



Département de Génie Industriel

Mémoire de Projet de fin d'études

Préparé par

SAIKOUK Ahlam

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat

Spécialité : Ingénierie en Mécatronique

Intitulé

**Sujet du PFE : Développement et conception
d'une machine pour l'inspection d'un produit
industriel.**

Lieu : TE Connectivity

Réf : 10 / IMT 22



Soutenu le 19 Juillet 2022 devant le jury :

- Pr KABBAJ Hassane(Encadrant FST)
- Mr BENOMAR Mehdi(Encadrant Société)
- Pr RJEB Mohammed (Examineur)
- Pr BINELOUDANE Hassan(Examineur)

Remerciements

Il me tient à cœur, à travers ce rapport, de remercier toutes les personnes sans lesquelles ce modeste travail ne serait pas ce qu'il est.

Mes remerciements vont tout particulièrement à mon tuteur au sein de l'entreprise **Monsieur Youssef BIROUK**, superviseur Process- méthode, pour ses directives pertinentes, son esprit d'analyse et ses recommandations.

Je suis reconnaissante envers **Monsieur Mehdi BENOMAR** ingénieur Process-méthode, pour sa bienveillance, sa contribution, le partage de son savoir-faire et pour sa disponibilité à chaque instant.

Je tenais à remercier vivement mon encadrant **Monsieur KABBAJ Hassane**, pour ses conseils, sa collaboration et son encouragement.

Je témoigne également d'une grande gratitude envers l'ensemble des professeurs et des cadres administratifs du département Génie Industriel, qui ont contribué dans une large mesure à ma formation au sein de la faculté des sciences et techniques Fès. Plus particulièrement, à **Madame TAJRI Ikram**, vous avez marqué à jamais mon parcours académique.

Enfin, je ne manquerai pas d'exprimer mes considérations distinguées à toute l'équipe ADV Mr **Mehdi BENOMAR**, **Mme Ilham HAMMOUD**, Mr **El houssine TSOULI**, Mr **Mohamed Yassine EL GODDOURI** pour leur amabilité, leur sens de partage et de générosité.

Résumé

TE Connectivity mettra en place une nouvelle ligne manuelle de production d'un nouveau produit, l'objectif de cette ligne est la production d'un type de câbles précis selon des spécifications du Client TESLA.

Le processus de production manuel de ce type de câbles nécessite de nombreuses machines de différentes fonctions.

En tenant compte de ces facteurs mon projet de fin d'études se compose de deux parties principales, l'une est liée à l'analyse des spécifications du produit et à la modélisation du processus de production de la nouvelle ligne (MANUAL LINE MATE-AX 90°), et l'autre est liée au développement d'une machine pour l'inspection des câbles Produits sur cette ligne.

Mots clés :

Production, Développement, Modélisation, inspection, Catia V5, Blender.

Abstract

TE Connectivity will implement a new manual production line for a new product. The purpose of this line is to produce a specific type of cable according to the specifications of the TESLA customer.

The manual production process for this type of cable requires many machines with different functions.

Taking these factors into account, my final year project consists of two main parts, one is related to the analysis of the product specifications and the modeling of the production process of the new line (MATE-AX 90° MANUAL LINE), and the other is related to the development of a machine for the inspection of the cables produced on this line.

Keys words:

Production, Development, Modeling, inspection, Catia V5, Blender.

Liste des abréviations

TE : Tyco Electronics

TAC : Tanger Automotive City

HMI : Humain machine interface

SPEC: Spécification

DMAIC: Define, Measure, Analyse, Improve, Control

BLEND : Blender

MATE-AX : **M**iniaturized **A**utomotive **T**Erminal for **coAX**

Table des matières

Remerciements	II
Resume	III
Abstract.....	IV
Liste des abréviations	V
Liste des figures	VIII
Liste des tableaux	VIII
Introduction generale	1
Chapitre 1 : Presentation du perimetre du projet	2
INTRODUCTION	3
1.1 PRESENTATION DE TE CONNECTIVITY	3
1.2 DOMAINES D'ACTIVITES DE TE CONNECTIVITY	3
1.3 FICHE SIGNALETIQUE DE L'ENTREPRISE.....	4
1.4 STRUCTURE ORGANISATIONNELLE.....	4
1.4.1. Organigramme.....	5
1.4.2. Organisation du travail	6
1.4.3. Processus de production à te tanger	7
1.4.4. Clients du te connectivity	8
CONCLUSION.....	9
Chapitre 2 : Description du travail demande	10
INTRODUCTION	11
2.1. METHODOLOGIE DE TRAVAIL	11
2.1.1. Démarche dmaic.....	11
2.1.2. Charte du projet.....	12
2.1.3. Diagramme gantt	12
2.2. DEFINITION DU PRODUIT.....	14
2.2.1. Câble mate-ax 90°	14
2.2.2. Composants du câble.....	14
2.2.3. Processus de production du câble.....	15
2.3. MODELISATION DU FLUX DE LA NOUVELLE LIGNE MANUELLE MATE-AX 90°	16
2.3.1. Conception 3d de la ligne.....	16
2.3.2. Modélisation par le logiciel blender.....	17
2.3.2.1. Définition du blender.....	17
2.3.2.2. Assemblage de la ligne sur blender	17
CONCLUSION.....	21
Chapitre 3 : Développement d'une machine d'une ligne de production.....	22
INTRODUCTION	23
3.1. FONCTION PRINCIPALE DE LA MACHINE	23
3.1.1. La mesure à vérifier	24
3.2 PARTIE AUTOMATISATION.....	26
3.2.1. Composants de la machine	Erreur ! Signet non défini.
3.2.2. Programmation d'automate.....	28
3.2.2.1. Automate click.....	28
3.2.2.2. Click programming.....	28
3.2.3. Programmation d'interface ihm	29
3.2.3.1. Ihm weintek	29

