegelec met au service des infrastructures toute son expertise et sa rigueur.

I.2.3 Implantation de CEGELEC dans le monde

En Afrique, au Moyen-Orient, au Brésil et en Asie, CEGELEC possède des filiales ou des agences qui développent des activités locales de façon autonome et/ou travaillent en collaboration avec les équipes européennes ou les centres de compétence. (Figure I. 3)

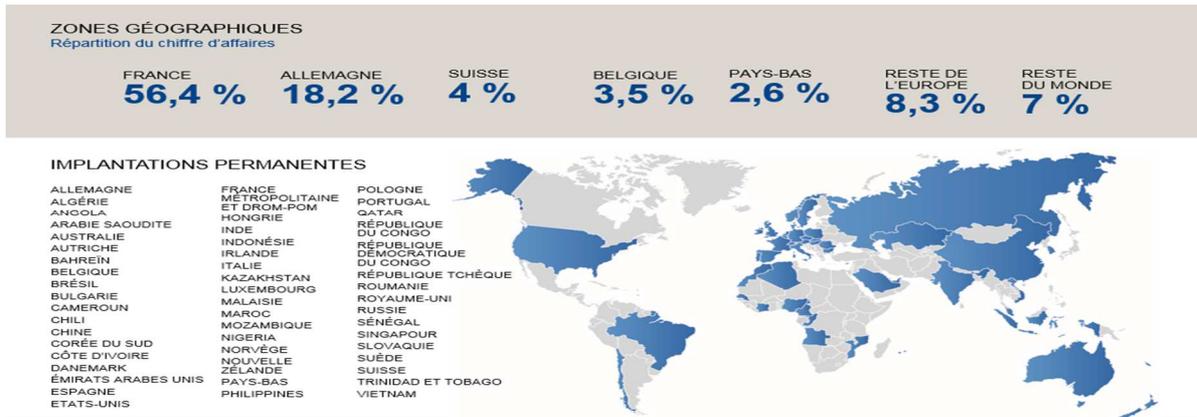


Figure I. 4: Implantation de Cegelec dans le monde

I.2.4 Implantation nationale

Réalisant un chiffre d'affaires de plus d'un Milliard de DH, Cegelec Maroc est un leader sur le marché de l'ingénierie électrique. Ceci grâce à sa réponse aux exigences de qualité des normes internationales et moyennant son organisation optimale garantissant délais, qualité, compétences et efficacité. En effet, Cegelec dispose d'un effectif de 664 personnes dont 194 ingénieurs et un personnel de haut niveau grâce à des programmes de formation adaptés aux métiers. Vu la dispersion des marchés au long du royaume, Cegelec a pu implanter de différents sièges, vu que le centre est situé à CASABLANCA. (Figure I. 5)

L'annexe 1 donne les différentes activités de VINCI Energies



Figure I. 6: Implantation de Vinci Energies au Maroc

I.2.5 Organigramme de l'atelier charpente métallique

Le fonctionnement par projets nécessite la mise en place d'une organisation spécifique qui va se superposer à la structure de l'entreprise afin de s'adapter à l'environnement technique, scientifique mais aussi économique, social et politique.

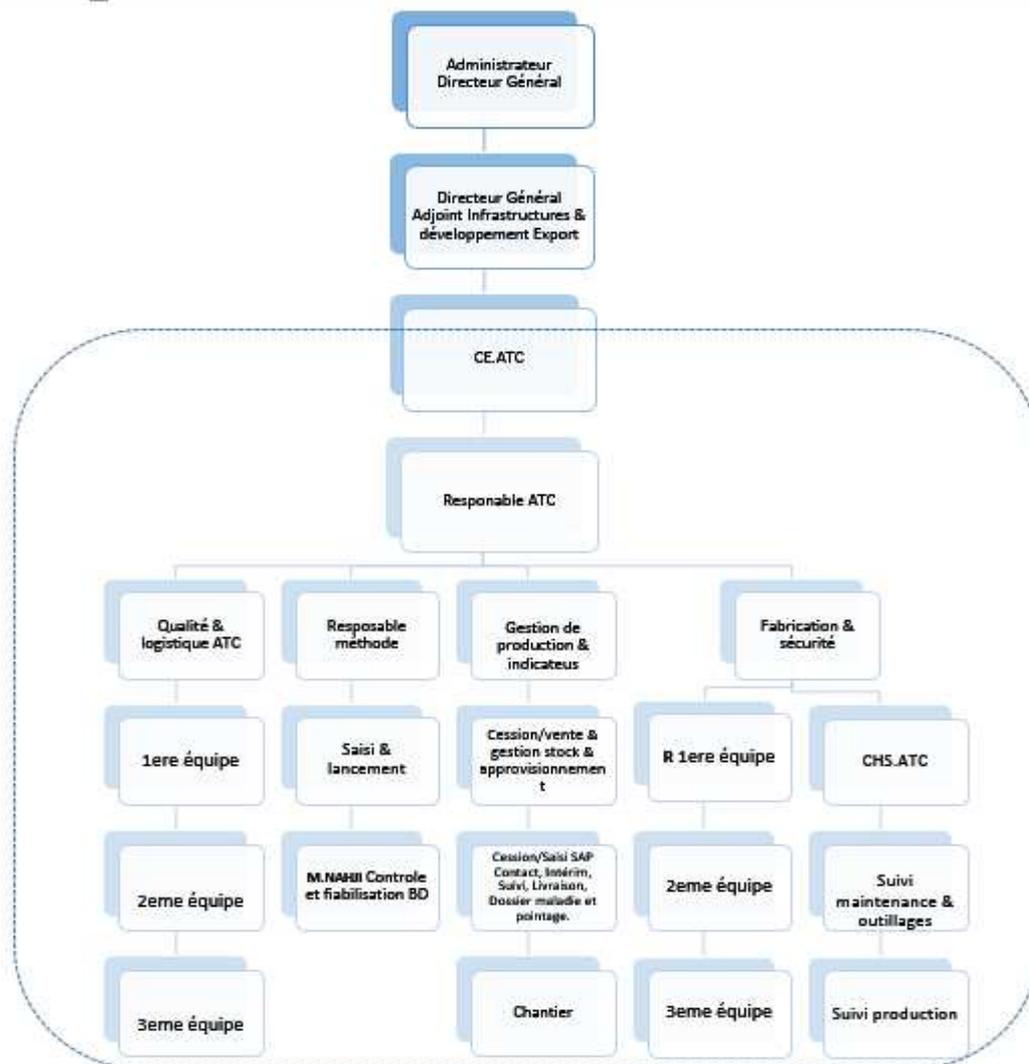


Figure I. 7: Organigramme de l'atelier charpente métallique

II. Problématique et enjeu du projet

VINCI Energies est une entreprise qui opère notamment dans le domaine électrique et ce depuis la conception jusqu'à l'installation et la maintenance des pylônes électrique.

Avec son statut international il est présent dans une cinquantaine de pays à travers le monde. L'Afrique occupe une place importante avec une représentation dans plus de 15 pays.

Fort de cette implantation en Afrique subsaharienne, VINCI Energies veut être encore plus efficace et plus rapide, pour cela il se doit d'être plus près de ses clients. Mais cette quête de l'excellence

se heurte à un problème de taille : il ne dispose pas d'une unité de fabrication de pylône et charpentes métallique dans la sous-région ouest africaine. Les produits sont fabriqués au Maroc et expédiés par bateau. Avec tout ce que cela peut entraîner comme problème lors de l'expédition, cette solution est un handicap majeur dans sa quête de l'excellence.

C'est dans ce contexte que s'inscrit ce sujet d'étude afin de palier à tous ces inconvénients.

Le présent projet doit donc apporter des solutions concrètes aux problèmes posés par le manque d'atelier de fabrication de pylônes et charpentes métalliques dans la sous-région ouest africaine.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons pu cerner les différentes informations utiles à propos de la société, son secteur d'activité. Le chapitre a fait ressortir également la problématique et le contexte du sujet. Le chapitre suivant abordera un volet très important à savoir l'étude de l'existant par la description du processus de production.

CHAPITRE II : Processus de fabrication

Introduction

Dans ce chapitre nous allons faire une étude de l'atelier existant et faire ressortir ses faiblesses ce qui nous permettra de poser les bases de l'atelier à réaliser. Mais au préalable nous allons parler du transport de l'électricité et des moyens utilisés pour assurer ce transport. Nous parlerons notamment des différents types de pylônes.

I. Généralité sur le transport de l'électricité

L'électricité est transportée par un ensemble de ligne et de pylônes. Le courant est transporté au sein de câbles qui forment des conducteurs électriques. Ils sont nus (non isolés) pour en limiter le poids et sont accrochés aux pylônes ou aux poteaux via des chaînes d'isolateurs.

La figure II.1 montre un exemple de lignes de transport de l'énergie électrique (haute tension).



Figure II. 1: Exemple de lignes haute-tension

La fixation et l'isolation entre les conducteurs et les pylônes est assurée par des isolateurs, ils ont un rôle à la fois mécanique et électrique. Ceux-ci sont réalisés en verre, en céramique, ou en matériau synthétique. Les isolateurs en verre ou céramique ont en général la forme d'un empilement d'assiettes. Il en existe deux types : les isolateurs rigides (assiettes collées) et les éléments de chaîne (assiettes emboîtées). Plus la tension de la ligne est élevée, plus le nombre d'assiettes est important. On en dénombre jusqu'à 19 par chaîne sur les lignes à très haute tension du réseau de transport et jusqu'à 3 par chaîne sur les lignes à moyenne et basse tension du réseau de distribution.

La façon la plus aisée de distinguer ces différentes lignes est d'observer leurs supports et le nombre d'isolateurs qui changent en fonction de la tension du courant transporté.

On distingue deux lignes :

I.1 les lignes à très haute tension (400 000 V et 225 000 V) et à haute tension (60 000 V)

Ces lignes acheminent l'électricité des grandes unités de production jusqu'à des transformateurs. Gérées par les opérateurs, elles sont soutenues par des pylônes dont la forme et la largeur varient en fonction de l'environnement. Ces pylônes en acier sont souvent en « treillis » (assemblage

formant une triangulation). Généralement, plus la tension de la ligne est élevée, plus les pylônes sont hauts. Un pylône soutenant une ligne de 400 000 V peut atteindre 90 m de haut.

I.2 Les lignes à moyenne tension et basse tension (entre 20 000 et 220 V)

Ces lignes acheminent l'électricité depuis des transformateurs jusqu'aux consommateurs finaux. Principalement gérées par les opérateurs, elles sont soutenues par des poteaux électriques généralement en bois ou en béton. Ceux-ci ne mesurent que 10 à 14 m de haut.

II. Les types de pylônes

Un pylône électrique est un support vertical portant les conducteurs d'une ligne à haute tension. Les pylônes les plus courants sont les pylônes en treillis.

C'est un pylône métallique constitué par un assemblage de membrures, contreventements et cornières formant un treillis et destiné à la plupart des lignes de transport de l'électricité, sous forme de courant alternatif ou de courant continu. Il comporte un fût quadrangulaire et des consoles ou des traverses. Les fondations sont généralement à pieds séparés.

II.1 Principaux termes et définitions

- **Le fût** : il constitue l'élément principal du pylône, il est subdivisé en tronçons successifs,
- **Les consoles** : elles permettent l'accrochage des câbles conducteurs ; elles sont généralement fixées au fût,
- **Les chevalets** : ils permettent l'accrochage des câbles de garde pylône,
- **Les embases** : les embases assurent la liaison entre la superstructure et la fondation,
- **Membrures** : éléments en acier constituant les éléments porteurs principaux de la structure.
- **Contreventements principaux** : éléments autres que les membrures, supportant des efforts provoqués par les charges appliquées sur la structure.
- **Contreventements secondaires** : éléments utilisés pour réduire la longueur de flambement d'autres éléments.
- **Tronçon**: toute partie d'un pylône ou subdivisé verticalement dans le but de déterminer les aires projetées et la trainée aérodynamique. Les tronçons sont souvent, mais pas nécessairement, compris entre des intersections de membrures et de contreventements principaux.

La figure II.2 montre les différentes parties d'un pylône.

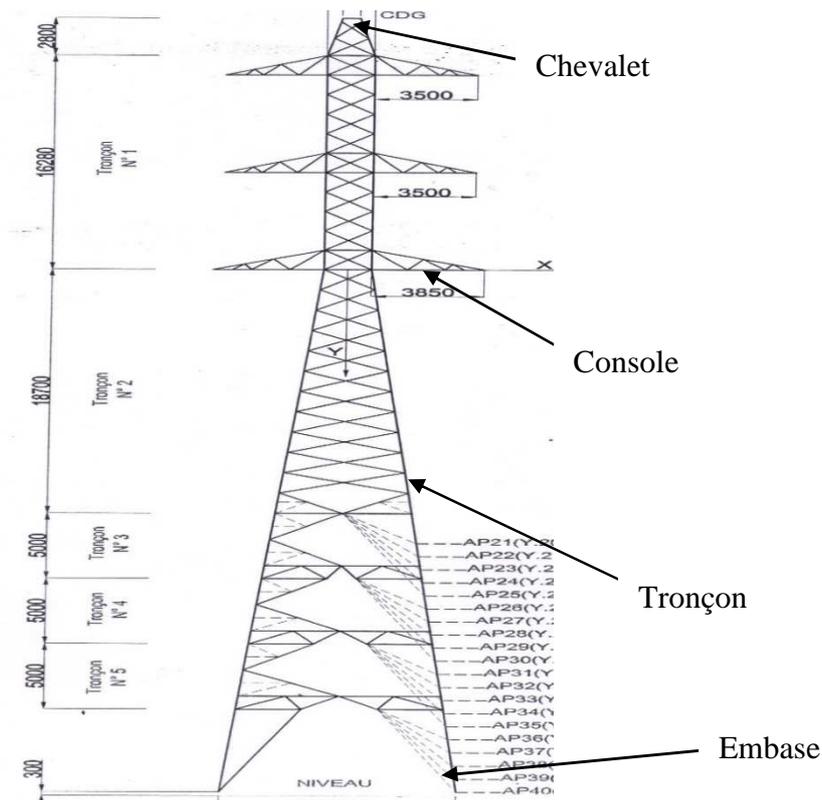


Figure II. 2: Les parties d'un pylône

II.2 Les différentes catégories de pylônes

En principe un système de lignes aériennes du réseau de transport est composé de trois phases parfois aussi appelées « système » ou « terne ».

En général un pylône supporte plusieurs systèmes ou ternes (deux le plus souvent)

Il existe différentes catégories et modèles de pylônes en fonction de :

- La tension
- L'aspect des lieux
- Le respect de l'environnement
- Les conditions climatiques

Ainsi il existe deux grandes familles de pylônes : les pylônes 1 terne (1T) et les pylônes 2 ternes (2T).

En fonction du nombre de câbles électrique qui partent des extrémités nous avons des pylônes :

- 1T1P
- 1T2P
- 2T1P

- 2T2P

Comme l'illustre la figure II.3 à gauche nous avons un pylône de type 2T2P et à droite 2T1P

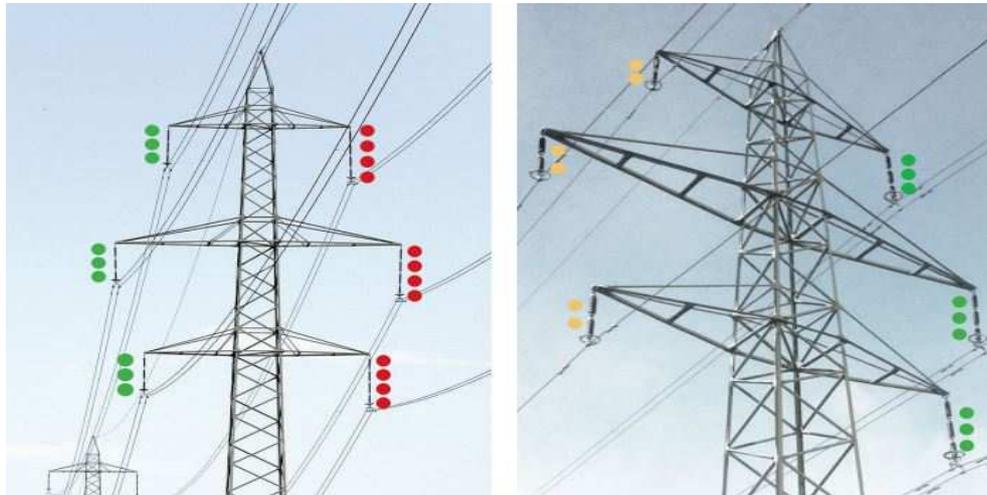


Figure II. 3: Illustration des types de pylônes

En fonction de l'aspect des lieux, l'aspect de l'environnement et des efforts de sollicitation avons plusieurs familles de pylônes. La figure II.4 montre les pylônes de la famille 1T :

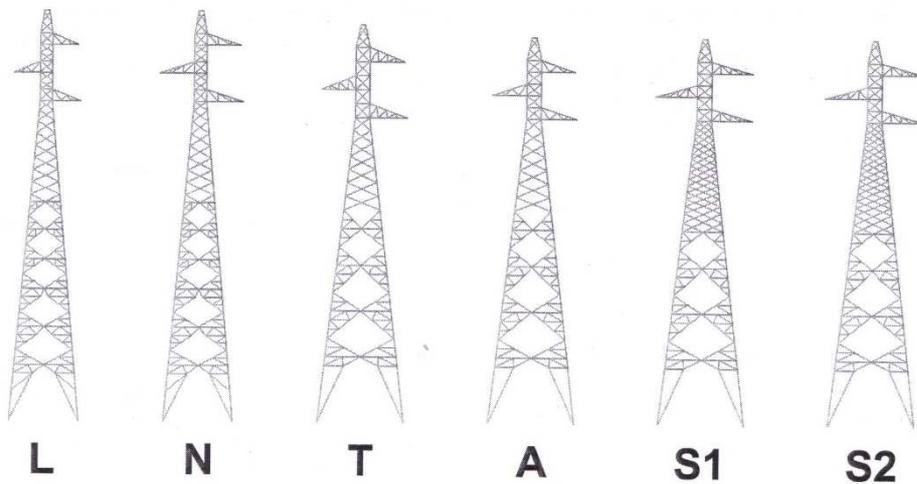
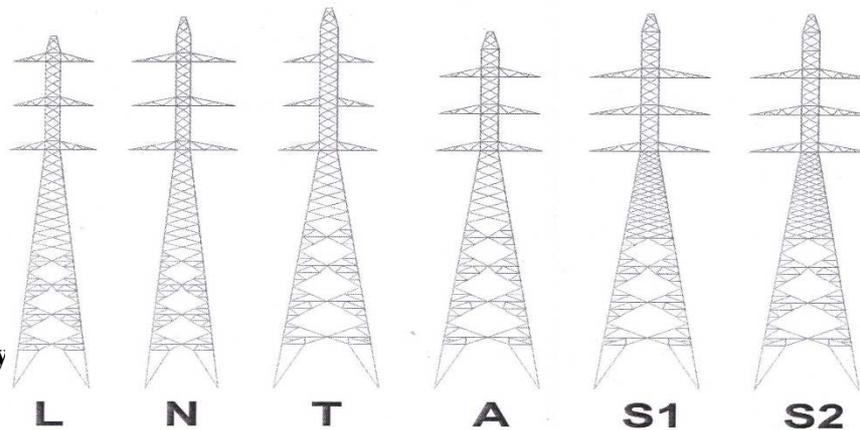


Figure II. 4: Les types de pylône de la famille 1T1P et 1T2P

La famille 2T est représentée par la figure II.5



- Les py

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 d'arrêt et supporte de grands efforts.

- **Les pylônes de type L ou N**

Ce sont des pylônes d'alignement utilisés dans les lignes droites.

- **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 nécessitant un angle aigu (inférieur ou égal à 90°)

- **Les pylônes de type T**

Ce sont également des pylônes d'angle nécessitant un angle obtus c'est à dire supérieur à 90°.

