

SO_I23

RAPPORT DE STAGE

Ouvrier

Présenté à

L'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Bizerte

Entreprise d'accueil : KARMEX SARL

Période : 17 . 07 . 2023 au 17 . 08 . 2023

Réalisé par :

Mannoubi Meddeb

Encadrant de l'entreprise par :

Mr.Mohamed Abdelkefi

Année Universitaire : 2023_2024

Remerciements

« Je souhaite tous d'abord remercier Mr Abdelkefi Mohamed responsable de site KARMEX TRUCK d'avoir accepté de m'accueillir comme stagiaire et de m'avoir offert l'opportunité de réaliser mon stage au sein du KARMEX TRUCK.

Je tiens à le remercier une fois de plus pour son rôle essentiel en tant que mon maitre tout au long de cette période de stage. Il a non seulement pris le temps de me guider et de me conseiller, mais il m'a accompagné dans l'exécution de mes missions et mon projet malgré ses propres responsabilités et charges de travail.

J'adresse mes remerciements les plus chaleureux aux hauts responsables de KARMEX TRUCK, ainsi qu'à tous les ouvriers de l'entreprise. Leur accueil chaleureux et leur soutien m'ont fait me sentir pleinement intégré au sein de l'équipe. Leur patience et leur collaboration ont grandement facilité mon adaptation et ma progression tout au long de mon stage.

Tout au long de cette période de stage, j'ai eu l'occasion de découvrir le monde professionnel et de mettre en pratique les connaissances acquises durant ma formation.

En vous remerciant encore une fois pour cette opportunité et pour l'accueil qui m'a été réservé, je reste ouvert à toute collaboration future et je souhaite à toute l'équipe de KARMEX TRUCK une réussite continue dans tous vos projets. »

Table des matières

Introduction générale	1
Chapitre I : Présentation de l'entreprise	2
Introduction	3
I. 1. Généralités	3
I. 2. Représentation KARMEX SARL	3
I. 3. Principaux clients du KARMEX	5
I. 4. Les sites du KARMEX et Chaîne Logistique	5
I. 5. Processus de Fabrication des sites de KARMEX	6
I. 6. Organigramme de KARMEX	7
I. 7. Certifications	7
Conclusion	8
Chapitre II : Le stage au sein du service production de KARMEX TRUCK	9
Introduction	10
I. 8. Système de production du KARMEX TRUCK	10
I.8.1. Les ressources humaines	10
I.8.2. Organisation des Ateliers du Site KARMEX Truck	10
I.8.3. Ressources d'informations	11
I.8.3.a. Système d'information	11
I.8.3.b. Service ouvraison	12
I.8.4. Type de production chez KARMEX TRUCK	12
I.8.5. Processus de fabrication	13
I.8.5.a. Ebavurage	13
I.8.5.b. Cintrage	14
I.8.5.c. Formage	15
I.8.5.d. Calibrage	16
I.8.5.e. Sertissage	17
I.8.5.f. Pointage	18
I.8.5.g. Perçage	18
I.8.5.h. Presse valve	19
I.8.5.i. Brasage en four	20
I.8.5.j. Redressage	22
I.8.5.k. Etanchéité	22
I.8.5.l. Control final	23
I.8.6. Pesage et emballage	24
I.8.7. Gestion de la production	26
I.8.7.a. Processus d'approvisionnement	26

I.8.7.b. Processus de fabrication	26
I.8.8. Gestion de la qualité	28
I. 9. Les conditions du stage	28
I. 10. Missions et taches effectuées	29
Conclusion	29
Chapitre III : Etude de cas :	30
Calcul de la cadence par chronométrage	30
Introduction	31
I. 11. Etude bibliographique	31
I.11.1. Définition de la cadence	31
I.11.2. Définition du temps de cycle	31
I.11.3. Pourquoi en calcul la cadence	31
I. 12. Les étapes du projet	32
I.12.1. Choix de l'article	32
I.12.2. Gamme opératoire de l'article 5516	33
I.12.3. Identification des postes qui réalisent chaque opération	33
I.12.4. Application de la méthode du chronométrage par échantillonnage	34
I.12.4.a. Définition	34
I.12.4.b. Matériel du chronométrage	34
I.12.4.c. Méthodologie du chronométrage	35
I.12.5. Calcul de la cadence	40
I.12.6. Informations extraites à partir de chronométrage par vidéo	41
I.12.7. Analyse des résultats	41
I. 13. Difficultés du projet	42
Conclusion	43
Conclusion générale	44
Références bibliographiques	45

Liste des figures

Figure I. 1: Un exemple de produits de KARMEX	3
Figure I. 2: Clients de KARMEX	5
Figure I. 3: Chaîne logistique de KARMEX	6
Figure I. 4: Processus des sites	6
Figure I. 5: Organigramme de KARMEX	7
Figure I. 6: Certifications de KARMEX.....	8
Figure I. 7: Poste presse valve	20
Figure II. 1 : KARMEX TRUCK	11
Figure II. 2: Service ouvraison	12
Figure II. 3: Poste d'ébavurage	14
Figure II. 4: Poste de cintrage.....	15
Figure II. 5: Machine de formage	16
Figure II. 6: Poste de calibrage	17
Figure II. 7: Poste de sertissage	17
Figure II. 8: Poste de pointage	18
Figure II. 9: Poste de perçage	19
Figure II. 10: Traces de brasage.....	20
Figure II. 11: Réglage et organisation des articles.....	21
Figure II. 12: Four de brasage.....	21
Figure II. 13: Poste de redressage	22
Figure II. 14 : Poste d'étanchéité.....	23
Figure II. 15: Etiquette Firewall	24
Figure II. 16: Firewall.....	24
Figure II. 17: Poste de pesage.....	25
Figure II. 18: Bon de sortie du PF	25
Figure II. 19: Emballage palette	26
Figure II. 20: Etiquette suiveuse	27
Figure III. 1: Utilité de cadence	32
Figure III. 2: L'article 31-0000-5516	33
Figure III. 3: Gamme opératoire de 31-0000-5516.....	33
Figure III. 4: Matériels du chronométrage	34

Liste des tableaux

Tableau I. 1: Données générales de KARMEX	3
Tableau II. 1: Typologie de production de KARMEX	13
Tableau III. 2: Identification du temps de cycle	35
Tableau III. 3: Résultats de Galop d'essai	37
Tableau III. 4: Résultats de chronométrage	38
Tableau III. 5: Résultats des cadences	40
Tableau III. 6: Informations extraites lors de chronométrage	41

Introduction générale

À la fin de ma première année en tant qu'élève ingénieur en Génie Industriel à l'École Nationale d'Ingénieurs de Bizerte, j'ai effectué mon stage ouvrier, du 17 juillet 2023 au 17 août 2023, au sein de l'entreprise KARMEX TRUCK, une division de KARMEX SARL localisée à Grombalia spécialisée dans la production de tuyaux métalliques destinés aux moteurs automobiles. Mon stage s'est déroulé au sein du service production de KARMEX TRUCK.

J'ai choisi de rejoindre KARMEX pour plusieurs raisons importantes. Tout d'abord, cette entreprise évolue dans le domaine de la métallurgie liée au secteur automobile, qui est un secteur exigeant. Cela signifie que je pouvais acquérir une expérience dans une industrie où l'innovation et la qualité sont importants pour répondre aux besoins de l'industrie automobile. Un autre aspect qui a attiré mon attention vers KARMEX est sa position d'exemple dans le contexte de l'industrie 4.0. L'entreprise recourt des nouvelles technologies et des concepts de l'industrie 4.0 pour optimiser ses processus et améliorer la productivité. Cela représentait une opportunité pour rejoindre cette entreprise.

Cette expérience m'a offert une opportunité pour découvrir le monde professionnel et l'univers de l'usine. J'ai pu observer et apprendre de près le fonctionnement quotidien d'une entreprise, le rôle des différentes équipes et départements, ainsi que l'importance de la collaboration et de la communication pour atteindre les objectifs communs. Ce stage m'a également permis de développer des compétences essentielles.

Ce rapport est organisé en trois chapitres distincts. Dans le premier chapitre, je vais présenter l'entreprise KARMEX en général et par suite son site TRUCK. Le deuxième chapitre sera consacré à une description détaillée de mon expérience de stage au sein du site KARMEX TRUCK. Enfin, le dernier chapitre sera consacré à la présentation de mon projet réalisé tout au long de mon stage.

Chapitre I : Présentation de l'entreprise

Introduction

Ce chapitre nous permet de découvrir l'entreprise sous un éclairage complet. Nous allons explorer les aspects fondamentaux qui définissent KARMEX : son histoire, sa position dans le secteur, ses différents sites ainsi que leurs missions, sa clientèle et ses fournisseurs. Cette plongée dans l'univers de KARMEX nous permettra de mieux comprendre ses bases et ses stratégies.