Un récapitulatif de tous les types de pylône est fait sur la figure II.6

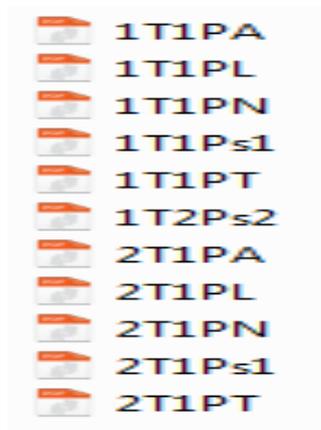


Figure II. 6: Différents types de pylônes utilisés pour le transport de l'énergie électrique

III. Etude de l'existant

III.1 Présentation de l'atelier charpente métallique (ATC)

L'atelier charpente ATC est parmi les unités fondamentales du département. Il offre une gamme complète de charpentes et pylônes, sur 3800 m² décomposés en 4 sections de fabrication.



Figure II. 7: ATC-Cegelec

➤ **L'implantation de l'ATC**

L'ATC adopte l'implantation ci-dessous :

➤ **Les sections de l'ATC**

Au sein de l'ATC, on fabrique plusieurs types de produits en petite, moyenne et grande série selon la demande. Cet atelier est organisé selon une implantation par sections (Figure II. 8)

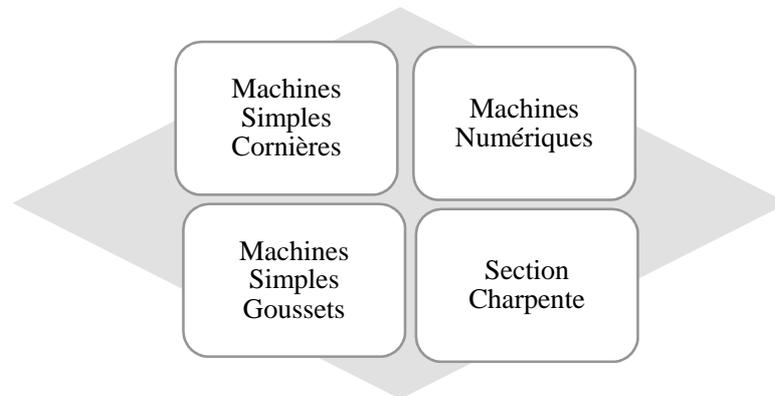


Figure II. 9: Sections de l'ATC

III.1.1 Description des différentes sections

Section Machines Numériques (SMN) : elle regroupe des machines à commande numérique, et elle représente un enchaînement des opérations de coupe, de perçage et de marquage. Le recours aux machines numériques se fait lorsqu'on a besoin d'une grande précision, en cas de grande série ou lorsqu'on utilise des profilés à grande épaisseur. L'arrivage de la matière première à cette section est assuré par un pont roulant et la manutention des profilés au cours des opérations de la SMN est assurée par des chariots élévateurs. (Figure II. 10)



Figure II. 11: Machine numérique pour cornières



Figure II. 12: Machine polyvalente pour les tôles.

Les principales opérations de cette section sont : le poinçonnage, le marquage, la coupe.

Section Machines Simples Goussets (MSG) : Cette section contient deux machines automatiques d'oxycoupage et des machines conçues pour le poinçonnage, le marquage et le pliage de tôles. La manutention des tôles et des goussets est réalisée à l'aide des chariots. (Figure II. 13)

Les principales opérations réalisées sur un article sont :

- Découpe par lame ou par oxycoupage
- Réalisation des trous par poinçonnage ou par oxycoupage
- Repérage
- Pliage
- Découpe
- Marquage
- Grugeage
- Burinage

Section Charpente (SC) : Cette section a comme opérations principales le meulage, le pointage et le soudage. Elle est composée alors de postes de soudage, et des machines conçues pour le délardage, le burinage, le pliage, le perçage et le poinçonnage en cas d'éventuels modifications des pièces à souder afin de gagner le temps de les transporter aux autres sections. (Figure II. 14)



Figure II. 15: Poste à souder

III.1.1 Matière première utilisée

* **Les cornières**



Figure II. 16: Cornière L 30X3

Représentant plus de 80% de la constitution d'un pylône une cornière désigne un profilé en métal dont la section forme un L. Les cornières sont très utilisées dans les constructions métalliques à cause de sa facilité de d'usage et de sa fonction polyvalente elle peut être utilisée pour la construction d'une ou pour renforcer une structure existante. ^[1]

Une cornière est désignée par ses longueurs d'aile et son épaisseur. Les cornières utilisées sont à ailes égales. (Figure II. 17)

* **Profilés en U**



Figure II. 18: Exemple de profilé en U

Bien que pas utilisés dans la fabrication des pylônes les profilés en U ont une grande importance dans l'TAC. Ils sont utilisés notamment dans la fabrication des armements. (Figure II. 19)

Un profilé en U est désigné par sa hauteur sa largeur et son épaisseur exemple U 40 x 20 x 4

* **Profilés en H**



Figure II. 20: Exemple de profilé en H

Ces profilés sont utilisés dans les lignes de tramway LGV ou dans les lignes de train classique. Ils sont aussi utilisés dans la fabrication de charpentes.

Hors mis ces profilés d'autres éléments sont utilisés comme les tôles et les fers plats les vis les rondelles.

III.2 Produit fini et expédition

Une fois la fabrication terminée les produits sont stocké avant d'être envoyé à la galvanisation. Le stockage se fait par affaire. La galvanisation des pièces est confiée à une sous-traitance.

Les pièces après galvanisation sont expédiées soit sur le chantier si c'est pour un projet national soit exporté si le projet a lieu hors du Maroc.

III.3 Recensement des moyens de production existant

Chaque machine dispose de son catalogue qui définit ses caractéristiques techniques mécaniques, hydraulique et électriques.

Les machines ont donc leurs spécificités et n'ont pas les mêmes capacités de production.

Les tableaux II.1, II.2 et II.3 dressent la liste des machines et leurs caractéristiques techniques.

Tableau II. 1: Capacités machines simple gousset

CAPACITES MACHINES SIMPLE GOUSSET				
PROFILS	TRUSQUINAGE MIN	DIAMETRE DE PONCONNAGE		MACHINES
		ø min	ø max	
TOLE DE 2 à 16	Polyvalente	8	32	KRIS
TOLE DE 4 à 8	Polyvalente	14	24	P3P 14
TOLE DE 2 à 14	Cisaille	Cisaille	Cisaille	CI57
TOLE DE 2 à 12	Cisaille	Cisaille	Cisaille	CI6
TOLE	Marquage	Marquage	Marquage	M19
TOLE DE 2 à 12	Polyvalente	8	26	P10
TOLE DE 8 à 14	Polyvalente	8	30	P12
TOLE DE 2 à 16	Polyvalente	10	33	GEKA1
TOLE DE 2 à 16	Polyvalente	10	33	GEKA3
TOLE DE 2 à 16	Polyvalente	10	33	GEKA4
TOLE DE 4 à 10	Polyvalente	14	24	GEKA5
TOLE	Plieuse	Plieuse	Plieuse	PL7

Tableau II. 2: Capacités machines numériques goussets

CAPACITES MACHINES NUMERIQUES GOUSSETS				
PROFILS	TRUSQUINAGE MIN	DIAMETRE DE PONCONNAGE		MACHINES
		ø min	ø max	
TOLE DE 6 à 260	Polyvalente	18	Polyvalente	MESSER01
TOLE DE 6 à 260	Polyvalente	19	Polyvalente	MESSER02
TOLE DE 6 à 20	Polyvalente	14	34	PG116

Tableau II. 3: Capacités Machines numériques et machines simples cornière

CAPACITES MACHINES NUMERIQUES CORNIERE									
PROFILS	DIAMETRE DE PONCONNAGE			DIAMETRE PAR AILE	MARQUAGE		TRUSQUINAGE		MACHINES
	ø min	ø max	ovale		Nbre rangée	Carat/rangée	MIN	ETAT	
L40X4....L90X9	10	27	-	2	8	8	20	FIXE	VP21N
L40X4....L90X9	10	27	-	2	8	9	20	FIXE	VP21E
L40X4....L120X12	8	33	-	3	8	9	25	VARIABLE	VP166
L40X4....L150X12	14	33	ovale	2	8	13	25	VARIABLE	A164T
L80X8....L200X20	8	32	-	5	DISC		Polyvalente	VARIABLE	DB503
U I H	8	32	-	5	DISC		Polyvalente	VARIABLE	DB503
L80X8....L200X20	8	36	-	5	DISC		Polyvalente	VARIABLE	HD615
U I Hd	8	36	-	5	DISC		Polyvalente	VARIABLE	HD615
L60X6....L150X15	14	33	ovale	3	8	13	25	VARIABLE	HP16T6
CAPACITES MACHINES SIMPLE CORNIERE									
PROFILS	TRUSQUINAGE MIN		DIAMETRE DE PONCONNAGE			MACHINES			
	ø min	ø max	ø min	ø max	ovale				
L35X3....L100X10	23		8	22	ovale	P16			
U80X3....U140X10	23		8	22	ovale	P16			
L35X3....L60X6	23		8	18	-	P17			
L35X3....L120X12	23		8	26	-	P26			
L35X3....L100X10	23		8	22	ovale	P37			
U80X3....U140X10	23		8	22	ovale	P37			
L35X3....L80X8	23		8	20	-	P38			
L35X3....L70X7	23		8	20	-	P47			
L35X3....L60X6	23		8	18	-	P51			
L35.....L80	La coupe		La coupe	La coupe	La coupe	GEKA2			
L35.....L60	La coupe		La coupe	La coupe	La coupe	C43			
L35.....L150	Marquage		Marquage	Marquage	Marquage	M22			
L35.....L150	Marquage		Marquage	Marquage	Marquage	M20			
L35.....L100	La coupe		La coupe	La coupe	La coupe	MC46			
U80.....U120	La coupe		La coupe	La coupe	La coupe	MC46			
L35.....L100	Grugeage		Grugeage	Grugeage	Grugeage	G8			

Conclusion

Ce chapitre a fait ressortir de façon générale le transport de l'électricité et des pylônes utilisés pour assurer ce transport. L'étude de l'atelier existant nous a permis de mieux nous situer dans le contexte du sujet. Le prochain chapitre déterminera le parc machine nécessaire.

CHAPITRE III : Détermination du parc machine

Introduction

Ce chapitre parlera de la composition des pylônes c'est-à-dire les profilés constitutifs des pylônes et leur proportion. Nous allons ensuite aborder les temps d'usinage des machines à l'issue duquel une ébauche du parc machine est élaboré et sera raffiné par la suite.

I. Cahier de charge

Selon les besoins de l'entreprise l'atelier à concevoir doit avoir la capacité de production suivante :

- Capacité : 5000 tonnes / an

Répartition :

- 3000 tonnes pour les 225 KV 1 T
- 800 tonnes 225 pour KV 2 T
- 1000 tonnes pour 22 KV
- 200 tonnes pour Charpente

Pour l'unité de fabrication de pylônes et charpentes :

- Mettre en place processus de fabrication / Après étude des plans.
- Liste des machines nécessaires pour répondre à 5000 tonnes /an.
- Liste des moyens de manutention.
- Plan de masse ; maquette en 3D.
- Plan Locaux techniques : électricité, air comprimé, maintenance.

Installations nécessaires : un réseau électrique, un réseau d'eau potable, un réseau eau non potable, un réseau d'assainissement, un réseau acétylène + oxygène Ou Propane/ Oxygène une chaudière.

- Plan génie civil machine.
- Plan génie civil bâtiment.

Pour l'usine de galvanisation de pylônes :

- Mettre en place Processus de galvanisation après étude des plans
- Liste des moyens de manutention
- Etude dimensionnelle des cuves en fonction des longueurs et largeurs des pièces et pylônes 225 KV et charpente (Nombre et Dimension)
- Plan de masse ; maquette en 3D.
- Plan Locaux techniques : électricité, air comprimé, maintenance et toutes les installations nécessaires au bon fonctionnement de l'atelier. ^[2]

II. Spécification des besoins

Les besoins diffèrent en fonction du type de pylônes. Le tableau III.1 donne les besoins en fonction des types de pylônes.

Tableau III. 1: Répartition des pylônes 225 KV et 22KV

225KV			22KV	
Famille	Type	quantité	Désignations	Quantité
2T1P N	N23	46	AB I	250
	N24	1	AC I	250
	N27	2	AD I	100
	N28	1	AE I	20
2T1P T	T24	2	AFG I	5
2T1P A	A23	6	AB II	150
	A25	1	AC II	150
2T1P S1	S1-17	1	AD II	150
	S1-18	1	AE II	10
	S1-20	1	AFG II	10
2T1P S2	S2-19	1	AB III	50
2T1P S2M	S2M58	3	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

La détermination du parc machines nécessaire à la création de la nouvelle unité de fabrication passe par plusieurs étapes.

Après avoir pris connaissance des différents profilés utilisés dans l'atelier nous avons dressé la liste des machines utilisés avec leur capacité de production cette liste a été établie dans les tableaux II.1, II.2 et II.3.

La première étape de la détermination du parc machine a donc été de déterminer la capacité de production de chaque machine.

A présent nous allons introduire d'autres facteurs qui nous permettront de raffiner cette étude. Nous allons déterminer de façon plus précise en fonction des caractéristiques les profilés usinés par chaque machines.

III. Etudes des documents techniques des pylônes

L'étude des documents des pylônes a fait ressortir la constitution des différents éléments d'un pylône. On constate qu'un pylône est constitué de cornières de fers plats de goussets et de visserie et ce à des proportions différentes en fonction du type de pylône. La figure III.1 donne la répartition

des différents profilés dans les pylônes 1T1PL et 1T1PA. La réparation des profilés dans tous les pylônes est résumée dans le tableau III.2.

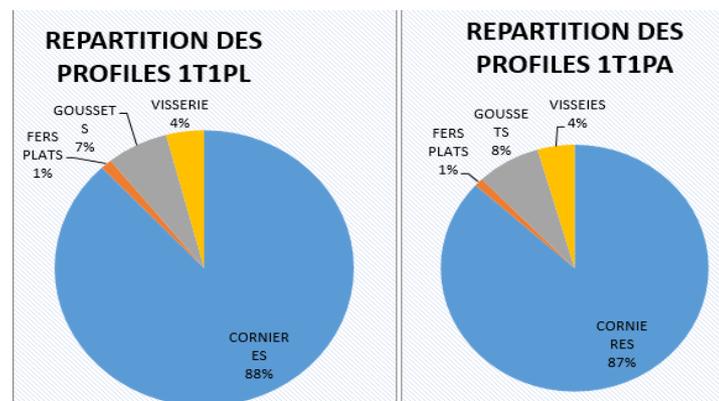


Figure III. 1: Répartition des profilés de type 1T1PL et 1T1PA

Le tableau ci-dessous donne la répartition des différents profilés en fonction du type de pylône.

Tableau III. 2: Tableau récapitulatif des pourcentages de profilés par pylône

Type de pylônes	Pourcentage de cornière	Pourcentage de fers plats	Pourcentage de goussets	Pourcentage de visserie
1T1PL	88%	1%	7%	4%
1T1PA	87%	1	8	4
1T1PN	86	1	8	5
1T1PS1	82	13		5
1T1PT	85	1	10	4
1T2PS2	77,71	0,09	16,76	5,47
2T1PA	85,67	0,31	10,06	3,98
2T1PL	87	1	8	4
2T1PN	84	1	11	4
2T1PT	83,78	0,35	12,01	3,89
2T1PS1	83,13	0,25	12,74	3,9

IV. Algorithme des machines

IV.1 Algorithme : machines Numériques cornière

Un algorithme sur Excel nous permet de classier les profilés pouvant être usinés par chaque machine.

Cet algorithme prend en compte plusieurs paramètres.

* Algorithme : VP21

C'est un algorithme qui permettra de classier les profils qui peuvent être usinés par la machine VP21

Les paramètres qui interviennent dans le programme sont :

- Largeur de l'aile du profil

- Epaisseur du profil
- Nombre de diamètres
- Diamètre minimal
- Diamètre maximal
- Nombre de trusquinage
- Trusquinage minimal

Début de programme

- 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 de programme

Programme Excel :

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

Si toutes ces conditions sont réunies par un profilé alors il sera réalisé par la VP21 sinon une autre machine prendra en charge ce profilé.

*** Algorithme : VP166**

C'est un algorithme qui permettra de classier les profils qui peuvent être usinés par la machine VP166

Les paramètres qui interviennent dans le programme sont :

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

Début déprogramme

- 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 de programme

Programme Excel :

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

Si toutes ces conditions sont réunies par un profilé alors il sera réalisé par la VP166 sinon une autre machine prendra en charge ce profilé.

*** Algorithme : A164T**

C'est un algorithme qui permettra de classier les profils qui peuvent être usinés par la machine A164T

Les paramètres qui interviennent dans le programme sont:

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

Début de programme

- 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 de programme

Programme Excel :

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

Si toutes ces conditions sont réunies par un profilé alors il sera réalisé par la A164T sinon une autre machine prendra en charge ce profilé.

*** Algorithme : HP16T6**

C'est un algorithme qui permettra de classier les profils qui peuvent être usinés par la machine HP16T6

Les paramètres qui interviennent dans le programme sont:

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

Début de programme

- 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 de programme

Programme Excel :

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

Si toutes ces conditions sont réunies par un profilé alors il sera réalisé par la HP16T6 sinon une autre machine prendra en charge ce profilé.

*** Algorithme : HD615**

C'est un algorithme qui permettra de classier les profils qui peuvent être usinés par la machine HD615

Les paramètres qui interviennent dans le programme sont :

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

Début de programme

- 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 de programme

Programme Excel :

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

Si toutes ces conditions sont réunies par un profilé alors il sera réalisé par la HD615 sinon une autre machine prendra en charge ce profilé.

*** Algorithme : DB503**

C'est un algorithme qui permettra de classier les profils qui peuvent être usinés par la machine DB503

Les paramètres qui interviennent dans le programme sont :

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

Début de programme

- 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 de programme

Programme Excel :

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

Si toutes ces conditions sont réunies par un profilé alors il sera réalisé par la DB503 sinon une autre machine prendra en charge ce profilé.

IV.2 Algorithme : machines simples cornières

Algorithme qui permettra de classier les profils qui peuvent être usinés par les machines simples.

Variable :

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

- Trusquinage minimal

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 répéter l'opération d'usinage, donc on peut usiner autant fois que l'on désire

Début de programme

- 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 de programme

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 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";" ")) »

L'annexe II dresse la liste de quelques profilés et les machines qui sont capables de les réaliser.

A l'issue de la première étude basé sur les capacités des machines on se rend compte que celle-ci a ses limites. Nous constatons qu'un même profilé peut être usiné par plusieurs machines.

Comment préférer une machine par rapport à une autre ?

Pour répondre à cette question nous allons introduire un autre paramètre dans notre filtre. C'est le paramètre de temps.

V. Détermination du temps de cycle des machines

Les machines n'ont pas le même temps de cycle cela diffère d'une machine à une autre. Cela se justifie principalement par la conception de la machine.

Les principales opérations réalisées sont le marquage le poinçonnage la coupe.

Les tableaux ci-dessous donnent les différents temps par machine. Ce temps a été relevé de façon pratique sur le terrain. Nous avons procédé à plusieurs relevés et une moyenne des temps a ensuite été fait.

Les tableaux suivant donnent la moyenne des temps par opération de chaque machine en seconde.

V.1 Temps des opérations des machines numériques.

Les relevés des temps d'opération des machines sont faits directement sur le terrain avec les opérateurs. Cette méthode donne la garantie d'avoir des données exactes.

Tableau III. 3: Temps des opérations des machines numériques

Machines Numériques							
Les tâches	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	

- Temps d'approvisionnement de la matière première : c'est le temps que met la matière première pour arriver à la machine depuis le stock matière première via le pont roulant
- Temps d'alimentation : temps nécessaire pour alimenter la machine
- Temps de contrôle de la pince : le temps de la pince prend pour bien positionner la pièce
- Temps de cycle : temps nécessaire pour la réalisation de trois opérations d'usinage.
- Temps d'évacuation de la pièce finie : temps nécessaire pour évacuer la pièce hors de la machine.
- Temps d'évacuation des chutes : temps nécessaire pour débarrasser les copeaux
- Vitesse du chariot : vitesse de déplacement du chariot pour alimenter la machine.

La DH615 s'occupe des profilés particuliers notamment les profilés en H.