I. 1. Généralités

KARMEX est une société totalement exportatrice, Créée depuis 1994 et installée dans la zone industrielle de Grombalia, Elle est spécialisée dans la production des flexibles et des raccords hydrauliques fabriqués à partir de tubes métalliques et qui sont intégrés aux systèmes moteurs des véhicules automobiles. [1]



Figure I. 1: Un exemple de produits de KARMEX

I. 2. Représentation KARMEX SARL

Tableau I. 1: Données générales de KARMEX

Raison Sociale :	STE KARMEX
Forme juridique	SARL
Catégorie	Société local privé
Entrée en production :	1994

Chiffre d'affaires en DT :	10 000 000
Exportations en DT :	10 000 000
Effectif total :	412
Secteur d'activité	Automobile / moteurs / engins mécaniques
Activité	Equipements automobiles
Produits	Tuyaux métalliques
Responsable :	Sami Trabelsi
Adresse :	RUE DE LA CHIMIE Z.I. - 8030 - GROMBALIA - Nabeul - Tunisie
Tél :	(216) - 72 213 800
Fax :	(216) - 72 214 445
E-mail :	karmex@karmex.com.tn
Logo	

I. 3. Principaux clients du KARMEX

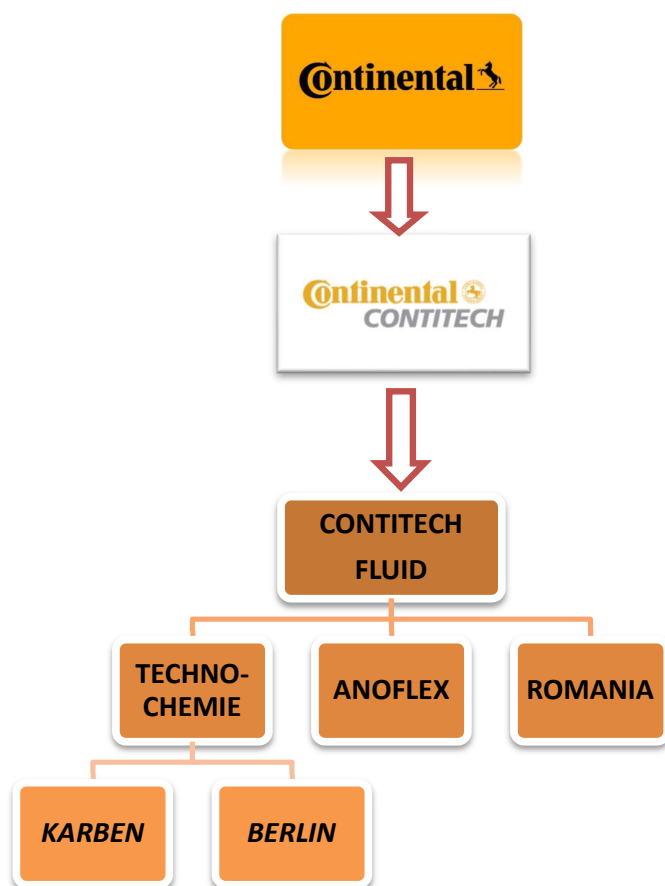


Figure I. 2: Clients de KARMEX

I. 4. Les sites du KARMEX et Chaîne Logistique

KARMEX dispose 4 sites de production dans lesquels s'effectuent les différentes opérations. En effet, elle possède deux sites de production des flexibles KARMEX TRUCK et KARMEX TC, un site RECHANGE destiné à la fabrication des pièces de rechange et un site COUPE pour le découpage des tubes qui assure la livraison de la matière première vers les trois autres sites.

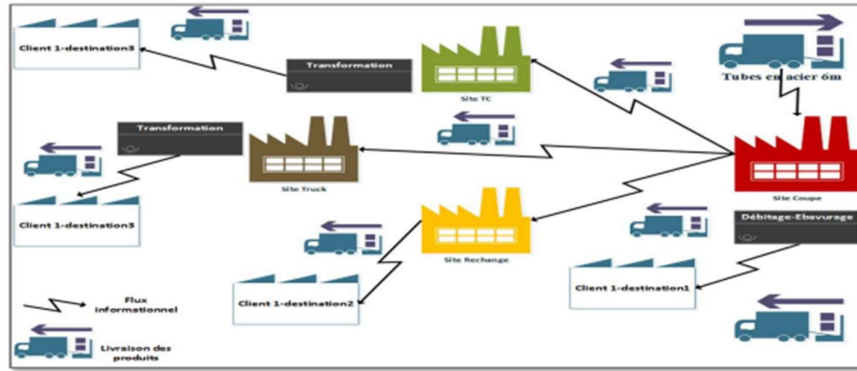


Figure I. 3: Chaîne logistique de KARMEX

I. 5. Processus de Fabrication des sites de KARMEX

Le centre de coupe joue un rôle essentiel dans le processus de production. Il reçoit la matière première, constituée de tubes en acier austénitique de divers diamètres et épaisseurs. Les opérations exécutées dans ce site incluent le débitage, l'ébavurage et le dégraissage. Le produit final de ce centre constitue la matière première pour les deux autres sites de transformation : Truck et TC. Ces deux sites réalisent des opérations similaires, telles que le cintrage, le formage, le sertissage, le pointage, le brasage, l'étanchéité et le perçage. Après ces étapes, les produits sont pesés, emballés et prêts à être distribués.

Il convient de noter que ces opérations de transformation varient en fonction des articles produits, sachant que KARMEX génère une gamme variée de plus de 370 articles distincts. Bien que les deux sites mettent en œuvre les mêmes opérations de transformation et suivent des stratégies de production similaires, leurs capacités et quantités diffèrent en raison de facteurs tels que la taille des équipements et la demande respective. Le site de rechange au sein de la société KARMEX est dédié à la préparation, au stockage et à la gestion des pièces de rechange et des composants nécessaires pour garantir que les opérations ne soient pas interrompues en cas de défaillance d'équipements, de machines ou de composants clés dans les autres sites de production.

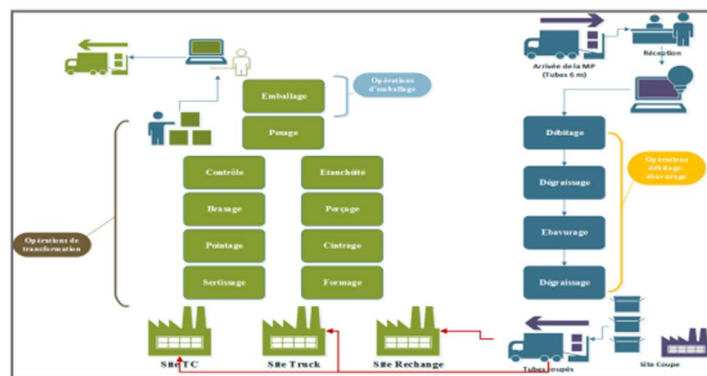


Figure I. 4: Processus des sites

I. 6. Organigramme de KARMEX

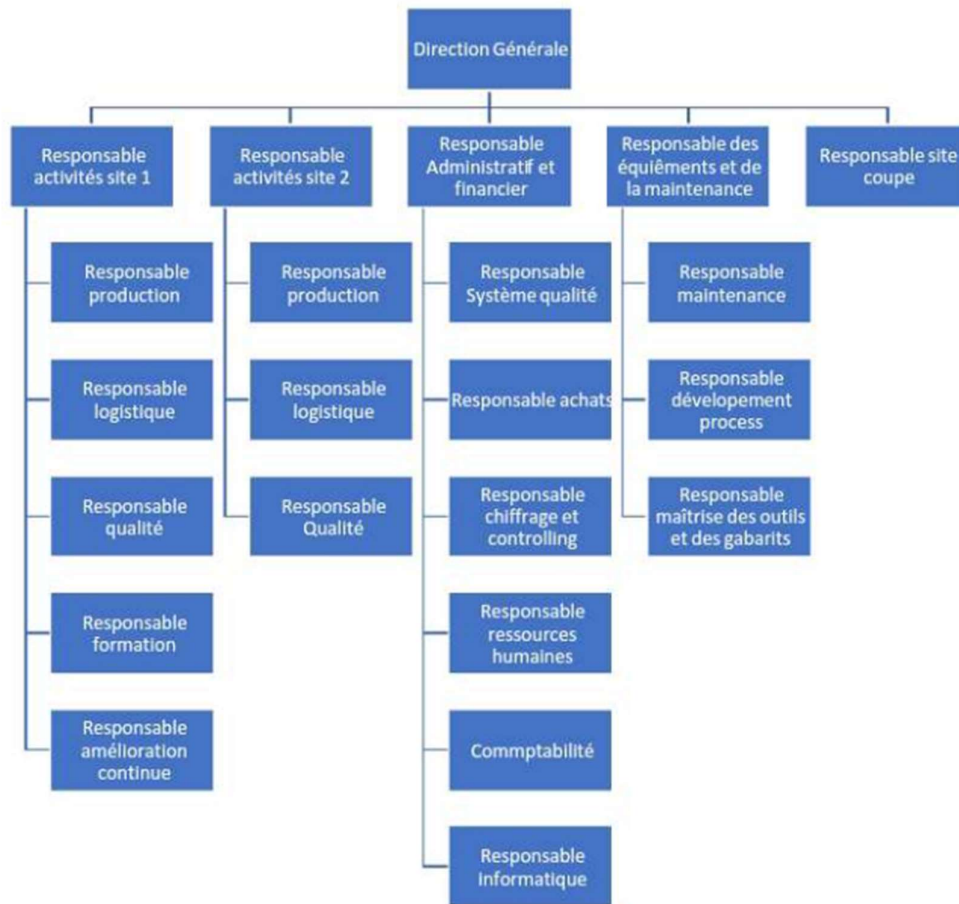


Figure I. 5: Organigramme de KARMEX

KARMEX adopte une structure organisationnelle complexe qui combine des éléments de structure divisionnelle, matricielle et fonctionnelle. En effet la structure divisionnelle s'aperçoit au niveau de la division de ces sites. La structure fonctionnelle se représente par l'existence des responsables de différentes fonctions telles que qualité, production, logistique, RH, informatique. Il semble y avoir une structure matricielle puisque le responsable de chaque site travaille en collaboration avec des responsables de différentes fonctions telles que production, logistique, qualité, etc.

I. 7. Certifications

L'entreprise KARMEX a démontré un engagement exceptionnel envers la qualité de ses produits, ce qui lui a valu d'obtenir la certification ISO 9001. Cette certification témoigne de sa capacité à maintenir des standards de qualité élevés et à assurer la satisfaction de ses clients.

En outre, récemment, KARMEX a également obtenu la certification IATF 16949, une norme de système de gestion de la qualité spécifiquement conçue pour les industries automobiles. Cette certification atteste du sérieux de l'entreprise dans la gestion de sa qualité et de sa conformité aux exigences strictes de l'industrie automobile.