V.2 Temps des opérations des machines simples cornières.

Tableau III. 4: Temps des opérations des machines simple cornière

Machines Simples Cornières		
Operations	Temps (secondes)	
Découpe	17	
Poinçonnage	2 perçages	15,04
	2 perçages	14,88
	3 perçages	32
Marquage (3bloc)	7,88	
Changement d'outillage	Poinçonnage 180	

Tableau III. 5: Temps des opérations machines simple gousset

	Temps de cycle			
	Poinçonnage	Marquage	Coupe	Pliage
KRIS	12			
P3P 14	12			
CI57			10	
CI6			10	
M19		10		
P10	12			
P12				
GEKA1	12			
GEKA3	12			
GEKA4	12			
GEKA5	12			
PL7				12

Les tableaux III.4 et III.5 donnent les temps d'opération des machines simples cornières et les machines simples goussets.

Les machines n'ont pas les mêmes pas les mêmes fonctions et ne font pas les mêmes opérations. Ainsi donc on constate au niveau des temps que certaines cases sont vides cela signifie que la machine n'accomplit pas cette fonction. Par exemple quand on prend la PL7 c'est une plieuse et donc le temps d'opération n'est mentionné que dans la partie pliage.

Ces différents temps sont également relevés sur le terrain de façon pratique ce qui constitue une base solide et fiable pour le choix des machines. Le recensement de ces temps de cycle nous permet donc de déterminer les temps de production annuel.

VI. Détermination des temps de production des profilés

Connaissant le temps de cycle de chaque machine il est plus aisé de déterminer le temps de fabrication d'un profilé.

Une fiche débit est une fiche qui donne les différentes opérations réalisées sur un profilé. L'exploitation de ces fiches débit permet de recenser ces différentes opérations.

L'annexe III donne un récapitulatif des différentes opérations ainsi que le leur nombre.

Ainsi donc pour déterminer le temps d'usinage d'un profil il suffit de prendre les différentes opérations à réaliser sur le profil et de les multiplier par le cycle de chaque opération correspondante.

Exemple : 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
- Diamètre de perçage : 18mm-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

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

35,7 représente le temps d'évacuation moyen des machines numériques (voir tableau 7).

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 (voir tableau 7)

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

$$= \text{Temps d'évacuation des barres} + \text{Temps d'évacuation de chute} \\ + \text{Temps d'usinage} + \text{Temps de parcours} + \text{Temps d'alimentation} \\ + \text{Temps de contrôle de la pince}$$

Application numérique :

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

- Sur la VP166 :

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

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

$$\text{Temps d'évacuation annuelle}(s) = \text{nombre de barre annuelle} \times 35,7$$

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

35,7 représente le temps d'évacuation moyen des machines numériques (voir tableau 7).

$$\text{Temps d'évacuation de chute annuelle} = 15 \times \text{nombre de barre annuelle}$$

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

Avec 15 : temps moyen d'évacuation de chute des machines numériques en second (voir tableau 7)

Temps d'usinage (poinçonnage et marquage) de la cornière L80x6.5 de longueur 622

$$\text{Temps d'usinage (s)} = 1,0385 \times \text{nbre de trou} + 10,858 \times 3$$

$$\text{Temps d'usinage (s)} = 1,0385 \times 13 + 10,858 \times 3 = 46,0745s$$

$$\text{Temps d'usinage annuel} = 46,0745 \times 918 = 42296,391s$$

1,0385s est le temps nécessaire pour réaliser un trou de poinçonnage

10,858s 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

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

$$\text{Temps de coupe(s)} = 2,25 \times 918 = 2065,5s$$

Avec 2,25 : temps est le temps de coupe de la VP116

Temps parcourue par la pièce (s)

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

$$\text{Temps parcuru} = (\text{longueur} \div 1000) \div 0,8$$

0,8m/s représentent la vitesse de déplacement du chariot.

$$\text{Temps de parcours} = (570996 \div 1000) \div 0,8 = 713,745s$$

Temps d'alimentation

Le temps d'alimentation de la VP166 est 19s/ pièce

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

$$\text{Temps d'alimentation(s)} = 19 \times 48 = 912s$$

Temps de contrôle de la pince

$$\text{Temps de contrôle annuel de la pince(s)} = 17 \times \text{nombre de barre annuel de 12m}$$

$$\text{Temps de contrôle annuel de la pince(s)} = 17 \times 48 = 816s$$

Temps annuel

$$\begin{aligned}
 &= \textit{Temps d'évacuation des barres} + \textit{Temps d'évacuation de chute} \\
 &+ \textit{Temps d'usinage} + \textit{Temps de parcours} + \textit{Temps d'alimentation} \\
 &+ \textit{Temps de contrôle de la pince}
 \end{aligned}$$

Application numérique :

$$\begin{aligned}
 \textit{Temps annuel(s)} &= 32818,5 + 720 + 42296,391 + 2065,5 + 713,745 + 912 + 816 \\
 &= 80342,13s = 22,31\textit{heures}
 \end{aligned}$$

- Sur la A164T

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

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

$$\textit{Temps d'évacuation annuelle(s)} = \textit{nombre de barre annuelle} \times 35,7$$

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

35,7 représente le temps d'évacuation moyen des machines numériques (voir tableau 7).

$$\textit{Temps d'évacuation de chute annuelle} = 15 \times \textit{nombre de barre annuelle}$$

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

Avec 15 : temps moyen d'évacuation de chute des machines numériques en second (voir tableau 7)

Temps d'usinage (poinçonnage et marquage) de la cornière L80x6.5 de longueur 622

$$\textit{Temps d'usinage (s)} = 2,85 \times \textit{nbre de trou} + 6,47 \times 3$$

$$\textit{Temps d'usinage (s)} = 2,85 \times 13 + 6,47 \times 3 = 56,46s$$

$$\textit{Temps d'usinage annuel} = 56,46 \times 918 = 51830,28s$$

2,85s est le temps nécessaire pour réaliser un trou de poinçonnage

6,47s 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

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

$$\text{Temps de coupe}(s) = 5,192 \times 918 = 4766,256s$$

Avec 5,192 : temps est le temps de coupe de la A164T

Temps parcourue par la pièce (s)

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

$$\text{Temps parcouru} = (\text{longueur} \div 1000) \div 1$$

1m/s représente la vitesse de déplacement du chariot.

$$\text{Temps de parcours} = (570996 \div 1000) \div 1 = 570,996s$$

Temps d'alimentation

Le temps d'alimentation de la A164T est 14,5s/ pièce

$$\text{Temps d'alimentation}(s) = 15 \times \text{nombre de barre par an}$$

$$\text{Temps d'alimentation}(s) = 15 \times 48 = 720s$$

Temps de contrôle de la pince

$$\text{Temps de contrôle annuel de la pince}(s) = 16 \times \text{nombre de barre annuel de 12m}$$

$$\text{Temps de contrôle annuel de la pince}(s) = 16 \times 48 = 768s$$

Temps annuel

$$\begin{aligned} &= \text{Temps d'évacuation des barres} + \text{Temps d'évacuation de chute} \\ &+ \text{Temps d'usinage} + \text{Temps de parcours} + \text{Temps d'alimentation} \\ &+ \text{Temps de contrôle de la pince} \end{aligned}$$

Application numérique :

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

- Sur la HP16T6

Nombre de barre par an = quantité de barre dans une affaire \times quantité annuelle

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

$$\text{Temps d'évacuation annuelle}(s) = \text{nombre de barre annuelle} \times 35,7$$

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

35,7 représente le temps d'évacuation moyen des machines numériques (voir tableau 7).

$$\text{Temps d'évacuation de chute annuelle} = 15 \times \text{nombre de barre annuelle}$$

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

Avec 15 : temps moyen d'évacuation de chute des machines numériques en second (voir tableau 7)

Temps d'usinage (poinçonnage et marquage) de la cornière L80x6.5 de longueur 622

$$\text{Temps d'usinage}(s) = 2,85 \times \text{nbre de trou} + 6,47 \times 3$$

$$\text{Temps d'usinage}(s) = 2,85 \times 13 + 6,47 \times 3 = 56,46s$$

$$\text{Temps d'usinage annuel} = 56,46 \times 918 = 51830,28s$$

2,85s est le temps nécessaire pour réaliser un trou de poinçonnage

6,47s 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

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

$$\text{Temps de coupe}(s) = 5,192 \times 918 = 4766,256s$$

Avec 5,192 : temps est le temps de coupe de la A164T

Temps parcourue par la pièce (s)

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

$$\text{Temps parcouru} = (\text{longueur} \div 1000) \div 1$$

1m/s représente la vitesse de déplacement du chariot.

$$\text{Temps de parcours} = (570996 \div 1000) \div 1 = 570,996s$$

Temps d'alimentation

Le temps d'alimentation de la A164T est 14,5s/ pièce

$$\textit{Temps d'alimentation}(s) = 15 \times \textit{nombre de barre par an}$$

$$\textit{Temps d'alimentation}(s) = 15 \times 48 = 720s$$

Temps de contrôle de la pince

$$\textit{Temps de contrôle annuel de la pince}(s) = 16 \times \textit{nombre de barre annuel de 12m}$$

$$\textit{Temps de contrôle annuel de la pince}(s) = 16 \times 48 = 768s$$

Temps annuel

$$\begin{aligned} &= \textit{Temps d'évacuation des barres} + \textit{Temps d'évacuation de chute} \\ &+ \textit{Temps d'usinage} + \textit{Temps de parcours} + \textit{Temps d'alimentation} \\ &+ \textit{Temps de contrôle de la pince} \end{aligned}$$

Application numérique :

$$\begin{aligned} \textit{Temps annuel}(s) &= 32818,5 + 720 + 51830 + 4766,256 + 570,996 + 720 + 768 \\ &= 92194,03s = 25,60\textit{heures} \end{aligned}$$

- **Sur les machines simples cornières**

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 pour le profilé L45X3 de longueur 1696 mm le temps total est :

$$\textit{Temps} = \textit{temps complet} \times \textit{nombre de barre annuel}$$

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

L'annexe IV Donne le temps d'usinage de quelques profilés.

La synthèse de tous les temps d'usinage de tous les profilés nous permet de dégager le tableau récapitulatif des différents temps de tous les types de pylônes.

Les tableaux III.7 et III.8 classent les profilés par machine et donne le temps d'usinage de chaque profilé.

Tableau III. 6: Temps de réalisation des profilés de 225KV

Profil	MSC		VP21		A164T		VP166		HP16T6		HD615	
	temps d'usage annuel (heure)		temps d'usage annuel (heure)		temps d'usage annuel (heure)		temps d'usage annuel (heure)		temps d'usage annuel (heure)		temps d'usage annuel (heure)	
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	

Tableau III. 7: Temps de réalisation des profilés de 22KV et des charpentes

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

La combinaison des deux filtres c'est-à-dire le filtre des capacités des machines et celui des temps de réalisation des profilés sur les différentes machines permet de faire un choix plus judicieux des machines.

A partir de ces différents tableaux nous pouvons déterminer le temps annuel d'usinage des différentes machines en faisant la somme des temps des différents profilés usinés sur ces machines.

BN : Les temps d'usinage représentés dans le tableau III.9 sont en heure.

Tableau III. 8: Choix des machines par temps d'usinage des profilés

	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	713		965		859		837					
	L80x8			16		16		14		16			
	L60x6							282		345			
	L70x7							95		114			
	L90x9							10		12			
L100x10							4		4				
Charpentes	L40x4			4									
	L50x5	3		5				4					
	L60x6	1		2				2					
	L70x7	25		40				36					
	L80x8	2		2		2		2		2			
	L100x10	25				29		32		29			
L120x12	2						2						

- Profilé pouvant être usiné sur les machines simples cornières
- Profilé pouvant être usiné sur la VP21
- Profilé pouvant être usiné sur la VP166

Les tableaux III.9 présentent après plusieurs critères de tri l'ensemble des machines capable de réaliser les opérations sur les différents profilés. Nous ferons donc le choix final du type de machines et du nombre à maintenir pour satisfaire l'objectif de production annuel de 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 peut être réalisable sur une machine et un autre lot sur une deuxième machine, 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.

Détermination du nombre de machine nécessaire

Temps de travail annuel

$$= \text{nombre d'heure par jour} \times \text{nombre de jour ouvrable dans le mois} \\ \times \text{nombre de mois dans l'année}$$

$$\text{Temps de travail annuel(heure)} = 8h \times 24 \times 12 = 2304\text{heures}$$

Le taux de rendement synthétique TRS des machines numériques est 45%. Le temps réel de travail annuel est donc de 1037heures.

$$\text{Temps net de travail des machines annuel des numeriques} = 45\% \times 2304 \\ = 1037\text{heures}$$

Le temps utile des machines simples cornières ont OPE de 25% donc le temps net de travail des machines simples gousset est :

$$\text{Temps net de travail annuel des machines simples cornières} = 75\% \times 2304 = \\ 1728\text{heures}$$

Connaissant les heures de fonctionnement des machines nous pouvons déterminer le tonnage de chaque machine.

Ce tonnage est déterminé en faisant la somme des tonnages des différents profilés usinés sur les machines.

L'annexe IV donne le poids de quelques profilés.

Ainsi donc

- Le poids annuel usiné par les machines simples cornières est **2194798,01 kg**
- **Le poids annuel usiné par la VP 21 est 223656,413 kg**
- **Le poids annuel usiné par VP 166 est 1838780,99 Kg**

Poids total usiné dans la Section Gousset :

- Poids total de gousset / an : **362505,954 kg**
- Poids total de fers plats / 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.

Les goussets réalisés sur les machines simples : représentent 201943 kg. Les fers plats représentent 37289.3151 Kg

Sur les machines numériques les goussets représentent 160562,79 kg

Après toutes les études précédentes basées sur les fiches débit, sur la constitution des différentes pièces constituant un pylône les caractéristiques et les capacités de production des machines existantes nous pouvons faire ressortir la liste des machines et des engins de manutention nécessaires.

Les fiches techniques des machines sont données dans l'annexe V.

VII. Parc machine nécessaire

Le parc machine déterminé dresse une liste des machines et équipement de manutention utilisé.

Tableau III. 9: Parc machine

Manutention	3 transpalettes manuelles
	8 tables mobiles manuelles
	3 Ponts roulants de 5 tonnes dont 1 double
	2 lignes de convoyeur à rouleaux
	2 Chariots élévateur 5 tonnes mini
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 (type VP21)
	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 (type VP166 – HP16T6)
	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 (Type HD615 ou DB503)
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 enrobé
	3 postes à souder TIG – semi auto
	10 Meules portatives à disc
Alimentation Gaz d'oxycoupage	Reserve d'oxygène
	Bouteilles de propane
	Bouteilles d'acétylènes
	Bouteilles de CO ₂
Alimentation en air comprimé	1 Compresseur pneumatique 7.5 bars (02 pour basculer)
Alimentation en eau chaude	1 chauffe-eau (CICE)
Alimentation Electrique	Coffrets électriques
	Poste AGBT
	Poste TGBT
	1 Transformateur

Nombre de machine

Machines numériques :

- * VP21 = 985 h d'usinage sur 1037 h de travail de la machine d'une la nécessité d'1 machine.
- * VP166 = 2037 h d'usinage sur 1037 h de travail de la machine : Nécessité de 2 machines.
- * La HD615 sera utilisée pour l'usinage des profils d'épaisseur supérieur à 15mm et des charpentes

Machine simples cornières

Nombre de machines : $8072 / 1728 = 4,67$ d'où 5 lignes d'usinage. 8072h est la somme de toutes les heures de travail des machines simples cornières

Conclusion

Ce chapitre a fait ressortir après plusieurs études 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 IV : Optimisation du flux

Introduction

Après détermination du parc machine cette partie se consacrera à l'étude des flux de production. Plusieurs propositions de disposition des machines seront faites et on donnera les avantages et les inconvénients de chaque implantation. Après cette étude comparative un choix définitif de l'implantation sera proposé.

I. Présentation de l'implantation existante

Après avoir dégagé le parc machine nous pouvons étudier les différentes dispositions pour faire ressortir le flux optimal. Pour cela nous allons étudier le flux de l'atelier existant faire ressortir les faiblesses de celui-ci. ^[3]

La figure IV.1 montre le flux de production et de manutention de l'atelier existant.

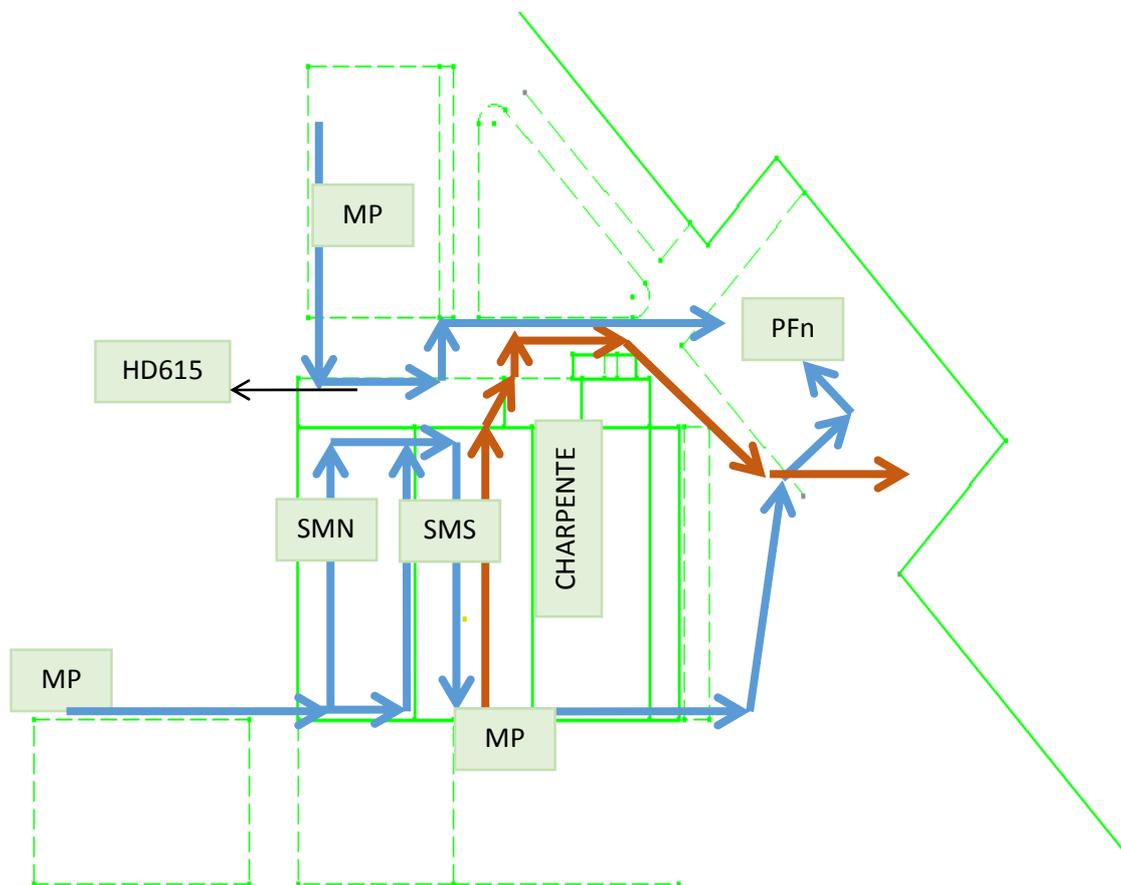
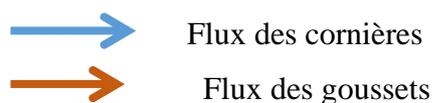


Figure IV. 1: Flux de l'atelier existant



PFn : Produit fini noir ou non galvanisé

PFg : Produit fini galvanisé

MP : Matière première

SMN : Section machine numérique

SMS : Section machine simple

Les inconvénients de cette implantation sont :

L'atelier actuel présente pas mal d'inconvénient dû certainement à ses différentes phases extensions. [4]

- **Espacement des Machines Numériques faible**

L'espace entre les machines numériques est faible ce qui peut être à l'origine de beaucoup de problèmes pour les agents de maintenance et les opérateurs des ponts roulant.

- **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 exigü 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.

II. Présentation des différentes propositions d'implantation

La figure IV.3 présente les positions des différentes machines. Et les espaces de stockage matière première et produit fini.

La figure IV.2 quant à elle représente les différents flux de fabrication et de manutention dans l'atelier.

II.1 Concept 1 : Production en U

Description du concept :

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-MS) 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 placée 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. [5]

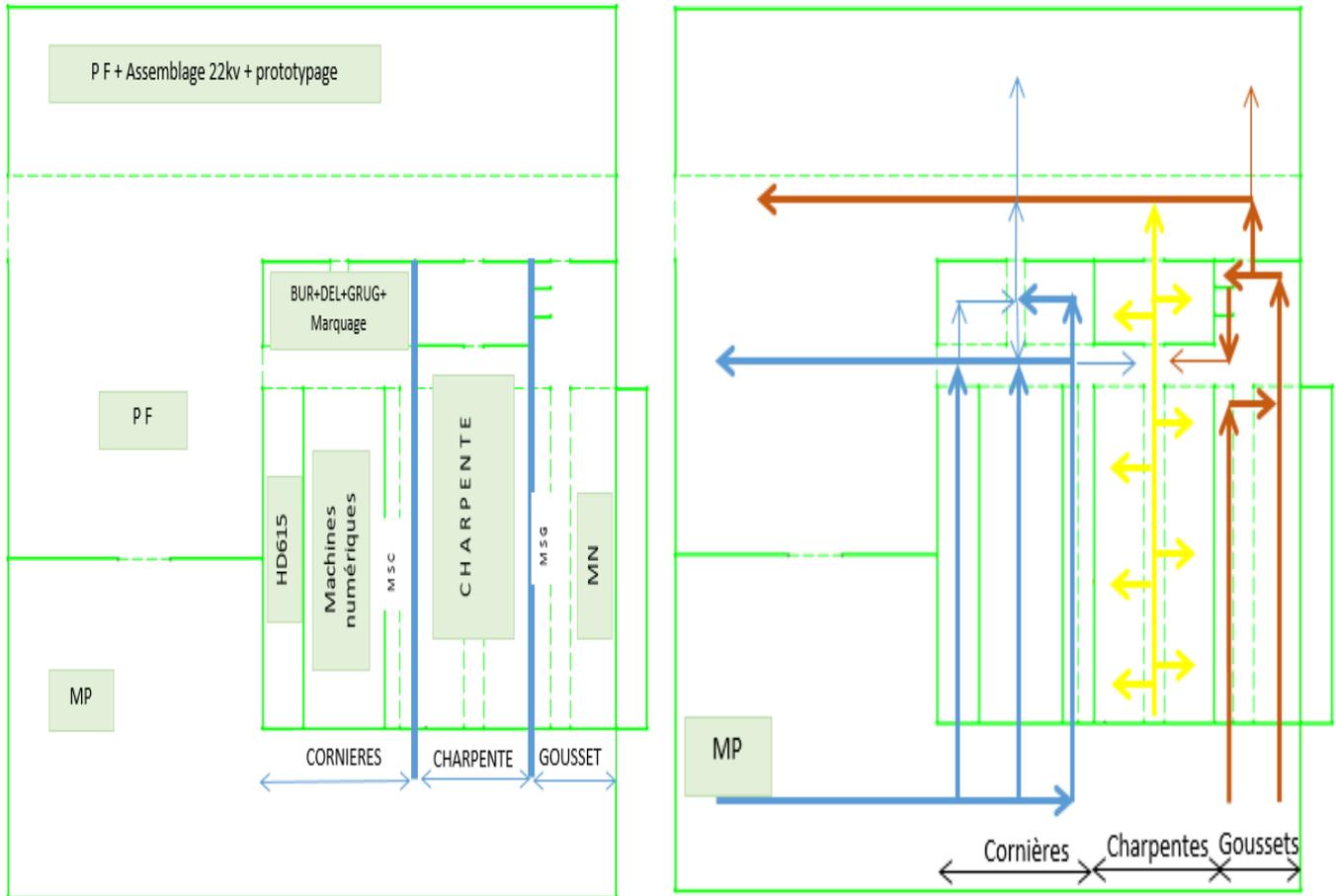


Figure IV. 2: Représentation des différents flux

Figure IV. 3: Représentation des différentes sections du concept 1

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

La figure ci-dessous montre un vue 3D de cette proposition.

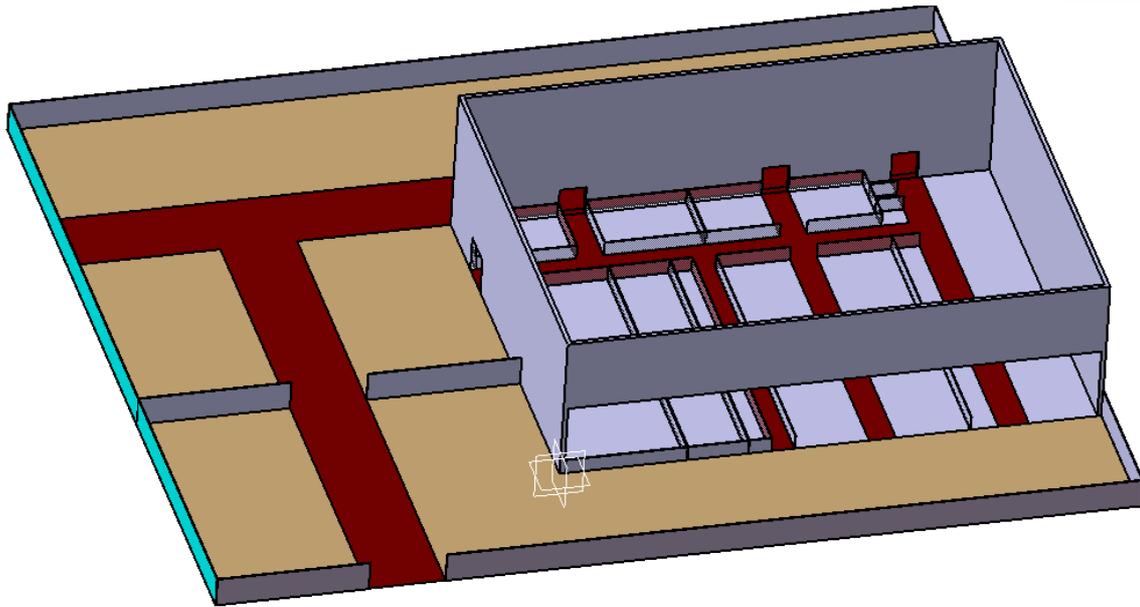


Figure IV. 4: Vue 3D Concept 1 (Structure ouverte)

II.2 Concept 2 : Production droite

Description du concept :

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. (Figure IV.8).

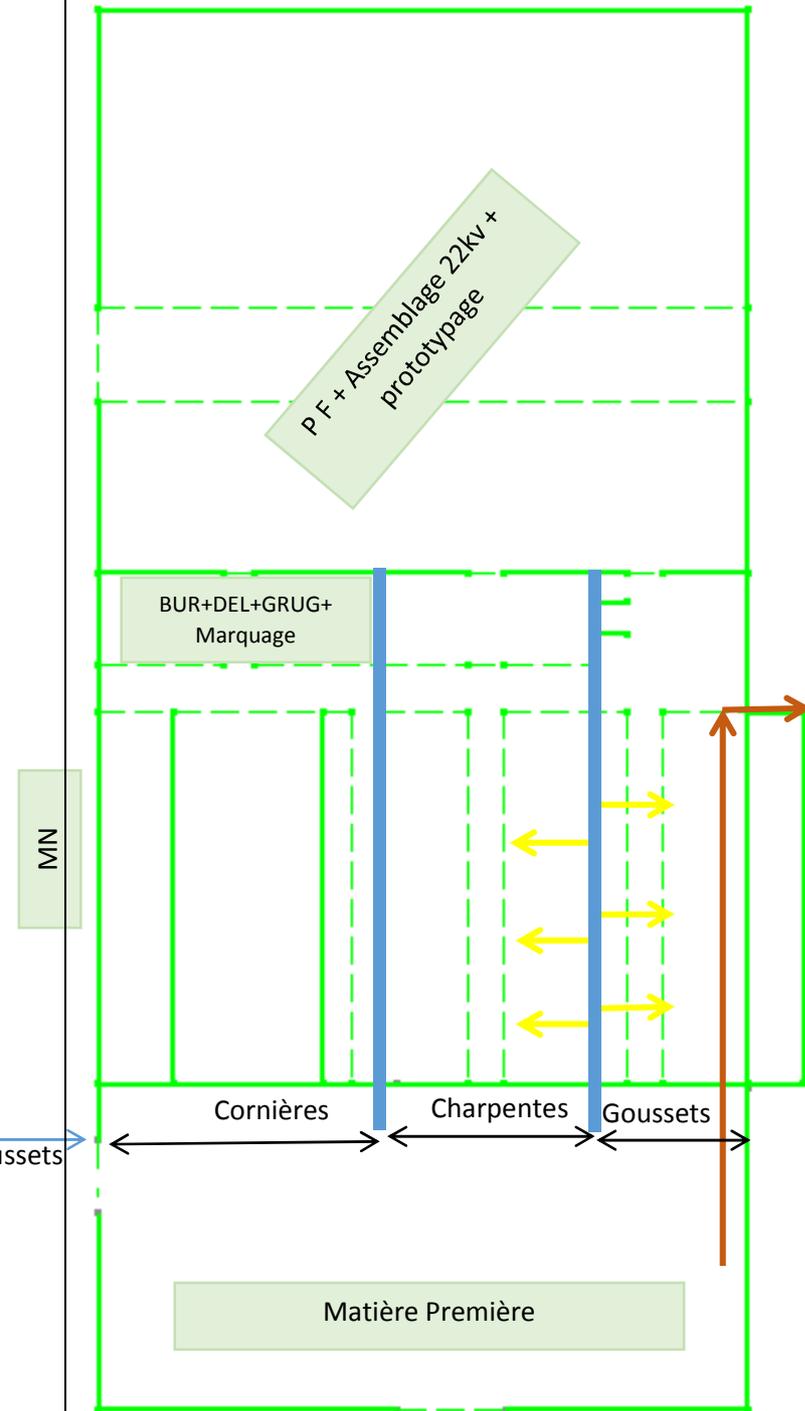


Figure IV. 6: Représentation des différentes sections du concept 2

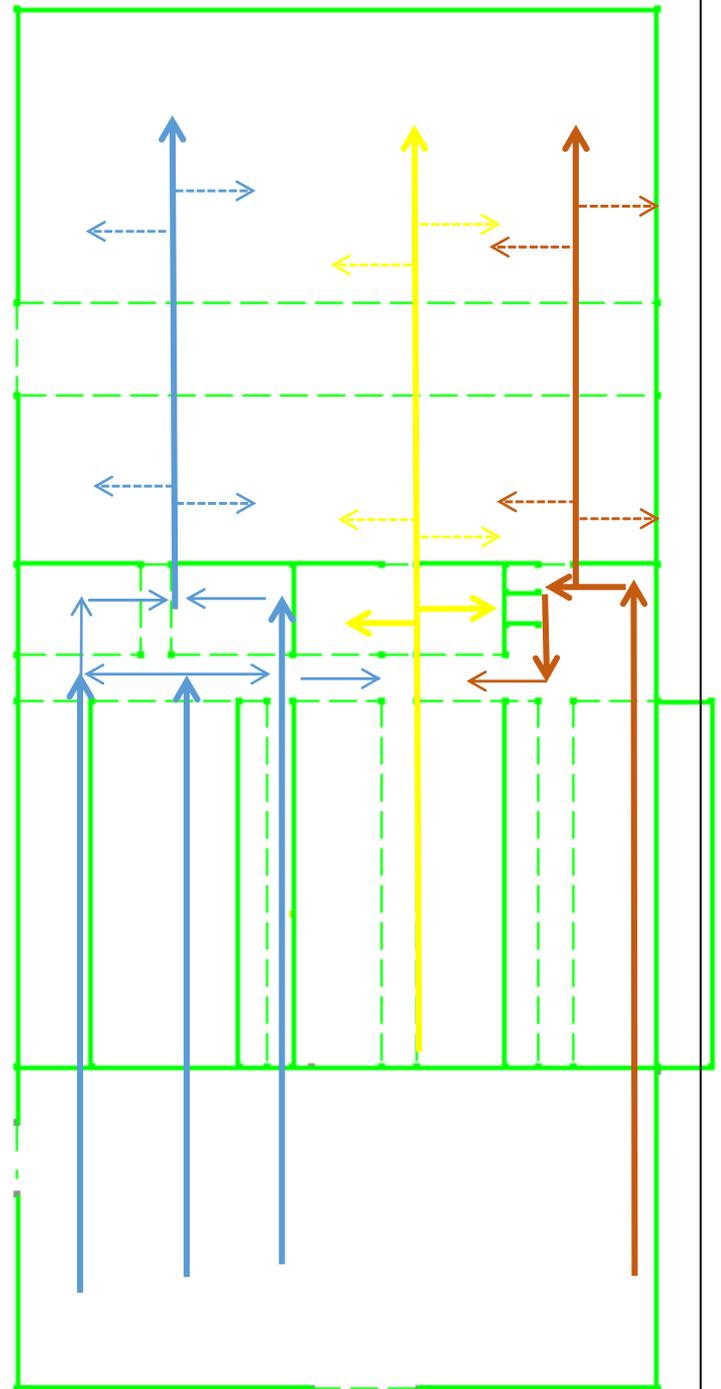


Figure IV. 5: Représentation des différents flux du concept 2

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

La figure IV.6 représente la disposition des différentes sections et la figure IV.6 représente les flux. Une modélisation 3D du concept facilite sa compréhension. Cette modélisation est représentée sur la figure IV.7.

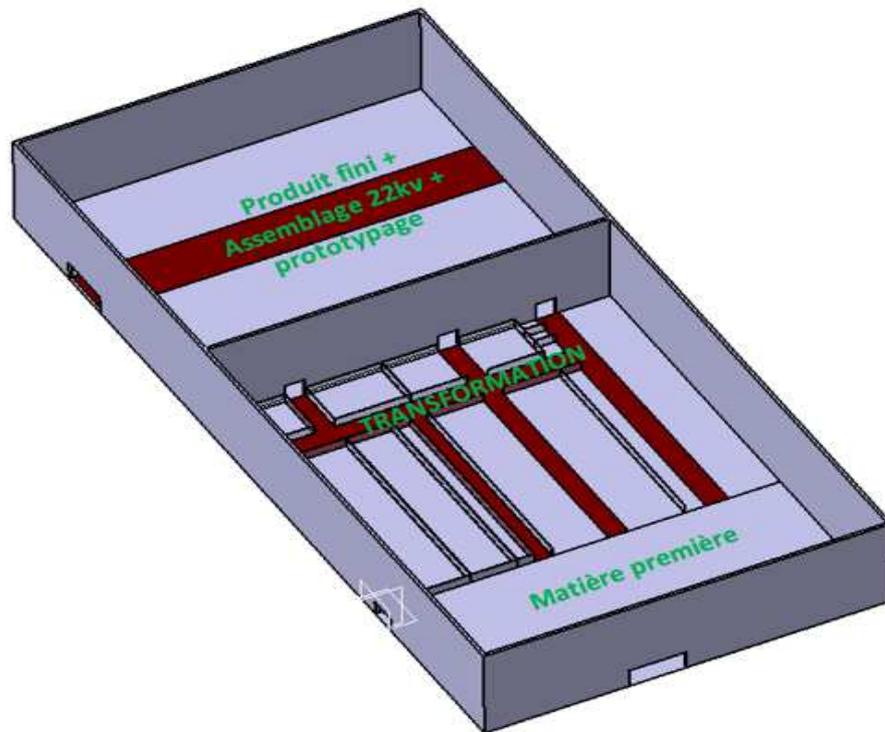


Figure IV. 7: Vue 3D Concept 2 (production en ligne droite)

III. 3 Concept 3 (Structure fermée)

Cette proposition n tiens compte des inconvenants de tous les concepts précédents.

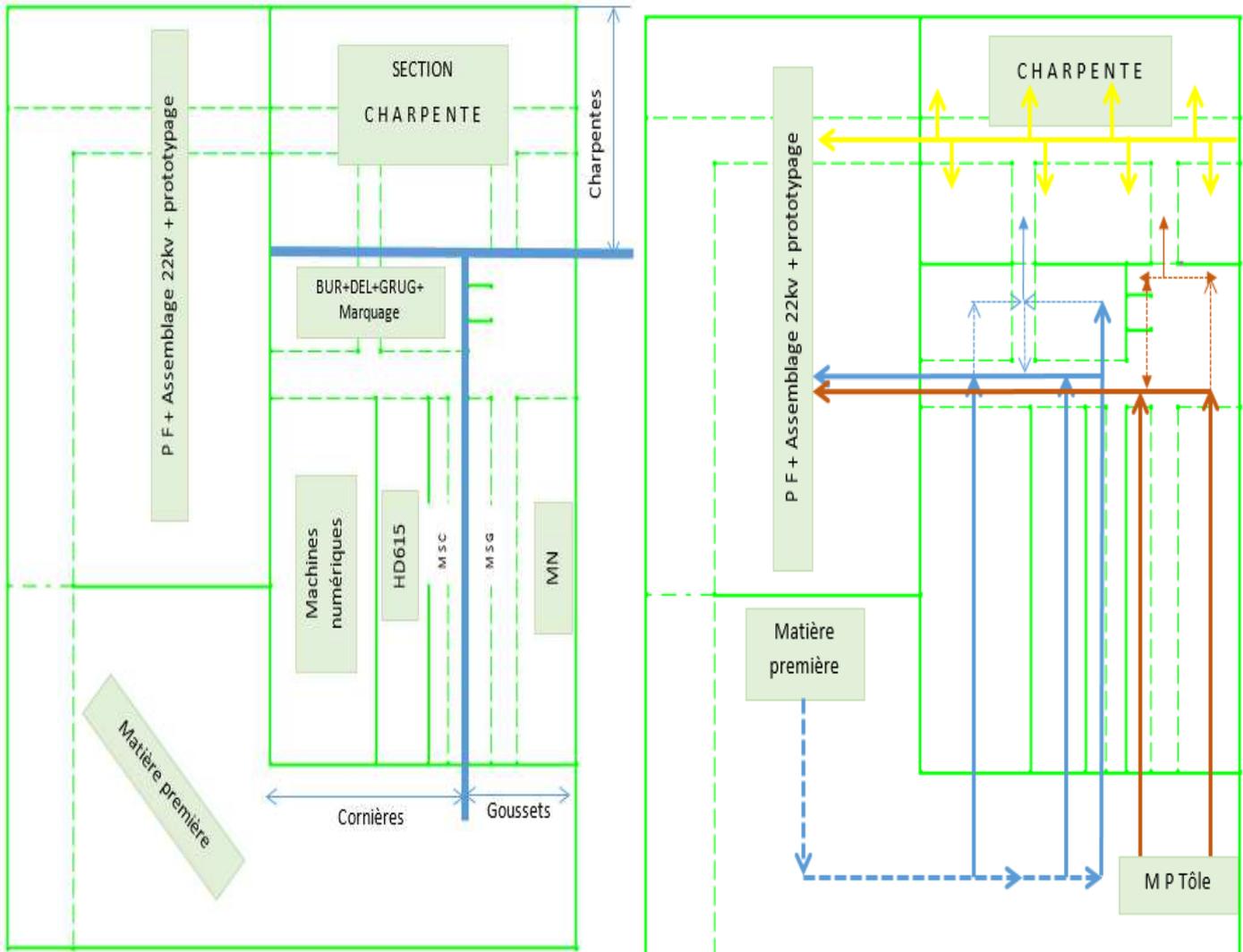


Figure IV. 8: Représentation des flux

Figure IV. 9: Représentation des sections du concept 3

La figure IV.10 montre la disposition des différentes sections et la figure IV.9 représente le flux.