Figure I. 6: Certifications de KARMEX

Conclusion

KARMEX SARL est une entreprise de premier plan avec un grand effectif et donc une production importante grâce à ses sites de transformation. Elle est un fournisseur clé pour des grands constructeurs de véhicules et des camions, reconnue pour sa qualité et sa satisfaction client. Dans ce chapitre, nous avons présenté l'entreprise dans son ensemble, mais vais concentrer dans les chapitres suivants sur le site KARMEX TRUCK, où j'ai effectué mon stage.

Chapitre II : Le stage au sein du service production de KARMEX TRUCK

Introduction

Dans ce deuxième chapitre, je vais vous emmener au cœur de mon expérience au sein de l'entreprise KARMEX TRUCK. Mon stage m'a permis de découvrir l'univers professionnel de l'entreprise. Tout au long de ce chapitre, je vais vous raconter comment s'est déroulé mon stage, quelles étaient les conditions de travail dans l'entreprise, et je vais vous présenter en détail la configuration de système de production du site KARMEX TRUCK puisque j'étais au sein de service production. Je vais vous expliquer les différents ateliers qui composent le site et les tâches qu'ils accomplissent. Je vais me concentrer sur l'organisation de la production, en vous expliquant comment elle est gérée et pilotée et les technologies qui sont utilisées pour assurer une production efficace.

I. 8. Système de production du KARMEX TRUCK

I.8.1. Les ressources humaines

Chaque membre du personnel au sein de l'entreprise est identifié par une matricule qui lui est propre. L'effectif de KARMEX Truck englobant les 3 équipes de productions, équipe qualité, équipe outillage, des techniciens et des responsables. Cette équipe diversifiée inclut à la fois des hommes et des femmes, ainsi que des jeunes collaborateurs.

La journée de travail à KARMEX TRUCK dure 16 heures et est divisée en deux séances de 8 heures chacune. Chaque séance a son propre groupe d'ouvriers. La première séance commence à 6 heures du matin et se termine à 14 heures. Il y a une pause de 30 minutes durant cette séance. Ensuite, la deuxième séance commence à 14 heures et se termine à 22 heures. Cela signifie que chaque poste a une capacité de travail de 16 heures par jour. De plus, le four est également utilisé pour une troisième séance, qui se déroule de 22 heures à 6 heures le jour suivant. Cela veut dire que le four est actif 24 heures sur 24. Une petite équipe est nécessaire pour la troisième séance afin de charger et décharger les pièces dans le four. L'horaire hebdomadaire de travail est de 5,5 jours par semaine. Cela signifie que l'entreprise travaille du lundi au vendredi en deux séances, avec une séance supplémentaire le samedi. Le dimanche est une journée de pause.

I.8.2. Organisation des Ateliers du Site KARMEX Truck

Le site KARMEX Truck est organisé en plusieurs ateliers en fonction des opérations réalisées :

- Atelier de Cintrage.
- Atelier de Formage.
- Atelier de Redressage.
- Atelier de Pointage.
- Atelier de Contrôle Final ou "Firewall".
- Atelier d'Étanchéité.
- Four de Brasage.

- Atelier de Sertissage.
- Magasin de Matières Premières comprenant des tubes, des valves, des raccords, des composants, des anneaux de cuivre et des écrous.
- Magasin d'Outillage abritant les outils tels que les gabarits, les forets, les marteaux, les mors de sertissage, etc.
- Magasin de Produits Finis où le pesage, l'emballage et le stockage des produits sont effectués jusqu'à la fin de la semaine.
- Cabines de Qualité et autres espaces de production.



Figure II. 1 : KARMEX TRUCK

I.8.3. Ressources d'informations

I.8.3.a. Système d'information

L'entreprise utilise l'ERP (entreprise ressource planning) qui est un système informatique intégré conçu pour aider les entreprises à gérer efficacement l'ensemble de leurs opérations et de leurs ressources. Il s'agit d'un logiciel qui englobe divers modules et fonctionnalités permettant à une entreprise de collecter, de stocker, de gérer et d'interpréter des données provenant de toutes ses activités.

Ce logiciel est sous le nom DAS ERP édité par l'entreprise tunisienne LOGIDAS qui est un partenaire de KARMEX .il est utilisé pour faciliter la gestion des différentes fonctions industrielles comme la chaîne logistique car il contient plusieurs applications parmi elles DAS PROD qui assure la gestion de la chaîne d'approvisionnement, la production et la logistique et qui possède des modules tel que la gestion de production, gestion d'achat et des vente ,

gestion de la qualité , gestion des données techniques et gestion de stock.de plus il y a d'autre application pour la gestion des ressources humaine et la maintenance. Cette application permette le pilotage des différentes données dans une seul base de données.

I.8.3.b. Service ouvraison

Ce service est installé dans des tablettes sur chaque poste qui a pour objectif de suivre ce qui se passe à chaque poste, depuis le moment où il reçoit un lot de matière jusqu'à ce qu'il le transforme ou le termine. Il permet d'extraire les données de la production de chaque opération en temps réel, tel que matricule de l'opérateur, référence de l'article et de poste, quantité de pièces et nombre de rebut. De plus, il permet d'identifier le cycle d'activité de chaque poste c'est-à-dire le temps de production ainsi que le temps des arrêts.

En résumé, ce service aide les responsables à surveiller et à contrôler régulièrement la production à tous les postes de travail.

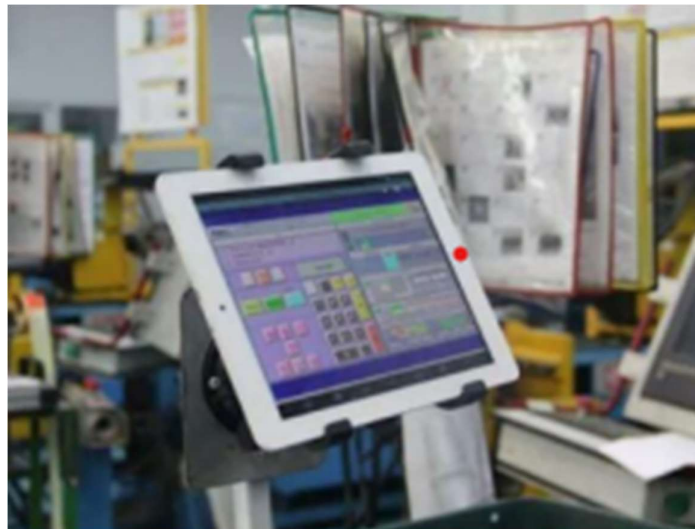


Figure II. 2: Service ouvraison

I.8.4. Type de production chez KARMEX TRUCK

Le système de production de KARMEX TRUCK peut être catégorisé en fonction de plusieurs critères, notamment l'importance de la série, l'organisation du flux et la relation avec le client. Ces critères nous permettent d'identifier et de comprendre le système de production spécifique mis en place par KARMEX TRUCK.

Tableau II. 1: Typologie de production de KARMEX

l'importance de la série	Production en grande série KARMEX TRUCK fabrique chaque semaine une quantité de moyenne 26000 pièce répartie en plusieurs article.
l'organisation de flux de production	production discontinue ou job shop En effet la MP est consommée par lot.de plus les produits sont variés et ne possède pas la même gamme opératoire
la relation avec client	production a la commande (MTO - Make to Order) l'entreprise lance des OF s'il Ya une commande client et donc pas de stock de PF
Nature de flux	flux tiré le lacement de fabrication est effectué lors de la présence des commandes clients

I.8.5. Processus de fabrication

Les produits fabriqués par KARMEX TRUCK sont principalement des flexibles, qui peuvent être regroupés en quatre grandes familles : les flexibles mono cintres, les flexibles bitubes, les flexibles CTB et les flexibles avec ou sans valve. Pour produire ces flexibles, KARMEX TRUCK utilise un processus de fabrication qui comprend essentiellement les opérations suivantes :

I.8.5.a. Ebavurage

L'ébavurage est un processus de finition utilisé pour enlever les bavures sur une pièce après des opérations de fabrication, telles que la découpe, le fraisage ou le perçage. Les bavures sont des petits morceaux de matériau qui se forment sur les bords ou les surfaces d'une pièce lorsqu'elle est usinée ou façonnée.

L'ébavurage serait essentiel pour garantir que les bords des tuyaux sont lisses, exempts de bavures et conformes aux spécifications de qualité requises.

Bien que les étapes d'ébavurage et de dégraissage soient effectuées initialement au sein du site de découpe, il est important de noter que KARMEX TRUCK a mis en place un poste dédié à l'ébavurage. Cette démarche stratégique garantit une qualité optimale en traitant rapidement et efficacement les défauts de surface qui pourraient survenir. Plutôt que de renvoyer une pièce présentant des défauts au site de découpe.



Figure II. 3: Poste d'ébavurage

I.8.5.b. Cintrage

Le cintrage est un procédé de déformation mécanique qui permet de courber un matériau, généralement un tube ou une pièce métallique, selon un rayon pour donner une forme particulière aux matériaux. [2]

Au sein de l'entreprise, le cintrage représente la première étape dans la fabrication des articles cintrés. Son but est de donner une courbure aux tubes métalliques issus du site de découpe, en suivant des rayons et des positions préétablies. Cette opération de cintrage est exécutée avec une cintrreuse à commande numérique (CNC) qui assure une précision exceptionnelle et une vitesse de production élevée.

L'atelier de cintrage est équipé d'une cintrreuse CNC complétée par un gabarit spécifique sur lequel L'opérateur effectue des contrôles minutieux pour vérifier ainsi les dimensions, la géométrie ainsi la qualité du cintrage réalisé.