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

Description du concept

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. La figure IV.11 montre une représentation 3D

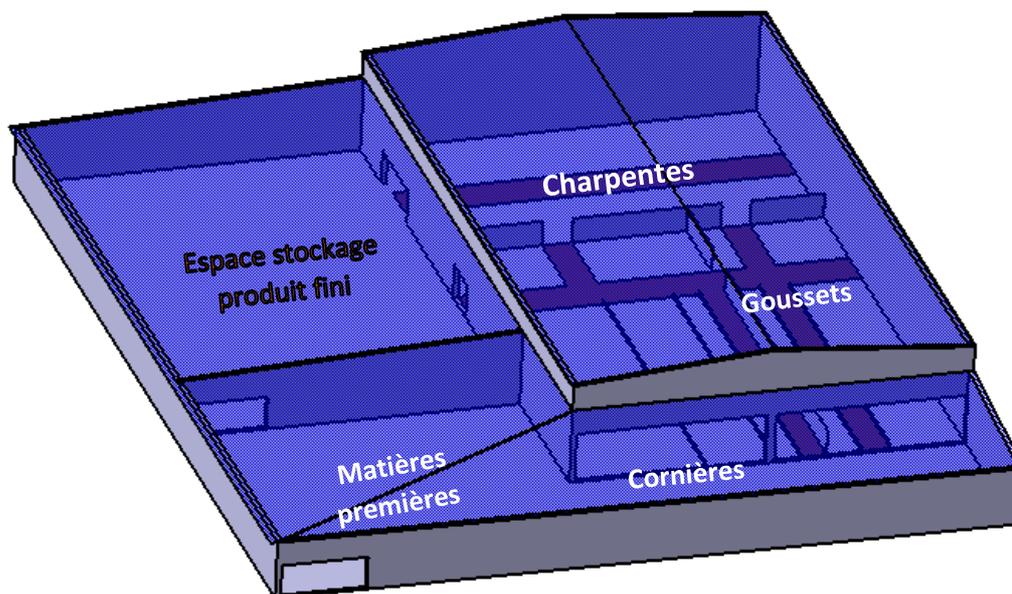


Figure IV. 10: Vue 3D Concept 3

II.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 (comme l'atelier existant). Le processus de transformation des goussets reste le même.

Les figures IV.12 représentent les différentes sections, la figure IV.13 les différents flux et la figure IV.14 représente vue 3D du concept.

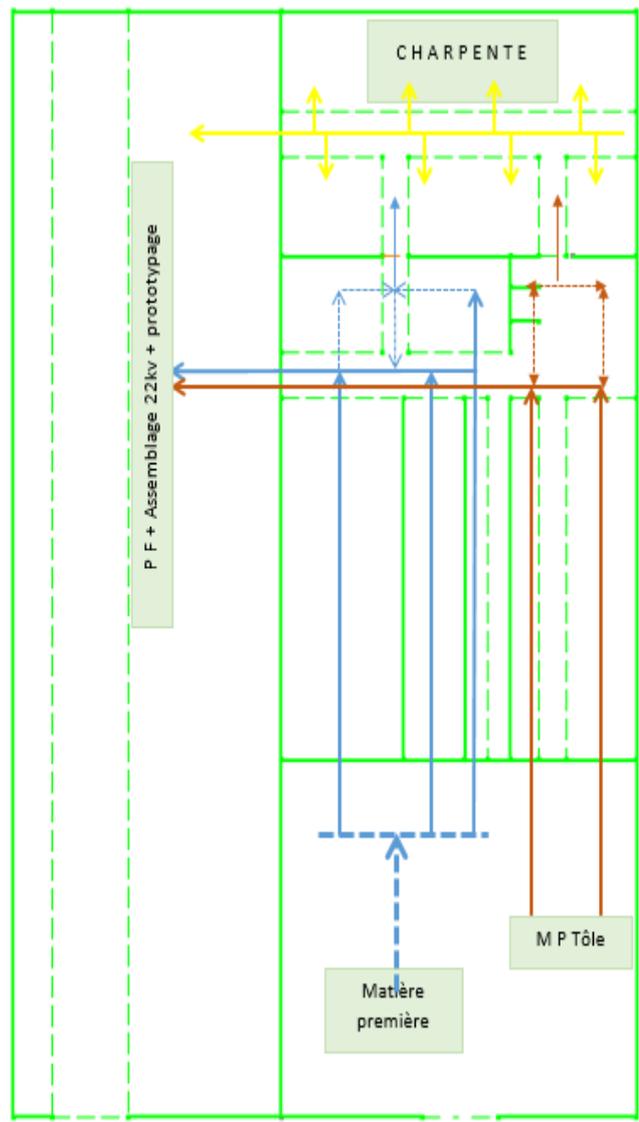
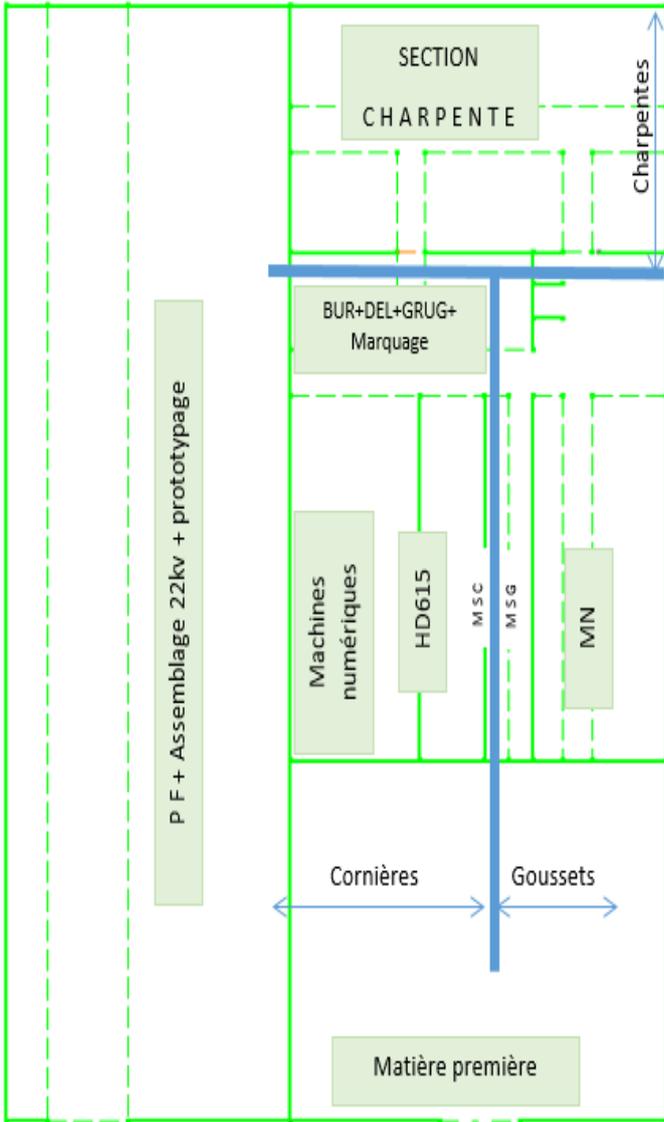


Figure IV. 11: Représentation des sections du concept 4

Figure IV. 12: Représentation des flux

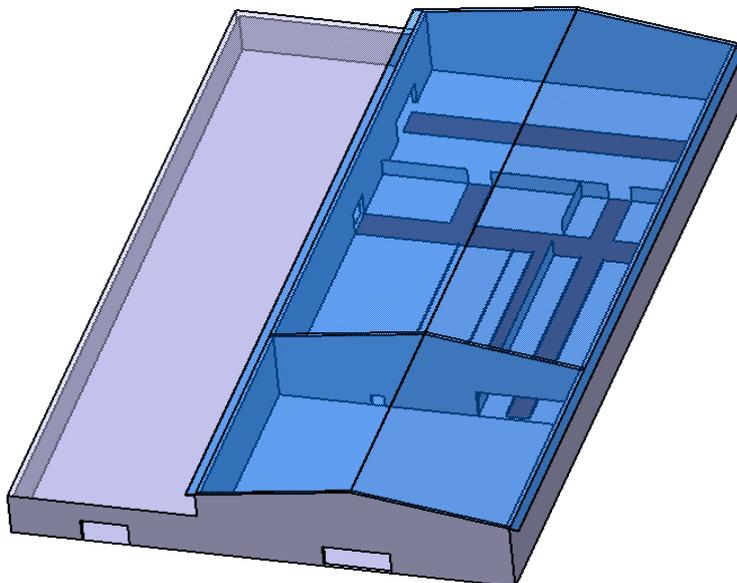


Figure IV. 13: Représentation 3D du concept 4

II.5 Concept 5

Ce concept est celui qui a retenu l'unanimité des responsables.

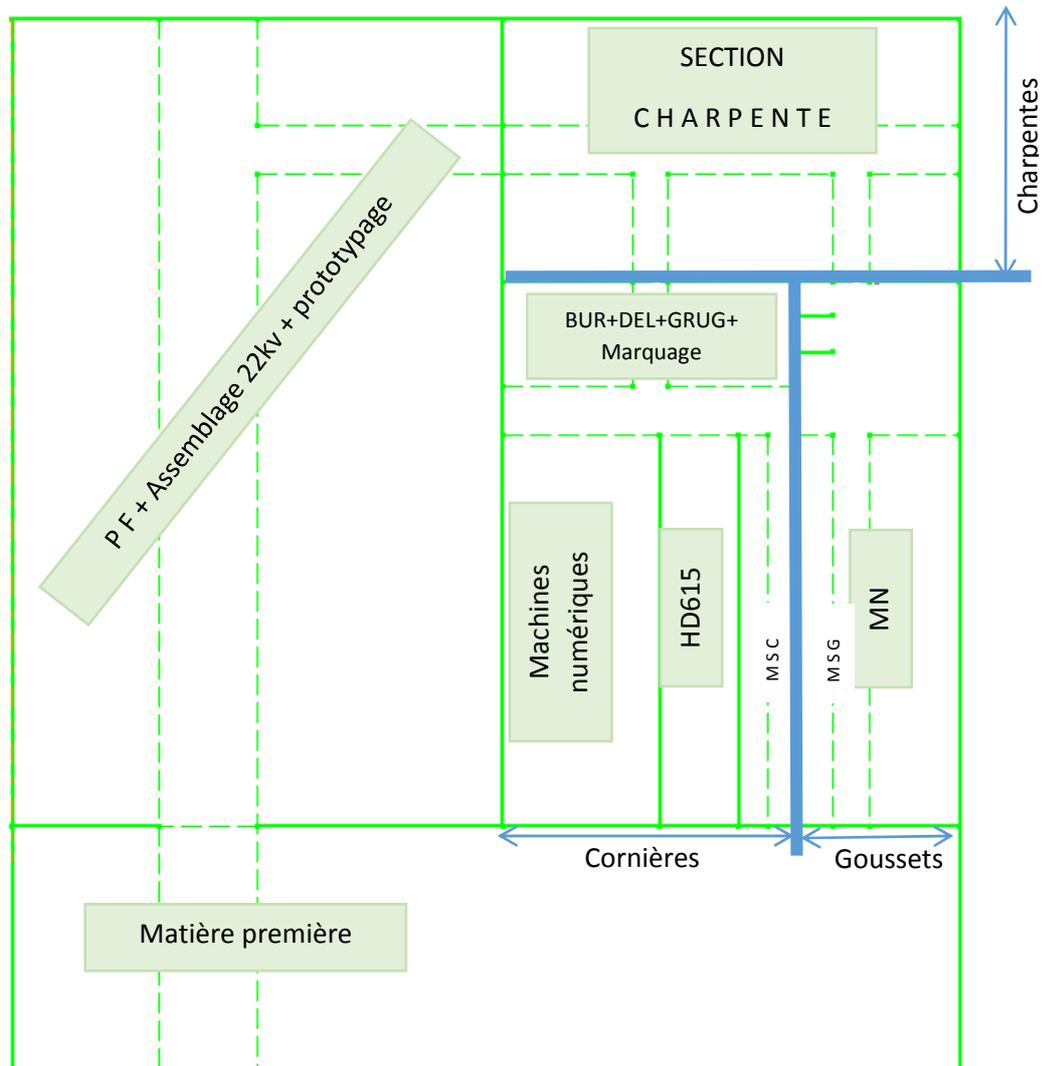


Figure IV. 14: Représentation des différentes sections du concept 5

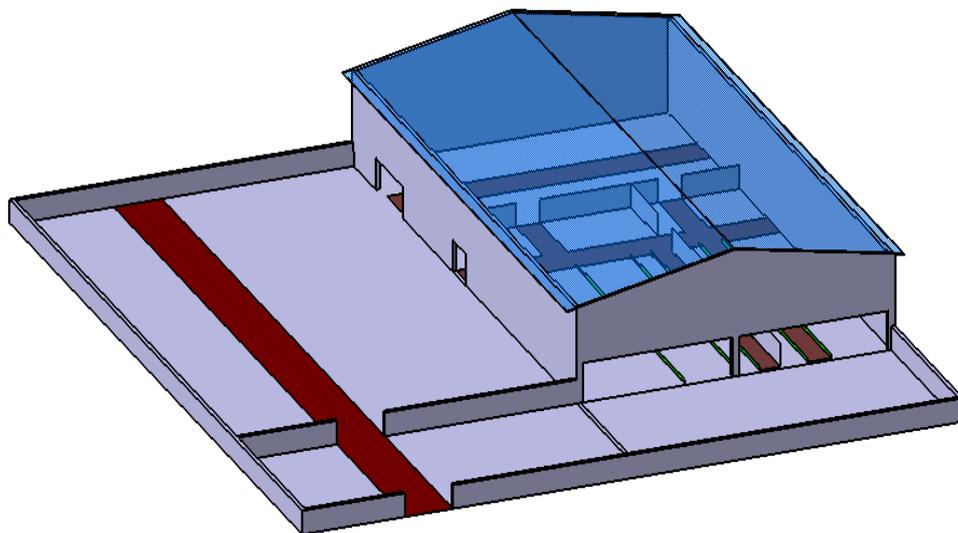


Figure IV. 15: Représentation 3D du concept 5

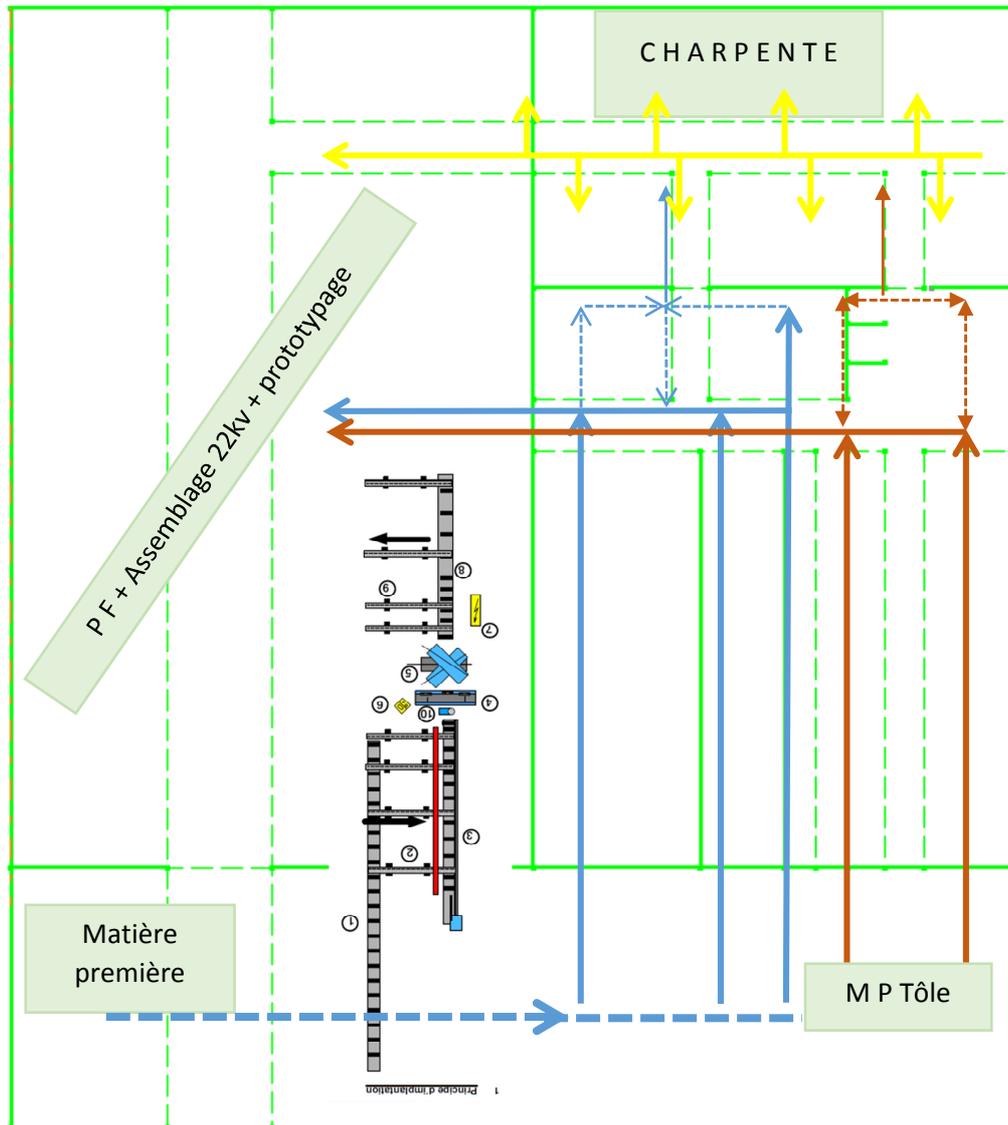


Figure IV. 16: Représentation des différents flux du concept 5

Commentaire :

Le flux de production de cette proposition est semblable aux deux 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^{ème} pont roulant se chargera de distribuer la matière brute sur les tables des machines.

2 ponts roulant plu un convoyeur à rouleaux sont nécessaire dans ce cas présent. La figure IV.15 représente la disposition des sections, la figure IV.16 donne une représentation 3D du concept et la figure IV.17 représente les différents flux. ^[6]

III. Tableau récapitulatif des différents concepts

Après avoir étudié tous les concepts nous pouvons faire un récapitulatif. Le tableau IV.1 fait donc une synthèse de toutes les propositions et dresse les avantages et les inconvénients de chacune des cinq propositions.

Tableau IV. 1: Tableau récapitulatif des différents concepts

Concepts	Avantages	Inconvénients
Concept 1	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.
Concept 2	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
Concept 3	Section charpente juste à côté de la section prototypage. Les tôles et les fers plats sont stockés juste devant les machines	Structure entièrement couverte
Concept 4	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
Concept 5	Stockage de la matière première juste devant les machines. Meilleure exploitation de l'espace de stockage Espace matière première non couverte Facilité d'extension.	

IV. Choix du concept final : concept 5

Parmi toutes les propositions faites le concept 5 est celui qui satisfait à toutes les exigences et donc est celui qui a retenu l'attention. Une étude détaillée de ce concept sera faite en vue de présenter toutes ces avantages. La suite du travail aura comme support ce concept.

Ce concept compte un certain nombre de pont roulant assurant des fonctions diverses

PR1 : Pont roulant 1 transporte les matières premières depuis le stock et les dépose devant les sections.