Figure II. 4: Poste de cintrage

I.8.5.c. Formage

Le formage est un processus de fabrication qui implique la transformation ou la déformation d'une pièce métallique en lui donnant une forme spécifique grâce aux forces externes exercées.[3]

Au sein de KARMEEX, le formage est fréquemment utilisé pour créer une collerette sur une pièce. Cette opération est réalisée à l'aide d'une machine de formage spécifique.

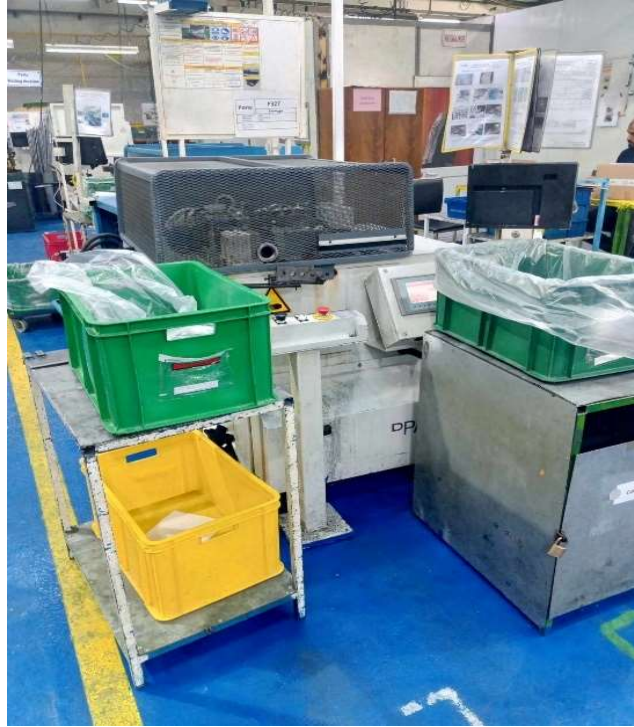


Figure II. 5: Machine de formage

I.8.5.d. Calibrage

Dans le cadre de KARMEX, le calibrage est une opération de correction du diamètre des tubes métalliques qui ont subi des déformations due de la force appliquée par l'outil de découpe ainsi que par l'outil de cintrage. L'objectif de cette opération est de rétablir le diamètre optimal des tubes, ce qui garantit la cohérence entre le diamètre du tube et celle des composants qui seront ultérieurement fixés à la surface du tube.

La correction des déformations est réalisée par des forces de pression générées par un vérin hydraulique. Ce dispositif permet d'appliquer des forces contrôlées et successives, grâce à une pédale liée au moteur du vérin hydraulique, sur les tubes métalliques ce qui permet de rétablir leur forme originale ou souhaitée.

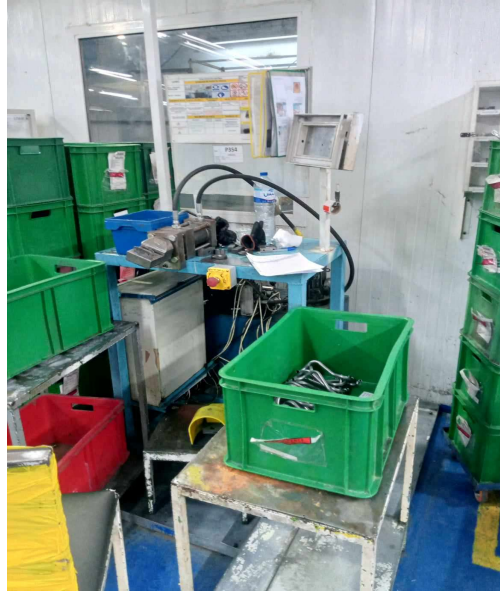


Figure II. 6: Poste de calibrage

I.8.5.e. Sertissage

Le sertissage est un procédé de fixation mécanique utilisé pour assembler deux pièces ou éléments distincts en les comprimant à l'aide d'une force appliquée sur une zone spécifique. Le résultat de cette opération est une liaison solide et permanente entre les deux éléments. Parmi plusieurs types de sertissage l'entreprise utilise le sertissage mécanique réalisé par une presse hydraulique.



Figure II. 7: Poste de sertissage

I.8.5.f. Pointage

Le pointage est une opération de fixation temporaire qui vise à assembler deux pièces en les positionnant de manière précise avant de réaliser une fixation plus permanente, comme la soudure ou le brasage. [4]

Dans le cadre de KARMEX, le pointage est une étape préalable avant le brasage en four. L'opérateur effectue des points de soudure légers pour maintenir les pièces dans la bonne position et s'assurer que les composantes ne bougent pas. Ces fixations assurent une stabilité essentielle pour le succès du processus de brasage ultérieur d'où la contribution ainsi à la qualité du produit final.

Au sein de l'entreprise l'atelier de pointage est composé de quatre postes, chacun étant équipé d'un gabarit spécialement conçu à cette opération et à chaque article. Ce gabarit garantit que les éléments à assembler sont maintenus avec précision en place ainsi que leur fixation au cours de pointage.



Figure II. 8: Poste de pointage

I.8.5.g. Perçage

Le perçage est un processus d'usinage qui consiste à créer des trous dans un matériau en utilisant une machine spéciale appelée perceuse.

Le perçage est une étape qui vise à préparer les tuyaux pour l'intégration ultérieure des valves, en créant des trous de diamètre légèrement inférieur à celui de valve de pour leur montage solide. De plus, La position exacte du trou est déterminée par la translation transversal et

longitudinal d'une plaque métallique sur laquelle est fixé un gabarit spécifique pour garantir une fixation de la pièce.



Figure II. 9: Poste de perçage

I.8.5.h. Presse valve

C'est une opération qui consiste à injecter une ou plusieurs valves dans le tube en utilisant de la pression fournie par une perceuse hydraulique spéciale.

Pour ce faire, la valve est fixée dans une partie de la perceuse appelée "porte valve", qui est également bien immobilisée. De l'autre côté, le tube est placé dans un gabarit qui peut se déplacer pour s'assurer que la valve soit positionnée exactement dans le trou préalablement percé dans le tube. Ensuite, en appliquant une force de pression contrôlée, la valve est insérée et solidement fixée dans le tube et prêt à être braser pour renforcer la jonction entre la valve et le tube et garantie l'étanchéité.



Figure I. 7: Poste presse valve

I.8.5.i. Brasage en four

Le brasage est un procédé de fixation de deux pièces métalliques en utilisant un matériau d'apport fondu qui se solidifie pour former une jointure solide entre les pièces.

À l'intérieur de l'entreprise, le processus de brasage est réalisé au sein d'un four spécifique qui permet de braser un ensemble de pièces. Chaque composant assemblé sur le tube, qu'il s'agisse de valves, de raccords ou d'autres éléments spécifiques, contient en son sein un anneau de cuivre. Ce métal d'apport, lors du brasage en four, se fond pour créer après refroidissement une jonction solide et étanche entre les différentes composantes.



Figure II. 10: Traces de brasage

Préalablement à l'opération de brasage, il y a une étape de chargement des pièces à braser dans le four. Ce chargement est soigneusement ordonné, en respectant des dimensions

spécifiques entre les pièces. Ces dimensions varient en fonction de chaque article. De plus, la vitesse de rotation du tapis du four est ajustée en fonction de l'article en cours de traitement.

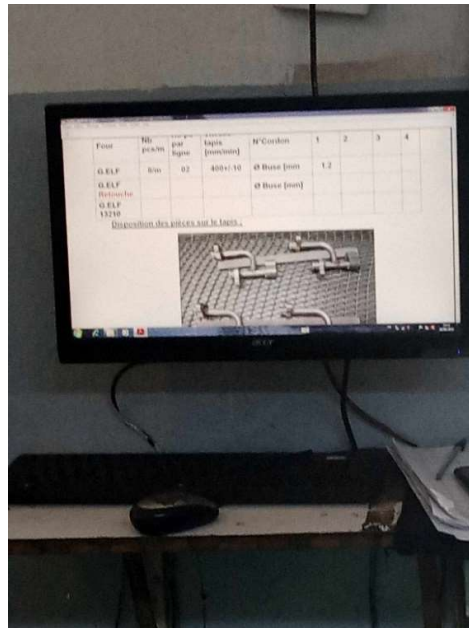


Figure II. 11: Réglage et organisation des articles

Dans l'entreprise il y a la présence d'un four de 20 mètres de longueur



Figure II. 12: Four de brasage

I.8.5.j. Redressage

Le redressage est un processus de correction visant à éliminer les déformations, courbures et les défauts qui peuvent être produites pendant les étapes de fabrication afin de ramener la pièce à sa forme originale ou à une forme désirée.

En fait, dans le contexte de KARMEX, Les opérations de pointage et de brasage en four peuvent engendrer des déformations mineures dans les pièces. Le redressage intervient alors comme une étape corrective pour corriger ces déformations et d'assurer la géométrie désirée de chaque pièce afin de garantir la plus haute qualité du produit final.



Figure II. 13: Poste de redressage

I.8.5.k. Etanchéité

L'étanchéité est la capacité d'un objet à empêcher toute substance, telle que des liquides ou des gaz, de pénétrer ou de s'échapper à travers ses surfaces ou ses joints. En d'autres termes, c'est la propriété qui assure qu'aucune fuite ne se produit.

L'étanchéité est importante pour éviter les fuites de liquides ou de gaz à travers les tuyaux ce qui pourrait entraîner une réduction de la performance du moteur ou d'autres problèmes mécaniques.

L'opération d'étanchéité est habituellement réalisée après l'opération de brasage ou de pointage. Son objectif est de vérifier s'il y a des fuites au niveau de l'anneau de cuivre brasé et de point de soudure.