PR2 : Pont roulant 2 alimente en tôle les machines

PR3: Pont roulant 3 alimente les machines numériques

PR4: Pont roulant 4 alimente la section charpente

Les chariots élévateurs assurent également la manutention dans l'atelier et transportent les produits fini vers le stock produit fini. La figure IV.18 représente les différents engins de manutention,

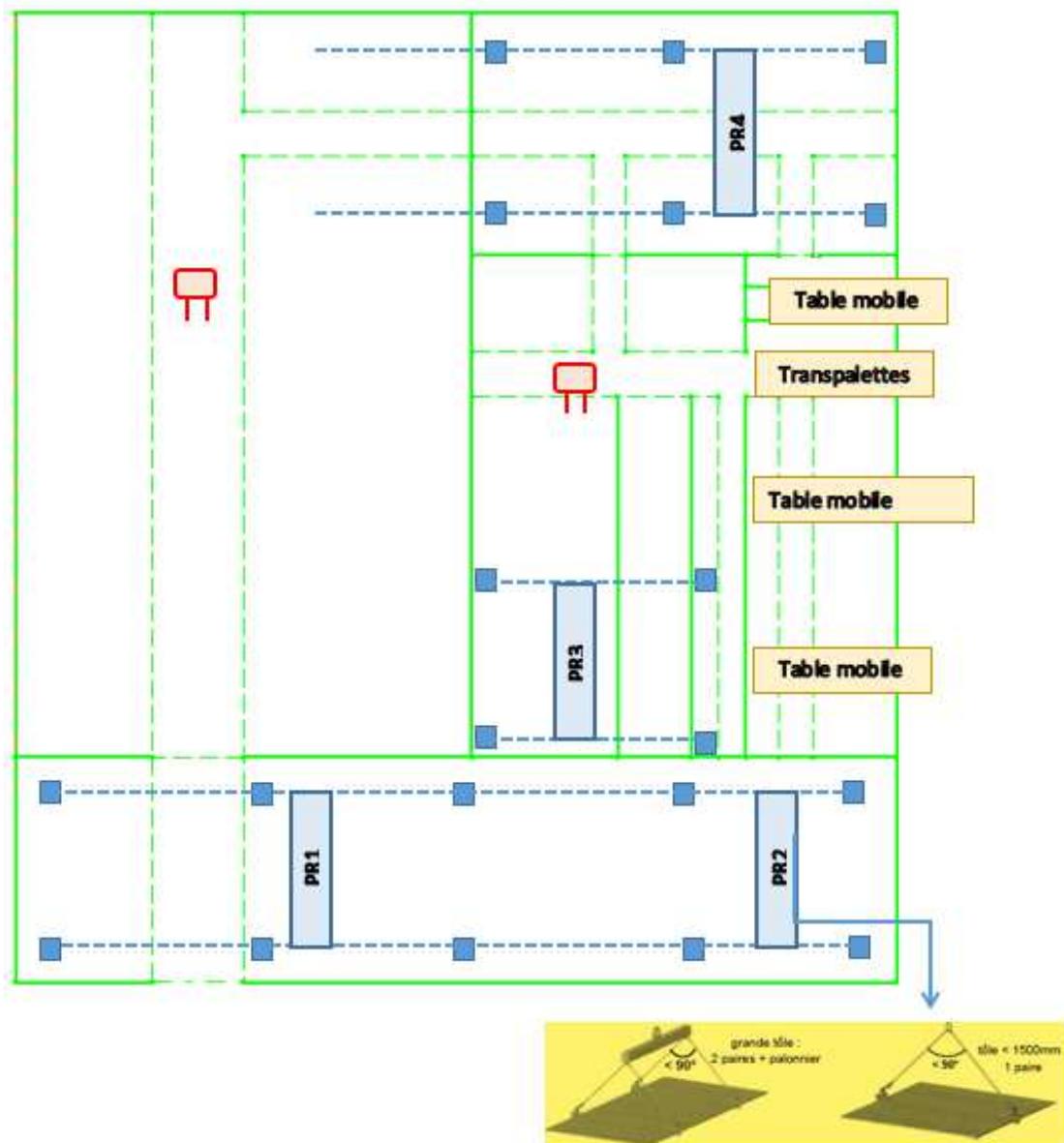


Figure IV. 17: Disposition des engins de manutention

Conclusion

Dans cette partie nous avons présenté les différentes propositions d'implantation les unes aussi intéressantes que les autres. Avec les avantages et les inconvénients de chacune d'elle nous sommes arrivés à faire le choix du concept le plus avantageux. Dans le chapitre suivant nous nous intéresserons au dimensionnement de l'espace.

CHAPITRE V : Dimensionnement des locaux

Introduction

Cette dernière partie se consacrera au dimensionnement de l'espace qui sera dédié à l'installation de l'usine qui lui permet un fonctionnement sans être gêné.

Nous allons faire le dimensionnement de l'espace de stockage matière première et de produit fini.

Et enfin nous allons proposer une étude économique.

I. Entrepôt matière première et 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

Il a donc fallu passer par une analyse encore plus détaillée sur la consommation annuelle des profilés de 5000 To tout en tenant compte de la non stabilité de la production et des besoins clients.

Il n'existe aucune contrainte ayant une influence quelconque sur les caractéristiques internes des matières qu'elles soient exposées au soleil ou sous la pluie. Ce qui donne déjà le choix et la possibilité d'opter pour un entrepôt de stockage fermé ou ouvert.

La matière première 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. ^[7]

I.1 La matière première

La proposition d'implantation adoptée 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 concerne tous les produits de longues dimensions.

I.2 Les produits finis

L'espacement des produits finis est conditionné par :

- Un stockage par projet
- Un poids de chaque lot inférieur ou égal à 25 tonnes
- Les goussets et les boulonneries sont positionnés dans une section différentes de celle des cornières et charpentes
- Les produits non galvanisés 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.

Cornières

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

Les tableaux V.1 et V.2 donnent le poids des différents types de profilés.

Tableau V. 1: Poids des différents types de pylônes 1 terne et 2 ternes

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

Tableau V. 2: Poids des différents types de pylônes 22KV

Pylônes 22KV							
Type	Quantité/projet	Poids unitaire (kg)	Poids total (kg)	Pourcentage (%)	Q ^{te} 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	1007694,14	83974

Cette répartition nous fournit un total annuel de **3109.53 tonnes** de pylônes 1T et **816,87 tonnes** de pylônes 2T et de **1007,69 tonnes** de pylônes 22 kV par an. Ce qui est en effet un surdimensionnement indispensable de 134,09 tonnes par rapport à la capacité de production 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.

$$\text{Nombre de barres} = \text{Longueur totale du profilé par mois} / 12\text{m}$$

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.

Le tableau V.3 donne le nombre de barre mensuel des différents profilés des pylônes 22KV. Basé sur le même principe l'annexe VII donne celui de 225KV.

Tableau V. 3: Besoin pour pylônes 22kv

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

I.3 Principe de calcul du nombre de fardeau

Le tableau V.3 représente le tonnage et la longueur de chaque type de profil à usiner durant douze 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. Le tableau V.4 donne un récapitulatif du poids de chaque fardeau livré à l'entreprise après commande. ^[8]

Tableau V. 4: Tableau récapitulatif des poids par fardeau

<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

Tableau V. 5: Nombre de fardeau des cornières

Profil	Longueur r (m)	Poids (kg)	Longueur r des barres (m)	Nbre de barres	Masse / Fardeau (Kg)	Nb de pièces/ Fardeau	Poids (kg/m)	Nb. Fardeaux / mois	Masse totale
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

Tableau V. 6: Nombre de barres des 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

Pour la quantité annuelle fers plats, se référer à l'annexe V.

Après récapitulatif nous avons, regroupé dans les tableaux V.5 et V.6 le nombre de fardeau de chaque type de profilés. Nous obtenons ainsi un besoin mensuel de 203.6332 tonnes de charpentes par an et de 6,74 tonnes de fers plats avec une longueur totale de 2799,35 m sur 6m la barre : **467 barres de fers plats/mois.**

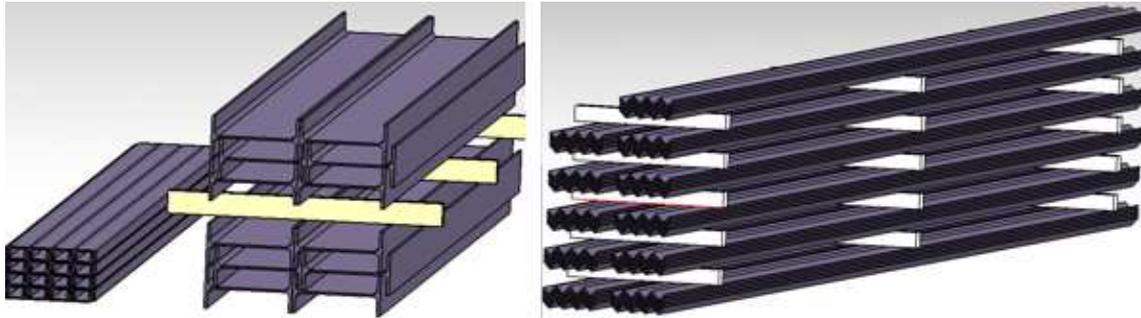


Figure V. 1: Représentation des charpentes

Après avoir trouvé le nombre de fardeaux de cornières, de charpentes et le nombre de feuilles de tôles trouvés, leur stockage leur conditionnement est conditionné par un certain nombre de contraintes:

- La hauteur à ne pas dépasser de 2 mètres,
- L'espace 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. La figure V.2 montre la disposition des fardeaux.

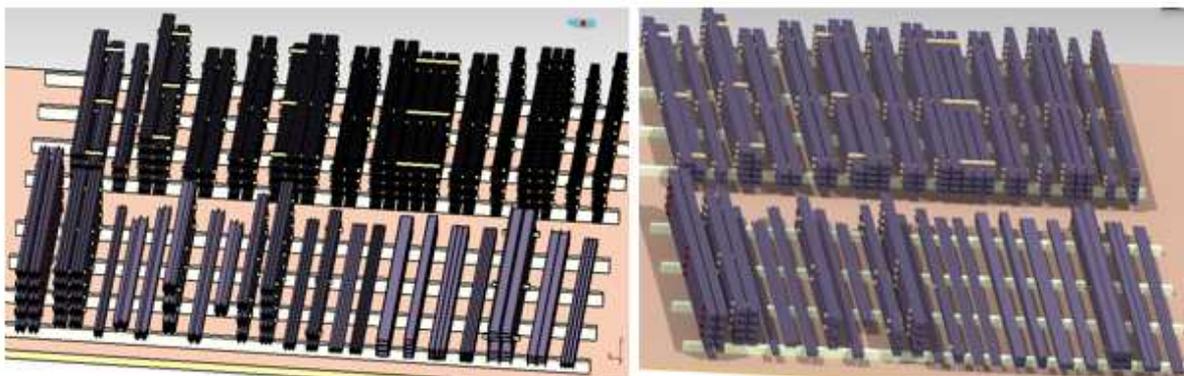


Figure V. 2: Représentation de la matière première stockée

Ce qui nous donne un entrepôt de stockage de 27m x 20m. A cela s'ajoute 10 m sur la largeur 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 m²**.

Cet espace est nécessaire et indispensable mais n'est pas exploité sur sa totalité, cela donne donc une possibilité d'extension de stockage de la matière première de **20%** comme le montre la figure V.3

Les différentes conceptions sur le logiciel de dessin CATIA ^[9]

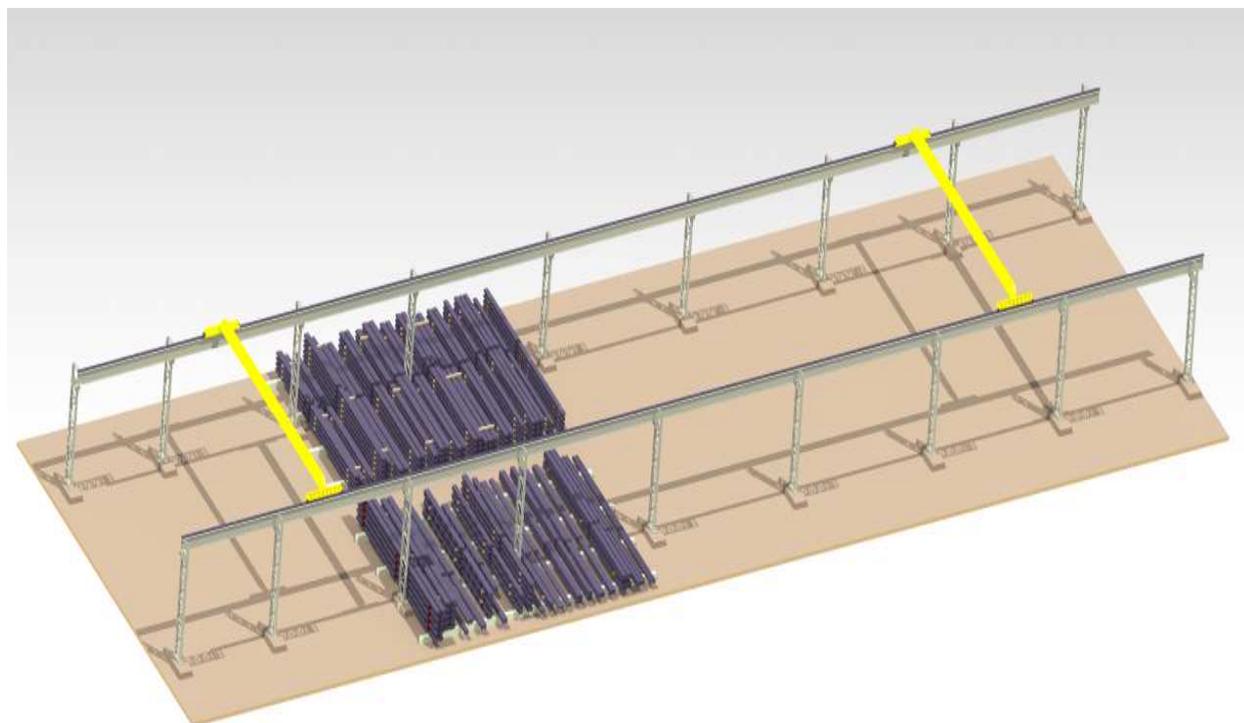


Figure V. 3: Représentation de l'entrepôt de stockage

I.4 Stockage des boulons

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...).

Les tableaux V.7 et fV.8 ont un état des lieux sur la visserie de chaque type de pylône.

Tableau V. 7: Tableau de visserie pour 225KV

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

Tableau V. 8: Tableau de visserie pour 22KV

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

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.

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

- Sont considérés comme produits finis 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 doivent être stockés 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 produits finis 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 mêmes 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.

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 :

II.1 Section Machines Numériques

Dans cette section, nous avons selon le chapitre précédent déterminé quatre machines numériques : la HD 615, VP166, HP16T6, VP 21. Un convoyeur à rouleaux est installé au milieu de ces quatre 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 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 = 1200m²**. La figure V.4 montre la section machines numériques

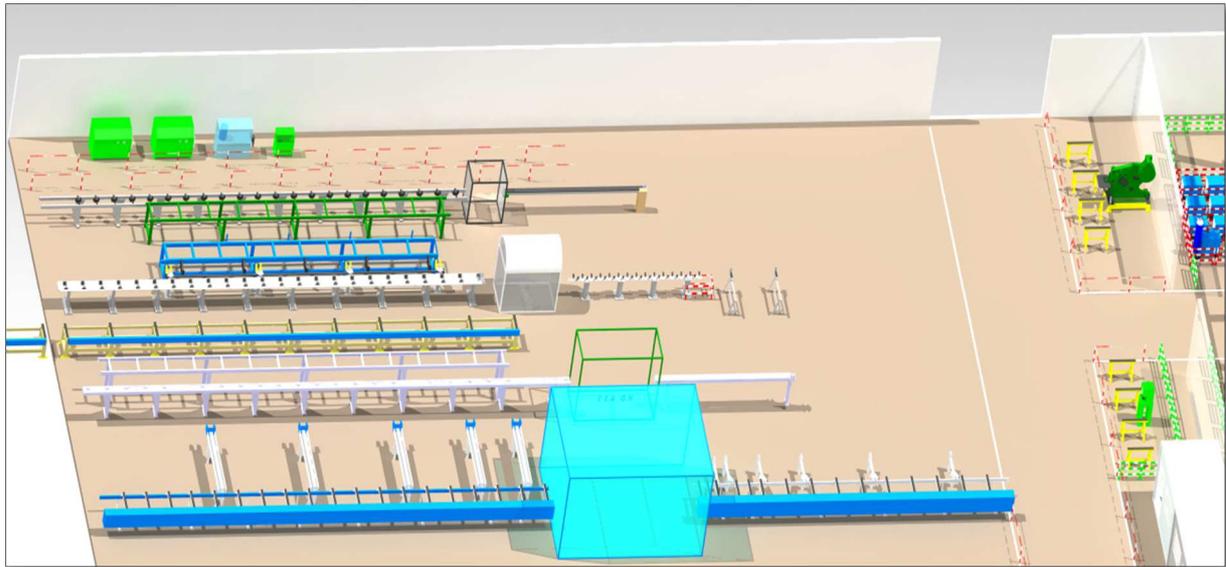


Figure V. 4: Représentation de la section machines numériques

II.2 Machines simples cornières

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 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 machines de poinçonnage et une 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 produit fini ou vers la section charpente.

II.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 **14.5 mètres**.

Ces deux sections MSC et Goussets **occupent 24m x 50m = 1200 m²**.

La figure V.5 montre la section machines simples goussets

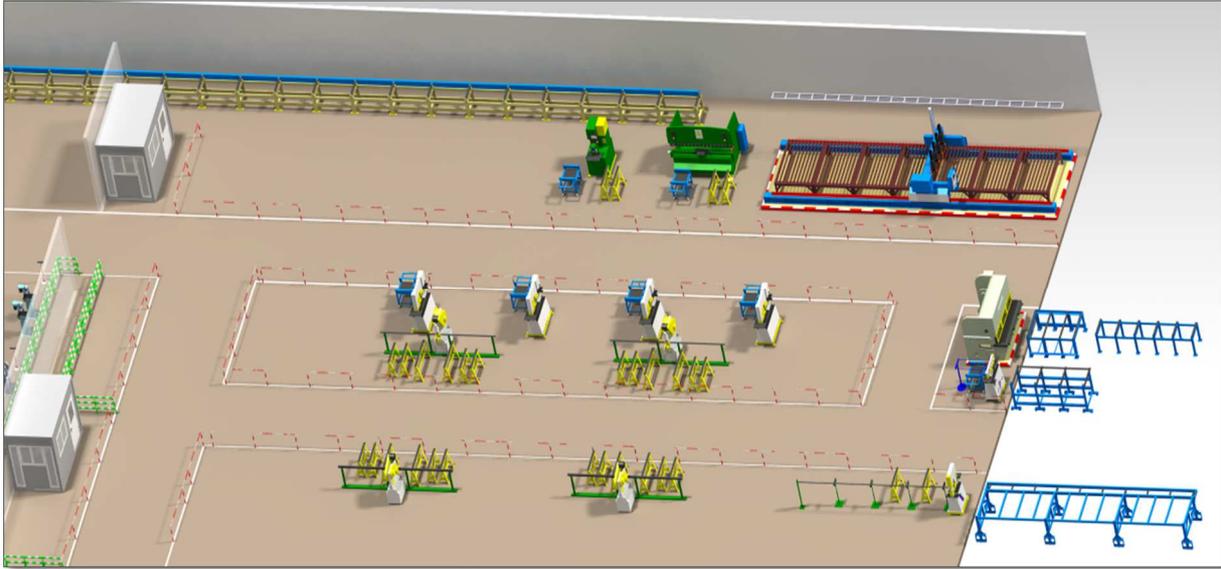


Figure V. 5: Représentation de la section gousset

II.4 Section charpente

C'est dans cette section que s'effectuent 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 x 24m donc 1152 m²**. (Figure V.6)

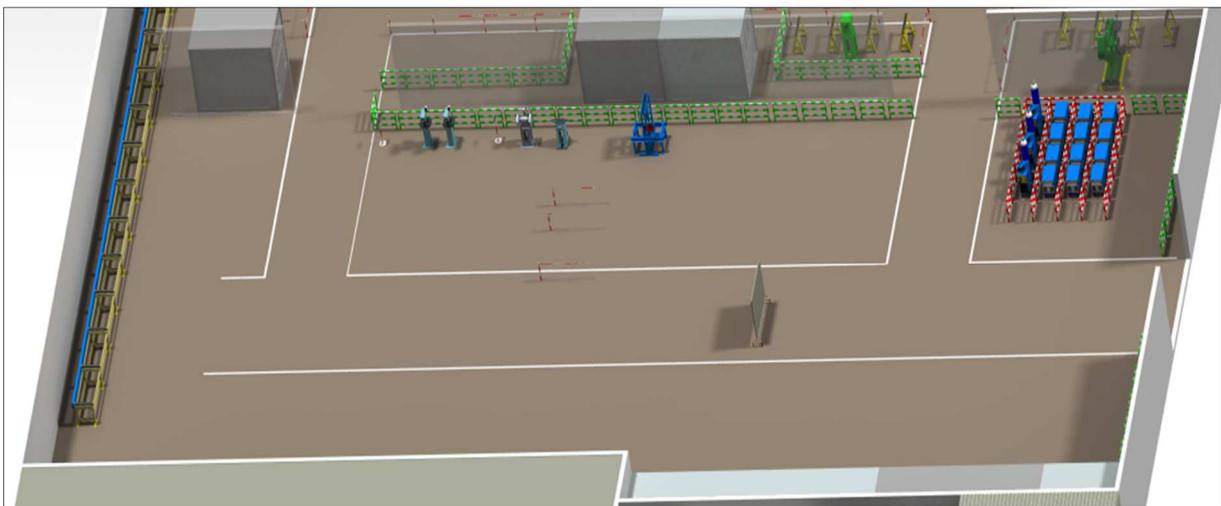


Figure V. 6: Représentation de la section charpente

II.5 Manutention

Dans cette phase on parle de la détermination des moyens de manutention. La manutention est 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 sans mettre en danger les opérateurs ni avoir besoin d'arrêter la production ou de stopper une intervention en cours. 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.