Au sein de l'entreprise, il est à noter la présence de quatre postes d'étanchéité dédiés. Chaque poste est équipé d'une machine spécialisée, qui effectue l'injection d'air dans le tube tout en affichant instantanément le résultat de cette procédure, et un gabarit spécifique qui permet de maintenir le tube en position fixe pendant l'opération.



Figure II. 14 : Poste d'étanchéité

I.8.5.1 Control final

Le contrôle final est l'avant-dernière étape dans le processus de fabrication, qui a pour objectif de vérifier la qualité de tous les articles produits avant d'être emballées et expédiées.

Le contrôle final se base sur quatre points essentiels. Tout d'abord, la géométrie des pièces est examinée avec minutie pour s'assurer qu'elle correspond aux spécifications requises. Ensuite, l'évaluation de brasage pour garantir sa qualité et sa solidité. De plus, l'aspect visuel des pièces en assurant que chaque article est exempt de défauts apparents et qu'il répond aux critères requis. Enfin, les composantes internes ou attachées aux pièces sont vérifiées pour assurer leurs intégrations correctes et leurs conformités aux exigences.

Une fois les pièces vérifiées et approuvées lors du contrôle final, chaque lot de pièces reçoit une étiquette particulière. Cette étiquette confirme que les pièces sont conformes et prêtes à être emballées.

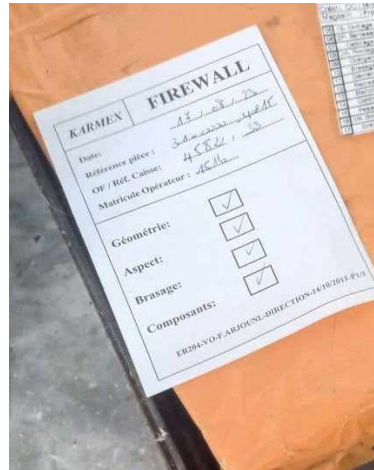


Figure II. 15: Etiquette Firewall

L'atelier de contrôle final, surnommé "Firewall" au sein de l'entreprise, est composé de quatre postes disposés en séquence.



Figure II. 16: Firewall

I.8.6. Pesage et emballage

Une fois que les pièces ont passé le contrôle final et sont jugées conformes, l'opérateur prend les lots des pièces et les place dans un pack en plastique spécifique, adapté au produit fini. La quantité de pièces dans chaque pack varie selon le type d'article.

Pour s'assurer du nombre exact de pièces dans chaque lot, l'opérateur compte ou pèse les pièces. Cela se fait à l'aide d'une balance qui indique combien de pièces se trouvent dans l'emballage.



Figure II. 17: Poste de pesage

Chaque lot d'un article est identifié par un bon de sortie qui montre la référence de l'article, la quantité de pièces, le poids du lot, ainsi que le nom du client et son adresse. Cela aide à garder une trace précise des lots et à garantir que les commandes sont correctement préparées et expédiées.



Figure II. 18: Bon de sortie du PF

Après l'étape d'emballage dans des packs, on procède ainsi à l'emballage en palette des packs qui contiennent le même type de pièces. Cependant, le nombre de packs sur chaque palette change également en fonction du type de pièce.



Figure II. 19: Emballage palette

I.8.7. Gestion de la production

I.8.7.a. Processus d'approvisionnement

- ❖ **Réception des commandes clients** : Les clients envoient leurs commandes pour différents articles sur un horizon de 10 semaines.
- ❖ **Calcul des Besoins Nets (CBN)** : Cette étape consiste à calculer la quantité de matières premières (MP) nécessaire pour exécuter la commande et anticiper son approvisionnement.
- ❖ **Établissement des commandes fournisseurs** : Une fois les besoins nets calculés, l'entreprise établit des commandes aux fournisseurs pour obtenir les matières premières nécessaires.
- ❖ **Réception commandes fournisseurs**
- ❖ **Saisi matière entrante** : Avant d'accepter la matière première, il est essentiel de s'assurer qu'elle est de bonne qualité. Une fois qu'elle a passé le contrôle de qualité et qu'elle est jugée conforme, elle est enregistrée lors de la création d'un bon d'entrée pour chaque lot de matière.

I.8.7.b. Processus de fabrication

Le processus de fabrication de KARMEX peut être résumé en plusieurs étapes clés :

- ❖ **Réception des commandes clients**
- ❖ **Établissement du Plan Directeur de Production (PDP)** : L'entreprise élabore un PDP en fonction des commandes reçues.

❖ **Calcul des Besoins Nets (CBN)**

- ❖ **Calcul des quantités objectives pour chaque semaine** : L'entreprise adopte une stratégie de production par nivellement, visant à maintenir sa production constante en raison de sa capacité de production. Cette étape calcule la quantité d'articles à produire chaque semaine en tenant compte des stocks de MP ou de produits finis (PF), des encours ou produits semi-finis (PSF), des retards, et des commandes futures. Ce calcul tient compte de la commande de la semaine en cours, du retard de la semaine précédente, et de la quantité à anticiper pour la semaine suivante en raison des contraintes de capacité.

Le CBN est une étape qui précède le calcul de la quantité objectif. L'entreprise prend en compte la quantité de matières premières (MP) nécessaire et prévoit un stock de sécurité substantiel qui sera ajouté pour atteindre la quantité objective. Ce stock de sécurité est déterminé en fonction de la capacité de production de l'entreprise.

- ❖ **Établissement d'un plan de charge (PC) hebdomadaire** : Le plan de charge permet de calculer la capacité et la charge de travail pour chaque poste de production afin de déterminer les postes susceptibles de connaître une surproduction. La charge représente la quantité objective de la semaine.
- ❖ **Création des étiquettes suiveuses (ES)** : Une fois la quantité objective répartie ou lissée en lots pour chaque article, des étiquettes suiveuses (ES) sont créées. Chaque lot porte une ES, qui représente un ordre de fabrication (OF) pour fabriquer ce lot. Les ES contiennent des informations sur le lot, l'article et les opérations à effectuer.

31-0000-5516 Créati. OC : 02-08-23 4579 / 79

Qté : 48 Pièces 1 Pièce 22-0000-2285

4579 - 79 31-0000-5516 12/39

28562 00107

Créati. OC : 02-08-23 Des. OC : OF 533 1 [ARMEX TRUCK]

Magasin : Produits finis Truck Qté : 48 Pièce

05	1S- Ontrage 12R25-6cintres	<input checked="" type="checkbox"/>
06	Calibrage D12	<input checked="" type="checkbox"/>
07	2P. Sertissage Nippel	<input checked="" type="checkbox"/>
08	3P. Pointage Semi	<input checked="" type="checkbox"/>
09	Chargement Four	<input type="checkbox"/>
10	Pose Pate	<input type="checkbox"/>
11	Brasage	<input type="checkbox"/>
12	Déchargement Four	<input type="checkbox"/>
13	Redressage	<input type="checkbox"/>
14	Etanchéité	<input type="checkbox"/>
15	Contrôle Finale FVV	<input type="checkbox"/>
16	Pesage	<input type="checkbox"/>
17	1R- Emballage Carton	<input type="checkbox"/>
18	Emballage Palette	<input type="checkbox"/>

Figure II. 20: Etiquette suiveuse

- ❖ **Édition des ES** : À cette étape, les quantités journalières objectives sont calculées en répartissant les ES de chaque lot en fonction de critères de priorité et de la capacité de production journalière.

- ❖ **Ordonnancement et lancement des ES** : C'est la dernière étape de la planification et de la gestion de la production. L'ordonnancement des ES est complexe pour un atelier de type job shop avec une grande variété de produits. l'ordonnancement est la façon d'ordonner les ES Il se fait en fonction de critères de priorité pour les articles ainsi que des contraintes de capacité, telles que l'absentéisme. Le lancement des ES équivaut à lancer les ordres de fabrication (OF).
- ❖ **Sortie de la matière première** : Une fois la fabrication lancée, des bons de sortie de matières premières (MP) sont créés et édités pour permettre le démarrage de la production.
- ❖ **Exécution et suivi** : La production est réalisée conformément aux ordres de fabrication, avec un suivi régulier pour garantir le respect des délais et des spécifications.
- ❖ **Entrée des produits finis** : Les produits finis sont stockés dans le magasin de produits finis (PF), où ils sont emballés et préparés pour l'expédition. Des bons de sortie de produits finis sont également créés pour documenter leur sortie.

Le cycle CELSE, qui comprend la création des étiquettes suiveuses (ES), leur édition et leur lancement, est géré à l'aide du système ERP de l'entreprise.

I.8.8. Gestion de la qualité

Pendant le processus de fabrication, chaque opération est complétée d'une phase d'auto-contrôle qualité, que ce soit un contrôle visuel ou un contrôle sur gabarit. De plus, à la fin de chaque processus, un contrôle final à 100 % de tous les produits est effectué. De même, la matière première subit un contrôle par échantillon. En cas de non-conformité de la matière première, l'équipe qualité effectue un tri, c'est-à-dire un contrôle à 100 % de la matière première consommée ou non. De plus, le fournisseur est tenu de couvrir les coûts de ce tri.

Le responsable qualité et son équipe s'efforcent de garantir une excellente qualité des produits en détectant tous les problèmes de non-conformité liés à la matière ou aux gabarits. Leur objectif est de maintenir un taux de ppm (pièces par million) toujours inférieur à 1 %

I. 9. Les conditions du stage

Mon stage s'est déroulé au sein du service de production dans le site de KARMEX TRUCK. Tout au long de cette période, j'ai été accompagné et guidé par mon maître de stage, Mr Abdelkafi Mohamed, qui occupe le poste de responsable d'activité de site TRUCK.

Les conditions de stage étaient excellentes, même si au début j'étais stressé et un peu intimidé. C'était en effet ma première expérience dans le monde professionnel et je ne savais pas trop à quoi m'attendre. Cependant, mes sentiments ont évolué au fil du temps pour devenir plus à l'aise. Cela a été grandement facilité par la gentillesse et la motivation des responsables ainsi que par leurs conseils concernant mes études et ma future carrière. Leur soutien m'a aidé à m'adapter rapidement.