L'annexe VII montre une représentation 3D de la manutention par pont roulant.

III. Etude économique

L'étude économique d'un projet est toujours importante. Elle permet d'avoir une idée du cout global du projet. L'étude ce projet n'est pas exhaustive car elle n'inclus pas le budget du bâtiment administratif et celui du terrain. Le prix de certaines machines ne sont pas connus. Ce qui constitue encore un handicap de cette étude économique. Néanmoins toutes ces données manquantes n'empêchent pas de faire une étude économique de notre projet. L'étude se résumera donc à l'implantation des machines. ^{[10] [11]}

Ainsi donc nous pouvons constater que pour l'implantation des machines de production des pylônes 22KV il faut environ 15 872 750,00 de DH. Celle de 225KV coutera 5 188 000DH et enfin celle des charpentes coutera 3 382 800DH. L'installation de toutes ces unités coutera donc environ 24 443 550DH. Les différents pris des machines ont été déterminés en se basant sur les catalogues machines ^{[12] [13] [14] [15] [16]}

L'annexe IX donne une idée détaillée du cout des différents éléments.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons vu 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. Connaissant toutes les données sur le projet nous pouvons maintenant faire une étude économique.

CONCLUSION GENERALE

L'étude de faisabilité est une étude qui permet de déterminer la possibilité de réalisation d'un projet. Elle fait ressortir toutes les contraintes les limites et les anomalies en vue d'une amélioration avant de passer à la réalisation du projet proprement dit.

Cette étape est très importante dans le domaine industriel tant pour les projets mineurs que les grands projets.

VINCI Energies, une société inscrite dans l'amélioration continue ambitionne d'être toujours plus compétitif.

Dans ce projet notre objectif principal est de délivrer, au terme d'une étude détaillée une unité de fabrication de pylônes et charpentes métalliques. Cette unité sera installée dans un pays d'Afrique subsaharienne notamment la Côte d'Ivoire. Avec une forte présence dans la sous-région ouest africaine cette unité permettra de la desservir plus facilement et plus rapidement en pylônes.

Pour mener à bien un projet comme celui-ci il a fallu faire d'abord une étude de l'atelier existant à Casablanca et faire ressortir ses faiblesses. C'est ce qui a fait l'objet du chapitre III les deux chapitres précédent se consacrant à la présentation de l'organisme d'accueil, la problématique et une présentation des pylônes et leurs caractéristiques.

Dans le quatrième chapitre nous avons abordé les différentes possibilités d'implantation et de manutention qui accompagnent chacune d'elle. Au terme du chapitre nous avons proposé un type d'implantation optimal.

Le dernier chapitre a abordé le coté dimensionnement du des différentes sections du bâtiment. Le chapitre c'est terminé par une étude économique du projet.

Perspectives :

Les perspectives se résument pour le moment à la réalisation ou concrétisation du projet.

L'installation d'une unité de galvanisation pour le traitement des produits fabriqués serait un apport très important en ce sens ou l'entreprise ne dispose d'aucune unité de galvanisation. La galvanisation des pièces est sous-traitée.

Bibliographie

- [1] 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
- [2] Cahier de charge Office National de l'Electricité : SPECIFICATION TECHNIQUE ONE ST N° C61-L61 Pylônes et armements métalliques
- [3] La maîtrise des flux industriels Éditions d'Organisation, 2003 ISBN : 2-7081-2960-0
- [4] Jean-Louis FANCHON, guide des sciences et technologies industrielles, édition 2001
- [5] A. COURTOIS, Gestion de production, Quatrième édition, Éditions d'Organisation, 1989, 1994, 1995, 2003
- [6] Michel NAKHLA, L'essentiel du management industriel, édition DUNOD
- [7] Pierre REMATI, Fabrice Mocellin, Pratique de la gestion de stocks, 7è édition DUNOD
- [8] intranet de l'entreprise.
- [9] Chevalier Guide du dessinateur industriel 2eme édition 2004
- [10] Guide pratique pour étudier la faisabilité de projet, Presses de l'université du Québec 2012
- [11] Henri Bouquin, la maitrise des budgets dans l'entreprise, EDICEF 1992
- [12] Notice d'usage et d'entretien de la HP16T6, FFICEP, catalogue 2010
- [13] Notice d'usage et d'entretien de HD615, VERNET, catalogue 2010
- [14] Notice d'usage et d'entretien de la VP21, VERNET, catalogue 2010
FICEP A164T
- [15] Notice d'usage et d'entretien de la DB503 VERNET, catalogage 2009
- [16] 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.

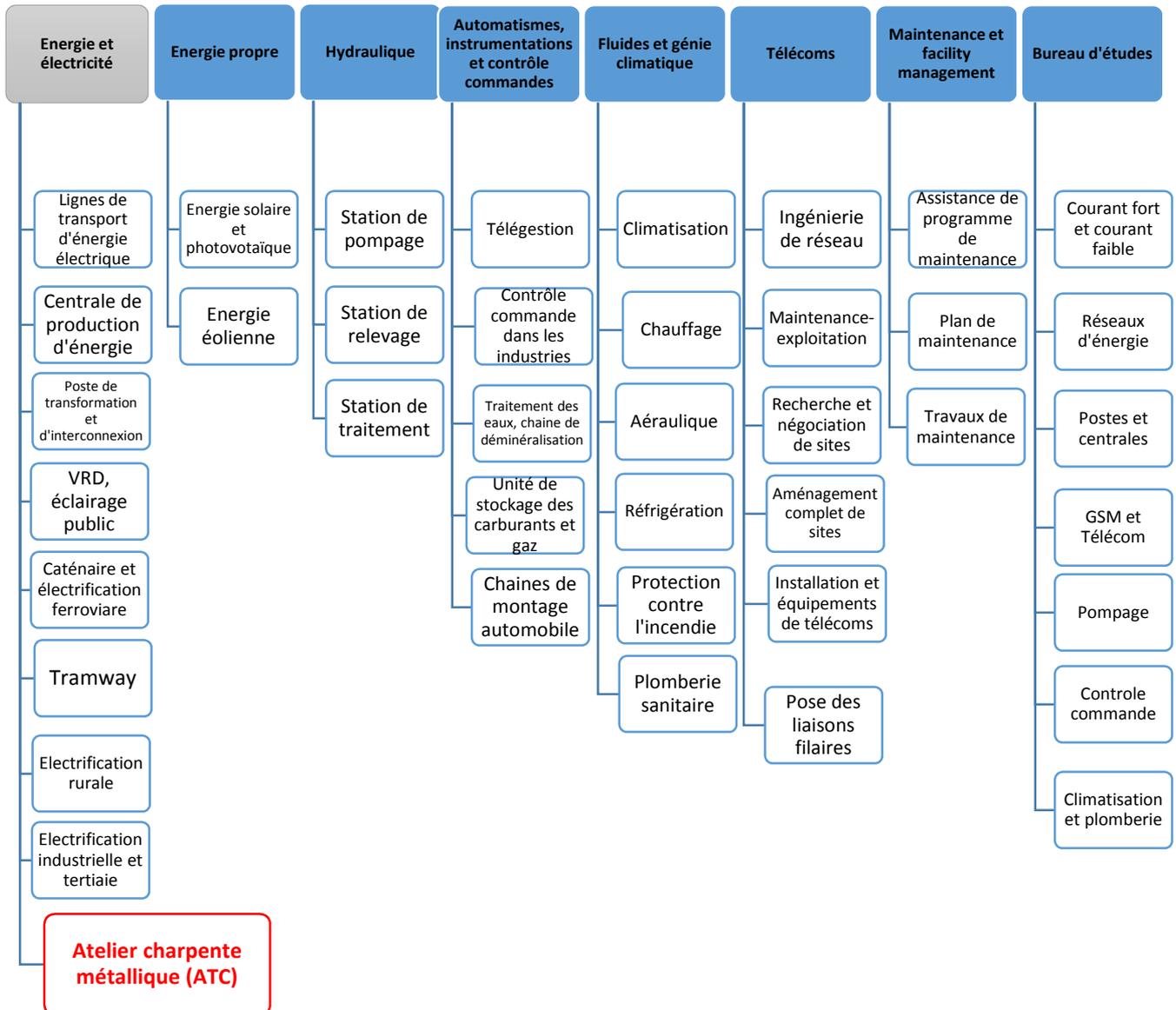
Poinçonnage : Le poinçonnage peut être défini comme étant l'action de perforer un contour fermé, effectué par un poinçon agissant sur une matrice, le principe reste le même que pour le cisailage. La rupture s'effectue donc après un effort de traction. Il est généralement utilisé en tôlerie pour réaliser 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.

Trusquinage : Ligne parallèle au bord du profilé, servant à positionner des trous destinés au boulonnage. La distance de trusquinage est la distance entre le bord du profilé et ladite ligne.

Annexes

Annexe I : Activités de Cegelec



Annexe II : quelques profilés et les machines capables de les réaliser

Description	Quantité	Longueur unitaire	Poids unitaire	Longueur totale	Poids total	Machines capables			
						VP21	VP166	A164T	MSC
L60X5 2N	2	1728	7,9	3456	15,8	VP21	VP166	A164T	MSC
	8	4844	22,14	38752	177,12	VP21	VP166	A164T	MSC
	4	1718	7,85	6872	31,4	VP21	VP166	A164T	MSC
	4	6177	28,23	24708	112,92	VP21	VP166	A164T	MSC
	4	6177	28,23	24708	112,92	VP21	VP166	A164T	MSC
	8	2069	9,46	16552	75,68	VP21	VP166	A164T	MSC
	8	2210	10,1	17680	80,8	VP21	VP166	A164T	MSC
	8	2122	9,7	16976	77,6	VP21	VP166	A164T	MSC
	20	2239	10,23	44780	204,6	VP21	VP166	A164T	MSC
	8	1039	4,75	8312	38	VP21	VP166	A164T	MSC
	8	1030	4,71	8240	37,68	VP21	VP166	A164T	MSC
L60X5 2S	2	3 100,00	14,17	6200	28,334				
	2	3 100,00	14,17	6200	28,334				
	6	1 435,00	6,56	8610	39,3474				
	6	1 424,00	6,51	8544	39,0462				
	6	2 662,00	12,17	15972	72,9918				
	4	3 748,00	17,13	14992	68,5136				
	4	3 748,00	17,13	14992	68,5136				
	4	2 224,00	10,16	8896	40,6548				
	4	1 151,00	5,26	4604	21,0404				
	8	2 504,00	11,44	20032	91,5464				
L60X5 2T	4	4374	19,99	17496	79,96	VP21	VP166	A164T	MSC
	2	1655	7,56	3310	15,12	VP21	VP166	A164T	MSC

	4	4887	22,33	19548	89,32	VP21	VP166	A164T	MSC
	4	4887	22,33	19548	89,32	VP21	VP166	A164T	MSC
	2	1830	8,36	3660	16,72	VP21	VP166	A164T	MSC
	12	1140	5,21	13680	62,52	VP21	VP166	A164T	MSC
	12	2461	11,25	29532	135	VP21	VP166	A164T	MSC
	4	1112	5,08	4448	20,32	VP21	VP166	A164T	MSC
	8	2348	10,73	18784	85,84	VP21	VP166	A164T	MSC
	20	2477	11,32	49540	226,4	VP21	VP166	A164T	MSC
	8	1148	5,25	9184	42	VP21	VP166	A164T	MSC
	8	1137	5,2	9096	41,6	VP21	VP166	A164T	MSC
	4	1838	8,4	7352	33,6	VP21	VP166	A164T	MSC
L60X4A	1	1389	5,14	1389	5,14	VP21	VP166	A164T	MSC
	1	1502	5,56	1502	5,56	VP21	VP166	A164T	MSC
	1	1189	4,4	1189	4,4	VP21	VP166	A164T	MSC
	1	2401	8,88	2401	8,88	VP21	VP166	A164T	MSC
	2	1446	5,35	2892	10,7	VP21	VP166	A164T	MSC
	2	1502	5,56	3004	11,12	VP21	VP166	A164T	MSC
	2	1232	4,55	2464	9,1	VP21	VP166	A164T	MSC
	2	2369	8,77	4738	17,54	VP21	VP166	A164T	MSC
	4	1814	6,71	7256	26,84	VP21	VP166	A164T	MSC
	4	1225	4,53	4900	18,12	VP21	VP166	A164T	MSC
	4	2800	10,36	11200	41,44	VP21	VP166	A164T	MSC
4	3096	11,46	12384	45,84	VP21	VP166	A164T	MSC	

Annexe III : les différentes opérations de quelques profilés

Descripti on	Quan tité	Longu eur unitair e	Poids unitair e	Nb Diam .	Diam . min	Diam . max	Diam . de perca ge	Nb trusq.	Trusq. min	Trusq . max	Opérations supplémentaires
L60X5 A	4	4064	18,57	1	18	18	18	2	33	38	GRUGEAGE
	4	3094	14,14	2	14	18	14-18	2	30	40	GRUGEAGE
	2	1814	8,29	1	18	18	18	1	30	30	RAS
	4	2301	10,52	1	18	18	18	1	30	30	RAS
	28	1130	5,16	1	18	18	18	1	30	30	GRUGEAGE
	4	1126	5,15	1	18	18	18	1	30	30	GRUGEAGE
	8	116	0,53	1	14	14	14	1	34	34	RAS
	4	106	0,48	2	14	18	14-18	2	36	40	RAS
	4	2301	10,52	1	18	18	18	1	30	30	GRUGEAGE
	4	2502	11,43	1	18	18	18	1	30	30	GRUGEAGE
	4	2960	13,53	1	18	18	18	1	30	30	GRUGEAGE
	4	3272	14,95	1	18	18	18	1	30	30	GRUGEAGE
	4	3641	16,64	1	18	18	18	1	30	30	GRUGEAGE
	4	4444	20,31	1	18	18	18	2	27	38	GRUGEAGE
	4	4864	22,23	1	18	18	18	1	30	30	GRUGEAGE
	L60X5 L	4	3398	15,53	1	18	18	18	2	30	38
4		3372	15,41	2	14	14	14-18	3	30	40	RAS
4		5380	24,59	2	14	18	14-18	2	30	38	RAS
L60X5 N	4	1872	8,56	2	14	18	14-18	1	30	30	Grugeage
	2	1396	6,38	1	18	18	18	1	30	30	RAS
	4	1938	8,86	1	18	18	18	1	30	30	RAS
	4	1914	8,75	1	18	18	18	1	30	30	RAS
	8	1836	8,39	1	18	18	18	1	30	30	RAS
	16	1003	4,58	1	18	18	18	1	23	23	Grugeage
L60X5 S	4	925	4,23	1	18	18	18	1	30	30	RAS
	3	1786	8,16	1	18	18	18	1	30	30	RAS
	2	4564	20,86	1	14	14	14	1	30	30	RAS
	4	1212	5,54	1	18	18	18	1	30	30	RAS
	2	4730	21,62	1	14	14	14	1	30	30	RAS
	2	2800	12,8	1	14	14	14	1	30	30	RAS
	4	2641	12,07	1	18	18	18	1	30	30	GRUGEAGE
	4	2822	12,9	1	18	18	18	1	30	30	GRUGEAGE
	4	2821	12,89	1	18	18	18	1	30	30	GRUGEAGE
	4	3374	15,42	1	18	18	18	1	29	29	GRUGEAGE
	2	6335	28,95	1	18	18	18	1	30	30	RAS
	4	3704	16,93	1	18	18	18	1	30	30	GRUGEAGE
2	6551	29,94	1	18	18	18	1	30	30	RAS	

Annexe IV : temps d'usinage de quelques profilés sur la VP21

Descript ion	Quantité	Longueur unitaire	Poids unitaire	Poids total	Temps d'evacuati on piece finie (s)	Temps annuel d'evacuati on de la chute (s)	Nbre d'alimentati on annuel par barre de 12m	Temps d'opération (poinçonnage +marquage) VP21 (s)	Temps parcouru par la piece (s)	Temps de coupe annuel (s)	Temps annuel contrôle de la pince (s)	Temps annuel d'alimen tation (s)	Temps total VP21
L60X5 A	4	4064	18,57	74,28	429	60	4	579,768	81,28	32,76	60	76,58	1319,388
	4	3094	14,14	56,56	429	45	3	689,268	61,88	32,76	45	57,435	1360,343
	2	1814	8,29	16,58	214,5	15	1	300,834	18,14	16,38	15	19,145	598,999
	4	2301	10,52	42,08	429	30	2	623,568	46,02	32,76	30	38,29	1229,638
	28	1130	5,16	144,48	3003	120	8	3598,476	158,2	229,32	120	153,16	7382,156
	4	1126	5,15	20,6	429	15	1	514,068	22,52	32,76	15	19,145	1047,493
	8	116	0,53	4,24	858	15	1	1115,736	4,64	65,52	15	19,145	2093,041
	4	106	0,48	1,92	429	15	1	557,868	2,12	32,76	15	19,145	1070,893
	4	2301	10,52	42,08	429	30	2	623,568	46,02	32,76	30	38,29	1229,638
	4	2502	11,43	45,72	429	45	3	579,768	50,04	32,76	45	57,435	1239,003
	4	2960	13,53	54,12	429	45	3	579,768	59,2	32,76	45	57,435	1248,163
	4	3272	14,95	59,8	429	45	3	535,968	65,44	32,76	45	57,435	1210,603
	4	3641	16,64	66,56	429	60	4	535,968	72,82	32,76	60	76,58	1267,128
	4	4444	20,31	81,24	429	60	4	579,768	88,88	32,76	60	76,58	1326,988

	4	4864	22,23	88,92	429	75	5	579,768	97,28	32,76	75	95,725	1384,533
	4	3398	15,53	62,12	429	45	3	579,768	67,96	32,76	45	57,435	1256,923
L60X5L	4	3372	15,41	61,64	8580	1005	67	0	0	0	0	0	Impossible
	4	5380	24,59	98,36	8580	1620	108	30429,36	2152	655,2	1620	2067,66	47124,22
	4	1872	8,56	34,24	8580	555	37	11595,36	748,8	655,2	555	708,365	23397,725
L60X5 N	2	1396	6,38	12,76	32818,5	1605	107	49378,302	2135,88	2506,14	1605	2048,515	92097,337
	4	1938	8,86	35,44	65637	4455	297	95405,904	5930,28	5012,28	4455	5686,065	186581,52 9
	4	1914	8,75	35	65637	4395	293	95405,904	5856,84	5012,28	4395	5609,485	186311,50 9
	8	1836	8,39	67,12	131274	8430	562	164006,208	11236,32	10024,56	8430	10759,49	344160,57 8
	16	1003	4,58	73,28	262548	9210	614	314609,616	12276,72	20049,12	9210	11755,03	639658,48 6
	4	925	4,23	16,92	65637	2130	142	78652,404	2830,5	5012,28	2130	2718,59	159110,77 4
	3	1786	8,16	24,48	1608,75	105	7	1927,755	133,95	122,85	105	134,015	4137,32
L60X5S	2	4564	20,86	41,72	1072,5	165	11	2982,42	228,2	81,9	165	210,595	4905,615
	4	1212	5,54	22,16	2145	90	6	4322,34	121,2	163,8	90	114,87	7047,21
	2	4730	21,62	43,24	1072,5	180	12	2872,92	236,5	81,9	180	229,74	4853,56
	2	2800	12,8	25,6	1072,5	105	7	2215,92	140	81,9	105	134,015	3854,335

Annexe V : quantité des profilés

Tableau 1 nombre de tôle- gousset nécessaire

Tôles	Kg/m ²	Besoin annuel Poids (kg)	Besoin mensuel		Nbre de feuilles		
			Poids (kg)	Surface (m ²)	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

Tableau 2 : quantité annuelle de fers plats 225KV

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
Total				9407737	37289,32	783978.1	3107.5

Tableau 3: quantité annuelle de fers plats 22KV

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
Total				24184543	43670,80	2015378,60	3639,3

Annexe VI : Caractéristiques techniques des machines

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.