Pendant mon stage, l'horaire était assez flexible, ce qui m'a permis d'adapter mes heures de travail en fonction de mes besoins. Mon encadrant a été très compréhensif à ce sujet.

En général, j'ai choisi de travailler de 8h00 à 15h00 du lundi au vendredi. Le samedi, l'entreprise fonctionne avec une seule séance de travail, et la plupart des responsables ne sont pas présents ce jour-là. Donc, j'ai ajusté mon horaire en conséquence.

J'ai bénéficié de conditions de travail extrêmement favorables et confortables pendant mon stage. L'entreprise m'a attribué un bureau climatisé spécialement pour mes travaux d'étude et la réalisation de mon projet.

I. 10. Missions et taches effectuées

En réalité, au cours de mon stage, je n'ai pas effectué les tâches d'un ouvrier, car celles-ci nécessitent une formation et de l'expérience spécifiques. Cependant, mon maître de stage m'a donné l'opportunité de participer activement à la vie de l'entreprise en tant que nouveau stagiaire. De plus, il m'a confié un projet en lien avec mon domaine d'études et mes compétences. Ce projet a pour objectif de calculer la cadence des postes de travail au sein de l'entreprise.

Initialement, j'ai commencé ce calcul en utilisant le plan de charge hebdomadaire fourni par mon encadrant, une méthode théorique. Cependant, par la suite, mon encadrant m'a proposé d'adopter une méthode pratique et réelle, celle du chronométrage, qui consiste à mesurer le temps nécessaire pour chaque opération réalisée par les postes de travail. Cette approche permet d'obtenir des résultats plus précis et fiables.

Le déroulement de ce projet, ainsi que les résultats obtenus, sont détaillés dans le chapitre suivant de mon rapport de stage

Conclusion

Ce stage m'a offert la chance de comprendre le processus de production réelle, d'observer de près le fonctionnement des machines, et de visiter les différents ateliers. J'ai aperçu l'organisation complexe de la production, ainsi que les interactions entre les différents postes de travail.

L'une des choses les plus marquantes de cette expérience a été de constater à quel point la réalité de l'industrie diffère des représentations simplifiées que j'ai rencontré dans le cadre de mes études d'ingénieur. En classe, les entreprises, les machines, les stocks et les produits sont symbolisés par des schémas abstraits. Cependant, au sein de KARMEX, j'ai pu voir comment tout cela prend forme dans le monde réel. Les flux de matière et d'outillage, par exemple, ne sont pas simplement des flèches sur un tableau, mais des opérations concrètes et coordonnées.

Cette immersion dans le monde professionnel m'a non seulement enrichi sur le plan académique, mais m'a également permis de développer une vision plus réaliste.

Chapitre III : Etude de cas :

Calcul de la cadence par chronométrage

Introduction

Le contenu de ce chapitre se concentre sur la collecte de données, spécifiquement les cadences de travail au sein des postes qui participent à la fabrication d'un article sélectionné. L'objectif de ce projet est la vérification des informations ou des cadences enregistrées dans l'entreprise par rapport à mes propres résultats.

Dans les prochaines pages, nous allons découvrir comment déterminer ces cadences en utilisant une technique appelée "chronométrage par échantillonnage" en détaillant la méthodologie de cette technique et en expliquant les étapes nécessaires pour calculer précisément les cadences. En outre, nous allons présenter les résultats que nous avons obtenus à travers cette démarche. Nous partagerons également l'avis de l'entreprise concernant ces résultats et les décisions qu'elle a prises à la suite de notre analyse.

I. 11. Etude bibliographique

I.11.1. Définition de la cadence

La cadence est le nombre de pièces ou d'articles qu'une personne, une machine ou une équipe peut produire en une certaine période de temps, généralement en une heure. Cela indique à quelle vitesse le produit est fabriqué

I.11.2. Définition du temps de cycle

Le temps de cycle, ou Cycle Time, représente la durée nécessaire pour accomplir une même opération à plusieurs reprises. Il est habituellement mesuré depuis le début du traitement d'un produit sur une machine ou lors d'une tâche particulière jusqu'au commencement du traitement suivant pour un produit similaire, effectué sur la même machine ou dans le même processus.[5]

I.11.3. Pourquoi en calcul la cadence



Figure III. 1: Utilité de cadence

I. 12. Les étapes du projet

Il est essentiel de comprendre que la cadence des postes de travail est mesurée en nombre de pièces par heure. Cela nous permet ensuite de comparer nos résultats avec ceux de l'entreprise. Notre méthode consiste à trouver le temps requis pour fabriquer une seule pièce dans un poste, en utilisant le chronométrage. Ensuite, nous pouvons calculer la cadence en termes d'unités par heure.

Voici les étapes nécessaires pour déterminer les vitesses de production en unité demandée :

I.12.1. Choix de l'article

Il convient de rappeler que KARMEX TRUCK génère plus de 250 produits finis. Donc il serait irréalisable de calculer la cadence de chaque poste de travail pour l'ensemble de cette gamme variée. C'est la raison pour laquelle notre projet a été circonscrit à un seul produit.

Ce choix n'a pas été fait au hasard il est porté sur un produit qui présente une forte demande en termes de charge de travail ou de quantité. Ce produit spécifique est en effet sollicité par les trois clients majeurs de KARMEX TRUCK.

L'évaluation des quantités requises pour les différents articles repose sur les informations fournies par le Plan Directeur de Production (PDP) établi par l'entreprise. Cette source a guidé notre démarche en fournissant des indications précieuses sur les besoins réels du marché.

Suite à l'analyse de la quantité totale des différents produits finis, nous avons identifié notre produit cible : l'article portant la référence 31-0000-5516.



Figure III. 2: L'article 31-0000-5516

I.12.2. Gamme opératoire de l'article 5516

L'article 31-0000-5516 traverse les étapes de production suivantes tout au long de son processus de fabrication :

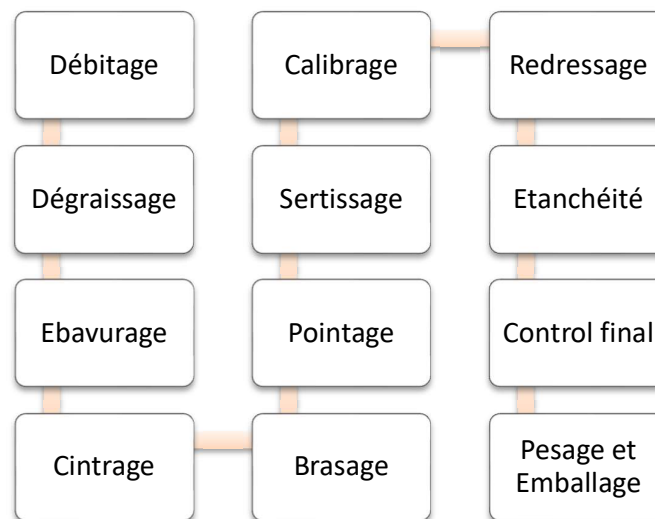


Figure III. 3: Gamme opératoire de 31-0000-5516

I.12.3. Identification des postes qui réalisent chaque opération

Les opérations de débitage, ébavurage et dégraissage sont effectuées au site découpe alors que les autres opérations sont réalisées au site TRUCK. J'ai effectué des mesures de temps des opérations suivantes :

- Cintrage effectué au poste 282.
- Pointage réalisé au poste 235.
- Redressage opéré au poste 269.
- Étanchéité effectuée au poste 136.
- Calibrage effectuée au poste 352.

Il est essentiel de noter que la sélection de l'article et des postes qui y sont associés est une étape très importance. En effet, la cadence peut différer d'un article à un autre, et même d'un poste à un autre pour une même opération. Cela est particulièrement vrai pour les opérations manuelles telles que le redressage, le pointage et le calibrage, qui sont liées à la performance de l'opérateur.

I.12.4. Application de la méthode du chronométrage par échantillonnage

I.12.4.a. Définition

Le chronométrage par échantillonnage est une méthode d'estimation du temps de cycle d'une pièce suite à un nombre d'essais, définie et calculé, qu'il faut le dépasser. Le temps de cycle sera donc la moyenne des temps des essais effectués puisque la moyenne est un bon estimateur. Cette méthode donne des résultats fiables et crédibles.

I.12.4.b. Matériel du chronométrage

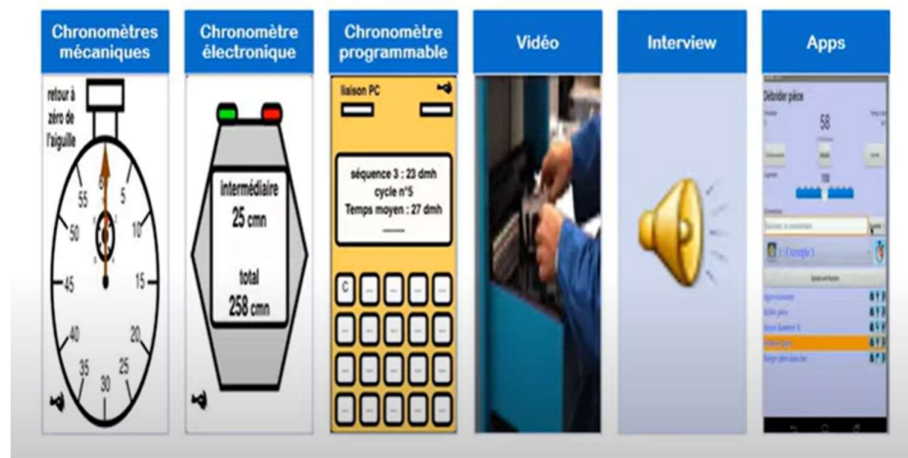


Figure III. 4: Matériels du chronométrage

Parmi les méthodes de chronométrage disponibles, la vidéo est la plus adaptée. Cela s'explique par le fait qu'elle offre de nombreuses informations pendant l'opération. Elle permet de visualiser les différentes étapes de l'opération, de repérer les moments où du temps est gaspillé et de détecter les imprévus qui peuvent survenir. De plus, la vidéo simplifie l'identification des temps correspondant à chaque tâche, ce qui rend la mesure du temps plus précise.

I.12.4.c. Méthodologie du chronométrage

➤ **Expliquer aux opérateurs l'objectif et les conditions :**

pour réussir le chronométrage et avoir un temps standard fiable il faut :

- Instaurer un climat de confiance pour l'opérateur et laisser lui a l'aise
 - Choisir des personnes qualifiées
 - Préparer l'opérateur au chronométrage
 - Ne pas se cacher pour chronométrer
 - Se positionner bien pour identifier les évènements et les séquences des taches
- **Identifier les séquences :** il faut décomposer les taches en des séquences et éviter les vides ou les chevauchements entre elles c'est-à-dire que le temps de fin est égal au temps début de la suivante. Le but d'identification des séquences et de déterminer l'intervalle du chronométrage et par suite le temps de cycle en tenant compte les chevauchements et les vides et avoir après un calcul de cadence correcte.

Voici ci-dessous un tableau qui décrit l'opération et leurs séquences ainsi que l'identification du temps de cycle :

Tableau III. 1: Identification du temps de cycle

opérations	Description de la tache	Identification du temps a chronométrer (temps de cycle)
Cintrage	<ul style="list-style-type: none"> • Prendre l'article numéro i. • Enlever l'article numéro i-1 de la cintrreuse. • Mettre l'article numéro i dans la machine et activer la machine • Vérifier la qualité de l'article numéro i-1. • Prendre l'article numéro i+1. • Retirer l'article numéro i de la machine. • Mettre l'article numéro i+1 dans la cintrreuse. • Vérifier la qualité de l'article numéro i. 	Le cycle comprend le chargement de la pièce, le cintrage dans la machine, le déchargement et le contrôle sur gabarit. Le temps de cycle est la somme des temps de ces séquences. Cependant, en réalité, en raison du chevauchement, le temps de cycle est réduit. Le temps de déchargement et de contrôle sur gabarit d'une pièce sont masqués par le temps de la machine pour cintrer la pièce suivante. Par conséquent, <u>pour calculer la cadence, il faut mesurer le temps qui commence lorsque la machine démarre jusqu'à ce qu'elle redémarre pour cintrer une autre pièce.</u>
	<ul style="list-style-type: none"> • prendre l'article numéro i. • Examiner visuellement l'article n° i pour vérifier sa 	De même, pour l'opération d'étanchéité, <u>le temps de cycle est chronométré depuis l'activation de la machine jusqu'à sa</u>

Etanchéité	<p>qualité.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Insérer l'article i dans un gabarit spécifique. • enlever l'article n° i-1 dans la machine. • Mettre l'article numéro i dans la machine. • Utiliser un poinçon sur l'article i-1 et le placer dans le lot. • prendre l'article i+1, vérifier sa qualité et le mettre dans le gabarit. • Retirer l'article i et remettre l'article i-1 dans la machine. 	<p><u>désactivation, ainsi que le temps nécessaire pour charger une autre pièce dans la machine et la réactiver.</u> Cela permet de compléter le cycle et d'éviter tout vide entre les deux opérations afin de revenir au même point de départ. Le temps nécessaire pour prendre une pièce dans le lot, la contrôler, la poinçonner et la remettre dans le lot final est masqué, car pendant la réalisation de ces tâches, une autre pièce est déjà en train d'être traitée dans la machine.</p> <p>Le temps machine correspond au moment où la pièce est à la disposition de la machine, et ce temps varie en fonction du temps des opérations masquées, en particulier le temps de contrôle visuel, puisque la durée d'activation de la machine est inférieure au temps nécessaire pour effectuer les séquences masquées</p>
Calibrage	<ul style="list-style-type: none"> • Prise du tube cintré. • Calibrage par la presse. • Contrôle du diamètre calibré. • Placement dans le lot aval. 	<p>Pour ces opérations qui sont totalement manuelle et qui dépend de l'opérateur. les séquences principales sont le chargement, le traitement, le control et le déchargement de la pièce. ses séquences sont successives et cohérentes.</p>
Pointage	<ul style="list-style-type: none"> • Prise des composants à assembler. • Mise dans le gabarit et soudage. • Vérification et nettoyage des points de soudure. • Placement de la pièce finale dans le lot. 	<p><u>Le temps de cycle correspond donc à la somme des temps nécessaires pour chaque étape de la séquence. il représente le temps total nécessaire pour fabriquer une pièce, de la prise en charge initiale jusqu'à ce qu'elle soit prête à être ajoutée au lot final. Il inclut également le temps nécessaire pour que l'opérateur prenne la pièce suivante du même lot.</u></p>

Redressage	<ul style="list-style-type: none"> • Prise de la pièce à redresser. • Correction des défauts de la pièce. • Mise sur le gabarit et vérification de la conformité. • Placement de la pièce dans le lot. 	Pour ces opérations le temps a mesuré est celui qui commence par la prise d'une pièce dans le lot jusqu'à la reprise une autre pièce dans le même lot.
------------	--	--

- **Effectuer un galop d'essai** : ce sont des essais préliminaires qui ont pour objectif de tester le processus et permette après le calcul du nombre d'essais
- **Calculer le nombre minimum d'échantillons** (à un niveau de confiance de 95%)

Ce calcul justifie le terme "chronométrage par échantillonnage". L'objectif est de déterminer combien d'essais sont nécessaires pour obtenir des résultats fiables avec une marge d'erreur prédéfinie (dans ce cas, 5 %). Le nombre minimal d'échantillons N est déterminé par cette règle :

$$N = (40 \times \sigma / m)^2 \quad \text{avec} \quad \left\{ \begin{array}{l} \sigma : \text{c'est l'écart-type des temps mesurés à partir du} \\ \text{Galop d'essai.} \\ m : \text{c'est la moyenne des temps mesurés à partir du} \\ \text{Galop d'essai. [6]} \end{array} \right.$$

Voici les résultats du galop d'essai ainsi que le nombre d'échantillons à effectuer :

Tableau III. 2: Résultats de Galop d'essai

N° d'essais	Temps de cycle (sec)				
	Cintrage	Calibrage	Pointage	Redressage	Étanchéité
1	21	8,3	30,9	26,8	24,2
2	20,6	10,9	41,2	16,2	22,3
3	20,3	10,8	40,6	17,1	24,5
4	20,7	13	43	16,7	24,7
5	20,9	11,2	43,9	36,5	26,7
6	21,4	9	41,8	32,8	21,8
m	20,81	10,53	40,23	24,35	24,03

σ	0,37	1,67	4,72	8,97	1,77
N	1	41	22	217	9

- **Effectuer un chronométrage au moins de N essais pour chaque poste de travail**
Ces essais doivent être effectués dans des conditions idéales, c'est-à-dire sans aléas et sans perturbations telles que des pièces défectueuses, des arrêts de l'opérateur ou de la machine, ou des pauses pour le nettoyage. En faisant cela, on s'assure d'obtenir un temps de production maximal et représentatif de la performance optimale du poste de travail.
- **Enregistrer les résultats du chronométrage**

Tableau III. 3: Résultats de chronométrage

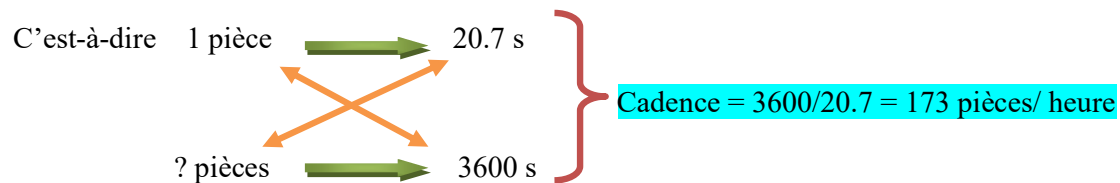
	Temps de cycle (sec)					
N° d'essais	Cintrage	Calibrage	pointage	Redressage		Étanchéité
				OP1	OP2	
1	21	8,3	30,9	26,8	18,5	24,2
2	20,6	10,9	39,2	16,2	21,8	22,3
3	20,3	10,8	40,6	17,1	53,9	24,5
4	20,7	13	43	16,7	18,8	24,7
5	20,9	11,2	43,9	36,5	27,6	26,7
6	21,4	9	41,8	32,8	21,8	23,9
7	20,8	9,5	41,5	18,9	19,9	21,8
8	20,9	12,3	35,8	33,8	39	22,1
9	20,6	7,7	43,1	16,3	16,5	22,6
10	20,7	7,8	49,7	16,8	21,3	24
11	20,7	8,9	38,9	15,9	23,4	21,8
12	20,5	7,6	35	24,6	33,5	21,7
13	20,7	8,9	31,7	28,5	29,4	23,4
14	20,6	7,5	34	22,1	63,6	21,4
15	20,6	8,8	34,4	25,4	54	26,1

16	20,7	14,6	35,8	46,8	26,5	20,7
17	21,2	9,5	33,5	17,9	29,8	23,2
18	20,5	9,7	42,1	30,5	34,4	25,8
19	20,6	9,6	31,3	22,9	34,9	25,3
20	21	9,8	32,8	16,2	18,1	28,1
21	21,2	10,3	44,4	24,5	26,5	29
22	20,8	9	35,6	24,4	24,6	21,6
23	20,7	9,7	33,1	21,7	29	25,8
24	20,7	8,5	33,9	17,8	39,3	22,6
25		13,9	48,9	22,1	28,3	29,9
26		10,2	46,6	27,4	25,9	22,1
27		9,2	53	27,4	24,4	21,7
28		9,2	32,7	35,8	50,4	19,3
29		10,6		15,5	22,8	20,2
30		9		33,2		21,3
31		9,5		14,1		23
32		9,8		29		25,1
33		9,9				21,5
34		9				21,5
35		16,3				20,8
36		9,8				26,9
37		9,8				22,8
38		11,9				25
39		10,6				23
40		10,1				

41		10,8				
42		11				
43		10,2				
moyenne	20.76	10.34	38.82	24.23	30.27	23.55
Ecart type	0.25	2.49	6.14	7.78	11.97	2.43

I.12.5. Calcul de la cadence

Pour le cintrage on a le temps de cycle est 20.7 seconde



De même on peut calculer la cadence pour toutes les autres opérations.