VERNET 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

VERNET 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

VERNET 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 + 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
Machine de base	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
Equipement d'oxycoupage	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
Equipement de poinçonnage numérique	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
Unité de perçage	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
Marqueuse	3 bloc de 10 caractères	Disc CNC	Disc CNC
Commande numérique	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
Sécurité opérateur	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		
Cisaille à profiles	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
Cisaille pour fers plats	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
Poinçonnage	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
Caractéristiques générales	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		
Puissance de poinçonnage		550 KN
Capacité maximale		D 40 x 100x100x10 mm
Gorge		500 mm
Poinçonnage de profilés avec le support de col de cygne (ovale)	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
Caractéristiques générales	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 m ³
	Volume de l'emballage maritime	1,55 x 1,2 x 1,95 m

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.

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.



GEKA BENDICROP 60 S		
Grugeoir	Découpe de la tôle	10 mm
	L de	100x100x10 mm
	Barres rondes (Diamètre)	30 mm
	Profondeur	-
	Largeur	-
Cisaille pour fers plats	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
Cisaille pour profilés	L à 90°	120x120x10 mm
	Barre ronde	45 mm
	Barre carrée	40 mm
Poinçonnage	Puissance de poinçonnage	600 KN
	Capacité maximale	D 40 x 11 mm
	Gorge	250 mm
	Hauteur de travail	1106 mm
Pliage	Capacité maximale	150x150x10 mm
Caractéristiques générales	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.

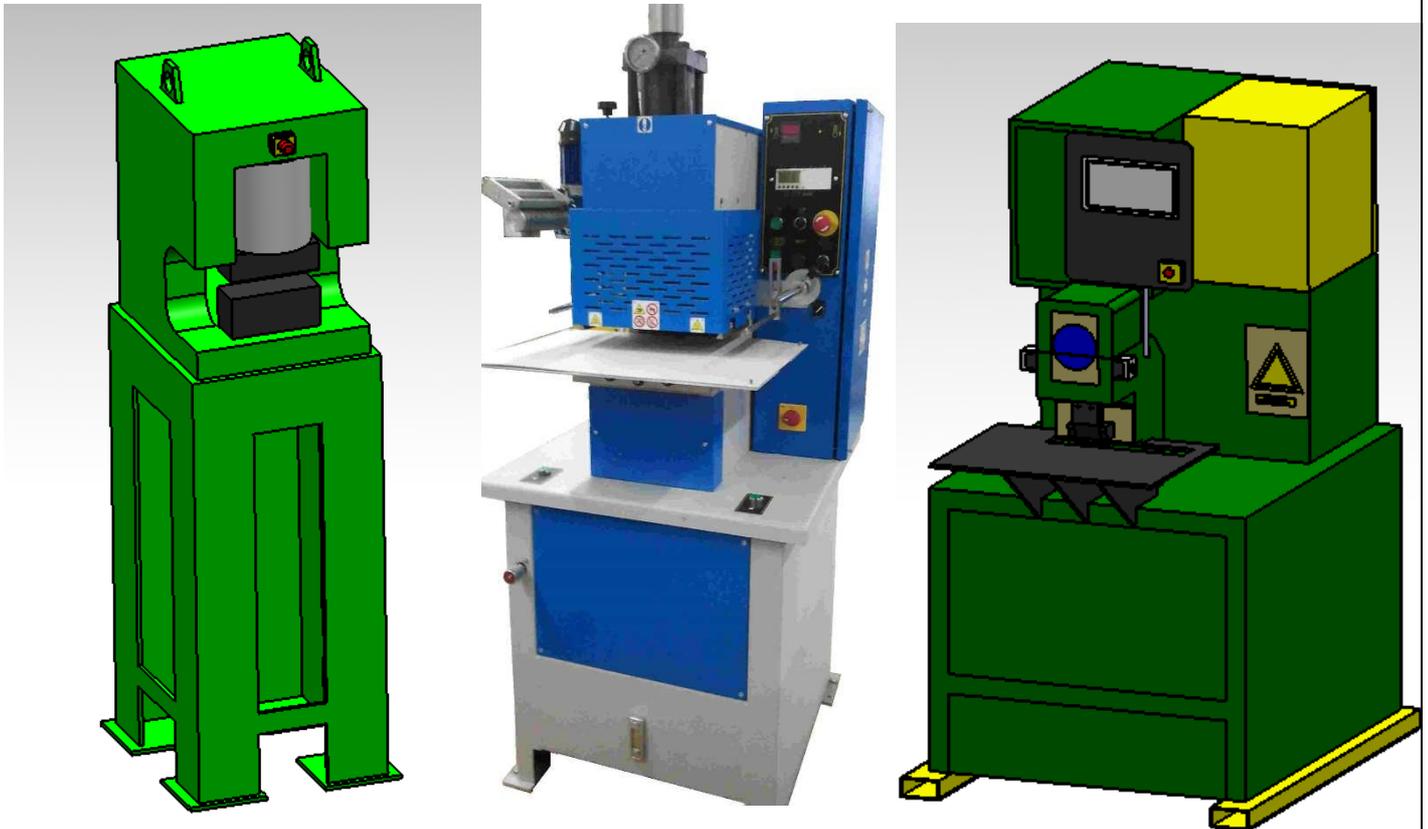


Fig. Presse hydraulique de marquage – voir à l'extrême gauche la presse de marquage des cornières – à l'extrême droite celle des goussets de l'ATC Casablanca

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/>

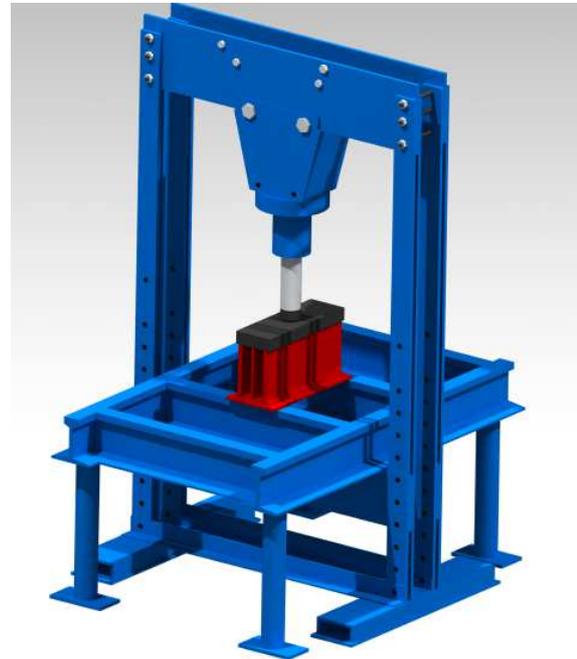
Caractéristiques :	Puissance :	10 tonnes
	Surface de travail :	300×200 mm
	Ouverture :	80 mm
	Course :	80mm
	Chauffage :	200°
	Moteur :	5 KW

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 protégé, anti-commande accidentelle
- ❖ Moteur triphasé (230 - 400 v 50Hz)

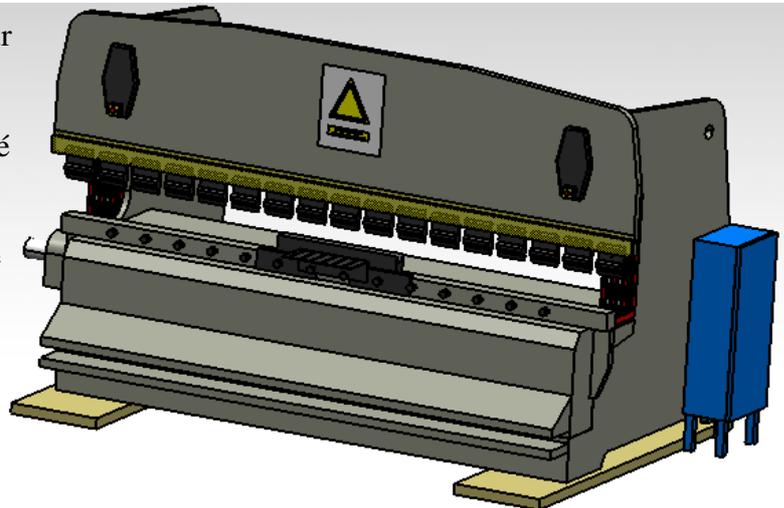


Fig.

Cisaille guillotine :

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.

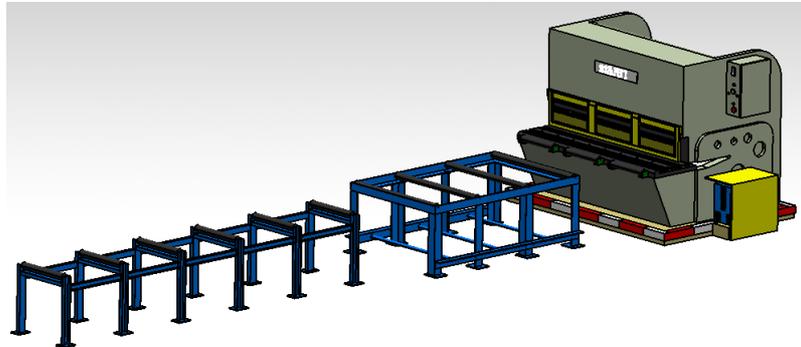
Caractéristiques :

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

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 $0,5^\circ$ 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 ²)	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	$0,5^\circ$ - 3°	$0,5^\circ$ - 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
Eclairage de la ligne de coupe		
Pédale de commande		
Réglage de l'angle de coupe avec affichage		
Capacité (40KG/mm²)		

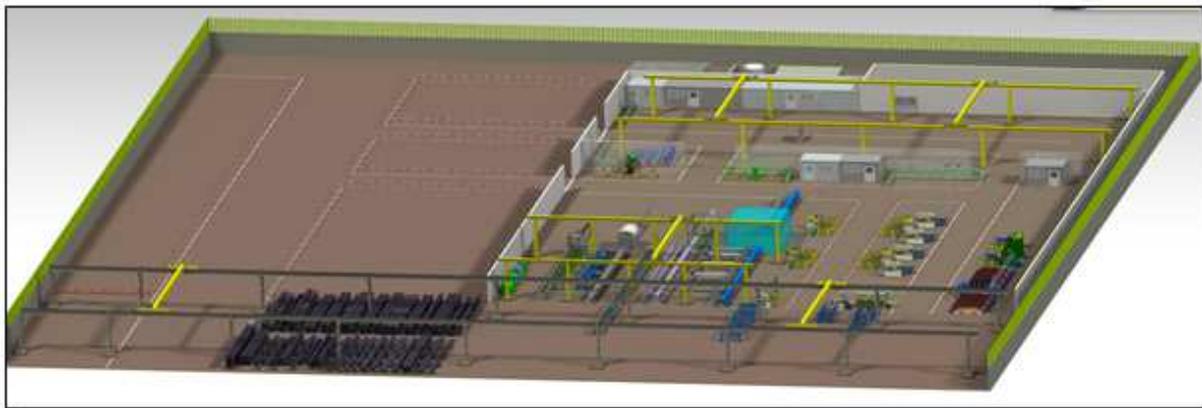
Annexe VII : besoin annuel en barre de 12m pour les pylônes 225kv

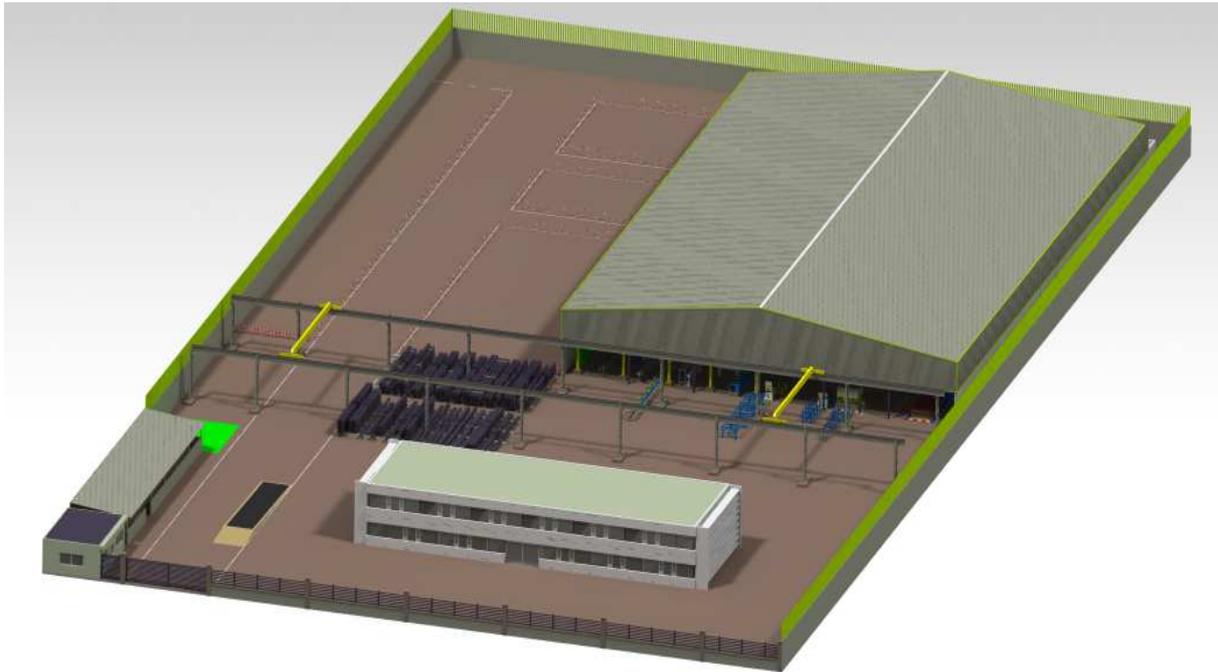
Les besoins annuels des barres de profilés ci-dessous représentent les bruts de 12 metres.

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

Annexe VIII : représentation 3D des différentes sections. Conception réalisée sur Catia.

Les différentes images représentent les différentes sections de l'atelier. Dans la première figure nous pouvons voir l'intérieur de l'atelier sans la toiture. On aperçoit les différentes sections et les ponts roulants utilisés pour la manutention. Dans la deuxième image on a une vue globale de l'atelier avec la toiture. Nous pouvons donc voir l'atelier, le bâtiment administratif le stock de matière première et les autres éléments constitutifs des locaux.





Annexe IX : estimation du cout de réalisation projet.

Le présent document donne une étude du coût des différentes machines et du coût d'implantation de chaque type de production.

Description		Prix unitaire (DH)	Pyl. 22 KV	Pyl. 225 KV	Charpente	Prix pour 22kv (DH)	Prix pour 225kv (DH)	Prix pour charpente (DH)	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 (combilifet)	350000		1			350000		350000
	1 Chariots élévateur 5 tonnes mini	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 (type VP21)	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 (type VP166 – HP16T6)	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 (Type HD615 ou DB503)	3000000	0	0	1	0	0	3000000	3000000
Marquage - Poinçonnage - Coupe - Grugeage (Conventionnelle)	1 machine universelle de cisailage hydraulique ou mécanique L35x35x3 à L80x80x8	87000	1	0	0	87000	0	0	87000
	4 machines universelles de poinçonnage mécanique ou hydraulique à 1 vérin - [L35x35x3 à L80x80x8] - Diamètre de poinçonnage 8 à 26 mm + ovale	87000	2	2	0	174000	174000	0	348000
	1 machine universelle de marquage L35x35x3 à L80x80x8	70000	1	0	0	70000	0	0	70000
	1 machine universelle hydraulique - grugeage L35x35x3 à L100x100x10	50000	1	0	0	50000	0	0	50000
Burinage/Débardage	1 machine (Oxygène + propane/acétylène)	21000	0	1	0	0	21000	0	21000
Pliage des cornières	1 Presse hydraulique	82000	0	0	1	0	0	82000	82000

Coupe - Poinçonnage - Marquage (gousset + fers plats)	1 cisaille guillotine épaisseur 14 mm – largeur utile 2 m	210000	0	1	0	0	210000	0	210000
	1 cisaille de fer plat - épaisseur 2 à 10mm	87000	1	0	0	87000	0	0	87000
	4 machines universelles de poinçonnage de goussets	162000	1	3	0	162000	486000	0	648000
	1 machine universelle de marquage	70000	1	0	0	70000	0	0	70000
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	2500000	0	1	0	0	2500000	0	2500000
Pliage des goussets	1 presse plieuse	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
Equipement de mesure	Rugosité - Distance - Géométrie - Qualité de soudage	3750	1	0	0	3750	0	0	3750

	Contole et métrologie	7900	0	0	1	0	0	7900	7900
Matériel informatique	Ordinateur	15000	2	1	0	30 000,00	15 000,00	0	45000
	Photocopieuse/ imprimante	25000	1	0	0	25 000,00	0	0	25000
	Installation téléphonique	12000	1	0	0	12 000,00	0	0	12000
	Réseau informatique	50000	1	0	0	50 000,00	0	0	50000
	Tirage des plans	25000	1	0	0	25 000,00	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 m²	8000000	1			8000000			8000000

	Bureaux	175000	1			175000			175000
	Mobilier	30000	1			30000			30000
Alimentation Gaz	Reserve d'oxygène 2 à 3 m3		1			0	0	0	0
	Bouteilles de propane		-			-	-	-	-
	Bouteilles d'acétylènes		-			-	-	-	-
	Bouteilles de CO₂		-			-	-	-	-
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
Alimentation Electrique	Coffrets électriques		-			-	-	-	-
	Poste AGBT		-			-	-	-	-
	Poste TGBT		-			-	-	-	-
	1 Transformateur		-			-	-	-	-
Cout implantation						15872750,00	5188000	3382800	24443550
Cout du terrain									
Budget d'investissement									



Stage effectué à : VINCI Energies Maroc



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master Sciences et Techniques.

Nom et prénom:

 **Mr Nambounon Eric DABIRE**

Année Universitaire : 2015/2016

Titre: *Etudes de faisabilité d'une unité de fabrication de charpente métallique*

Résumé

Le présent rapport décrit le travail réalisé en guise de projet de fin des études de quatre mois, effectué au sein de l'entreprise VINCI Energies.

Organisé en plusieurs étapes ce travail fait une étude détaillée d'une unité de fabrication de charpente métallique et armature. La dite unité sera installée dans un pays d'Afrique subsaharienne : Côte d'Ivoire.

Il est structuré en plusieurs parties La première partie est consacrée au dressage à l'aide de plusieurs outils la liste du parc machine nécessaire au fonctionnement de l'unité de fabrication de charpente métallique après une étude détaillée basé sur plusieurs paramètres.

Le quatrième chapitre sera consacré à l'optimisation des flux de production en choisissant l'emplacement idéal de chaque machine et section.

La dernière partie abordera l'ossature du bâtiment, le dimensionnement en tenant compte du parc machine déterminé préalablement.

Mots clés : charpente, flux, armature, machine.

Abstract

The present report describes the work achieved in this four months' project work of end of studies, done within the CEGELEC enterprise of the group VINCI Energies.

Organized in several stages this work makes a detailed study of a manufacturing unit for the production of metallic framework and armature. The said unit will be installed in a sub-Saharan African country, Côte d'Ivoire.

It is structured in several parts. The first part is dedicated to the elaboration with the help of several tools, the list of the park plots necessary for the operation of the manufacturing unit after a detailed study based on several parameters.

The fourth chapter will be dedicated to the optimization of the production flows by choosing the ideal position for every machine and section.

The last part will approach the framework of the building, the dimensionality and taking into account the park plots initially determined.

Keywords: framework, flow, armature, machine.