Voici les résultats des cadences calculées et celle propre à l'entreprise qui sont regroupées dans le tableau ci-dessous

Tableau III. 4: Résultats des cadences

Opération		Temps de cycle (sec)	Cadence calculée (p/h)		Cadence de l'entreprise (p/h)	Temps de cycle(sec)
Cintrage		20.76	173		190	19
Calibrage		10.34	348		350	10.28
pointage		38.82	93		100	36
Redressage	OP1	24.23	149	134	40	90
	OP2	30.27	119			
Étanchéité		23.55	153		160	22.5

I.12.6. Informations extraites à partir de chronométrage par vidéo

La technique de chronométrage par vidéo ne se limite pas de mesurer le temps de fabrication, elle offre aussi la possibilité d'extraire des informations importantes sur chaque opération. Cela comprend la stabilité de l'opération, le nombre de pièces rebutées, les temps d'arrêt, la quantité réellement produite, les temps de changement de série, et bien d'autres encore.

La stabilité de l'opération est évaluée à l'aide d'un terme appelé "fluctuation", qui représente le rapport entre l'écart-type et la moyenne des mesures de temps prises lors du chronométrage. La fluctuation est très importante, car elle nous permet d'analyser la stabilité du processus. Si la fluctuation est élevée, cela peut indiquer une instabilité dans le processus de production, ce qui nécessite une intervention pour l'améliorer.

Lorsque le % fluctuation dépasse 15% alors l'opération n'est pas stable.

Les informations extraites pour chaque opération sont résumées dans ce tableau ci-dessous.

Tableau III. 5: Informations extraites lors de chronométrage

		Rebut (pièces)	Temps Changement Lot (sec)	Temps Nettoyages (sec)	Qt réel Fabriqué (pièce/heure)	% aléas (qt fab/cadence)	%Fluctuation (σ / m)
cintrage		0	90	0	159	8.069	1.21
Calibrage		0	130	0	290	16.66	24.09
pointage		0	112	68	86	7.55	15.82
redressage	OP1	0	80	0	133	10.73	32.11
	OP2	0	65	0	113	5.04	39.55
étanchéité		4	120	0	137	11.56	10.33

I.12.7. Analyse des résultats

- La variation entre les deux résultats obtenus s'explique par le fait que la cadence de 190 pièces par heure est calculée en fonction du temps nécessaire pour fabriquer une pièce, y

compris le temps de la machine qui reste constant à 19 secondes. Cependant, il est important de noter que ce temps ne représente pas le temps cyclique complet, car il y a un intervalle pendant lequel l'opérateur retire la pièce cintrée de la machine, en place une nouvelle pièce, puis active à nouveau la machine. Ce temps d'intervalle est évalué à 1,6 seconde. Dans la méthodologie de chronométrage, il est important d'éviter les temps vides et les chevauchements entre les différentes séquences d'opérations. Cela garantit une mesure précise et une meilleure évaluation des performances de la production.

- Les autres résultats, tels que l'étanchéité, le pointage et le calibrage, sont acceptés malgré les écarts minimes entre mes cadences et celles de l'entreprise. Cela est dû au fait que ces opérations sont manuelles et dépendent de la vitesse propre à chaque opérateur. De plus ces opérations ne sont pas stables en terme du temps. D'après mon encadreur ces écarts sont tolérés et acceptables.
- Au contraire, les résultats obtenus pour la poste de redressage présentent des écarts significatifs. C'est vrai que le redressage est une tâche manuelle, qui dépend en grande partie de la compétence de l'opérateur ainsi que des défauts présents dans les pièces mais cet écart important n'est pas acceptable.
- La différence entre les résultats de cadence obtenus et ceux de l'entreprise est due à la présence d'un coefficient de correction appliqué au temps chronométré. En réalité, le temps moyen obtenu par la méthode du chronométrage est appelé le "temps observé". Ce temps doit être corrigé pour obtenir un "temps standard" parfait, qui est ensuite utilisé pour calculer la cadence et déterminer une vitesse de production maximale. Pour calculer ce temps standard, il faut multiplier le temps observé par un coefficient de correction déterminé en fonction de plusieurs critères. Ces critères incluent la fatigue de l'opérateur, le taux de performance, l'expérience du chronométreur, ainsi que le fait que l'opérateur, lorsqu'il est chronométré, tend à travailler à un rythme supérieur à sa valeur normale.

I. 13. Difficultés du projet

Dans ce projet, j'ai rencontré plusieurs difficultés et j'ai commis des erreurs lors de la détermination du temps de cycle d'une poste de travail. Tout d'abord, lors du chronométrage, j'ai mesuré le temps nécessaire pour fabriquer une pièce, de la prise du lot amont jusqu'à la mise dans le lot aval, sans tenir compte du temps nécessaire pour prendre la pièce suivante et ainsi compléter le cycle.

De plus, j'ai rencontré des problèmes liés à la précision de la mesure du temps à partir des vidéos, car les opérations étaient très rapides et une petite variation de quelques secondes pouvait influencer la valeur de la cadence, en particulier pour l'opération de calibrage où une différence de 0,7 seconde a conduit à traiter 40 pièces par heure.

En outre, j'ai eu des doutes sur le fait de prendre en compte le temps de changement de lot dans le calcul de la cadence ou de l'inclure dans le temps de rendement synthétique (TRS).

Cependant, le temps de changement de lot représente en réalité une pause pour l'opérateur, ce qui a un impact sur la productivité.

Conclusion

La cadence est un élément indispensable dans la gestion de la production. Dans le cadre de mes études en gestion de production, on m'a toujours fourni des données de cadence, ce qui simplifie les calculs et la planification ultérieure. Cependant, au cours de mon projet chez KARMEX, j'ai découvert à quel point il peut être difficile d'obtenir des valeurs de cadence fiables, ainsi que l'importance d'avoir des valeurs standardisées pour réussir la planification.

Dans l'environnement de KARMEX, les opérations se déroulent souvent sur de courtes périodes, et même de petites variations de quelques secondes peuvent avoir un impact sur ces valeurs de cadence. Par conséquent, j'ai réalisé à quel point il est essentiel de maintenir un suivi précis des cadences et de les mettre à jour régulièrement. Cela garantit que, dans un rôle de responsable de production, je prendrais en compte l'importance des données de cadence dans la gestion quotidienne des opérations, contribuant ainsi à une planification et une exécution plus efficace.

Conclusion générale

En conclusion, mon expérience de stage au sein de l'entreprise KARMEX a été très enrichissante et formatrice. J'ai eu la chance de plonger au cœur d'un environnement industriel complexe.

Au fil de mon stage, j'ai non seulement appris les différentes étapes du processus de fabrication, mais eu aussi l'opportunité d'approfondir mes connaissances au niveau de planification de la production, de gestion de la chaîne logistique et d'analyse des performances. De plus, mon stage a été une expérience d'apprentissage. J'ai acquis une vision plus approfondie du fonctionnement d'une entreprise de fabrication, de ses processus de production et de sa gestion de la qualité.

La mise en œuvre du calcul de cadences m'a permis de développer des compétences en analyse de données, en méthodologie de mesure et en prise de décisions basées sur des preuves.

Ce stage me conforte dans mon choix de carrière professionnelle il confirme mon souhait de me spécialiser dans la gestion de production ou la gestion de la chaîne d'approvisionnement en général. C'était un pas très important pour bien apprendre les bases de la gestion et je souhaite dans les stages prochains de plus développer mes connaissances et être capable à gérer des grands cas.

Références bibliographiques

[1] : *Salon virtuel de l'industrie tunisienne*. Tunisie industrie<<http://www.tunisieindustrie.nat.tn/fr/salon.asp?action=mask&ident=359> > [consulté le 08 Aout 2023].

[2] : LAROUSSE.
<<https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/cintrage/16104#:~:text=1.,d'un%20cintre%20de%20vo%C3%BBte>> [consulté le 16 Aout 2023].

[3] : *Dictionnaire*. la langue française
<<https://www.lalanguefrancaise.com/dictionnaire/definition/formage>> [consulté le 10 Aout 2023].

[4] : *l'opération de pointage ou de d'agrafage par soudage*.Soudure.com,
<<https://www.soudeurs.com/site/l-operation-de-pointage-ou-d-agrafage-par-soudage-442/>> [consulté le 04 Aout 2023].

[5]: *Comprendre le lead time, takt time et cycle time*. Picomto.
<<https://www.picomto.com/comprendre-le-lead-time-takt-time-et-cycle-time/#:~:text=Il%20correspond%20au%20rythme%20n%C3%A9cessaire,fonction%20des%20demandes%20du%20client>> [consulté le 01 Aout 2023].

[6] : *Gestion et organisation de la production*. IUT en ligne,
<[45](https://public.iutenligne.net/gestion-et-organisation-de-la-production/coniel/mesure_temps/23_chronoanalyse/23_chrono_analyse.html?t13=)