3.2.3.2. Environnement de programmation d'ihm.....	29
3.3 CONCEPTION 3D DE LA MACHINE	30
3.4 CONTACT DES FOURNISSEURS	31
CONCLUSION.....	32
Conclusion generale	33
Webographie	34
Annexes	35

Liste des figures

FIGURE 1: ORGANIGRAMME DE L'ENTREPRISE.....	5
FIGURE 2: CHAINE DE PRODUCTION DU SEGMENT CABLAGE.....	7
FIGURE 3: CLIENTS DE TE CONNECTIVITY.	8
FIGURE 4: DEMARCHE DMAIC POUR L'ETUDE DU PROJET.....	11
FIGURE 5: GANTT PROJECT.....	13
FIGURE 6: CABLE MATE-AX 90°.....	14
FIGURE 7: LES DIFFERENTS ELEMENTS DU CABLE MATE-AX 90°.....	14
FIGURE 8: PROCESSUS DU PRODUCTION DU CABLE.....	15
FIGURE 9: INTERFACE DU LOGICIEL BLENDER.....	17
FIGURE 10: MODELISATION DE LA PREMIERE PARTIE DE LA LIGNE MANUELLE MATE-AX 90°.....	18
FIGURE 11: MODELISATION DE LA DEUXIEME PARTIE DE LA LIGNE MANUELLE MATE-AX 90°.....	19
FIGURE 12: LES 3D DE LA NOUVELLE LIGNE A IMPLEMENTER.....	20
FIGURE 13: COUPE DU CABLE MATE-AX 90°.....	23
FIGURE 14: LA VALEUR A VERIFIER PAR LA MACHINE.....	24
FIGURE 15: SERTISSAGE D'INTERFACE SIDE.....	24
FIGURE 16: ACCOUPLEMENT DES DEUX AXES CENTRAUX.....	25
FIGURE 17: PALPEUR GT2-S5.....	25
FIGURE 18: GRAFCET NIVEAU 1 DU FONCTIONNEMENT DE LA MACHINE.....	26
FIGURE 19: AUTOMATE CLICK.....	28
FIGURE 20: INTERFACE DU LOGICIEL CLICK PROGRAMMING.....	28
FIGURE 21: IHM WEINTEK cMT3072XH.....	29
FIGURE 22: 3D DE LA MACHINE.....	30
FIGURE 23: 3D DU MECANISME MOBILE DE LA MACHINE.....	30
FIGURE 24: PAGE DE GARDE DU DOCUMENT MACHINE SPEC.....	31

Liste des tableaux

TABLEAU 1: FICHE SIGNALÉTIQUE DE TE CONNECTIVITY.....	4
TABLEAU 2: CHARTE DU PROJET.....	12
TABLEAU 3: LISTE DES PRINCIPAUX COMPOSANTS A UTILISER.....	27

Introduction générale

Tesla, l'un des constructeurs de véhicules électriques, utilise des caméras à 5 mégapixels pour son système de conduite semi-autonome.

Pour connecter ces caméras il faut utiliser des câbles avec des spécifications précises.

Sur la base des considérations ci-dessus, TE Connectivity a pour objectif d'implémenter une nouvelle ligne de production manuelle pour produire ce type de câble en respectant les spécifications du produit.

C'est dans ce contexte que s'inscrit mon projet de fin d'études au sein de TE Connectivity.

Le projet porte sur deux volets principaux : Le premier concerne l'analyse des spécifications du produit ainsi que la modélisation du processus de production de la nouvelle ligne (**MANUAL LINE MATE-AX 90°**) et le deuxième concerne le développement d'une machine pour l'inspection du câble à produire par cette ligne.

Le travail a été subdivisé principalement en trois chapitres :

- Le premier (**Présentation du périmètre du projet**) pour présenter l'organisme d'accueil, TE Connectivity, son activité son organigramme et ces principaux clients
- Le deuxième (**description du travail demandé**) pour cadrer le projet et définir clairement le produit (le câble) Ses composants et le processus de sa fabrication.
- Le troisième (**Développement d'une machine d'une nouvelle ligne de production**) pour la partie pratique du stage. Nous allons détailler la partie technique traitée pour le développement de la machine.

Enfin ce travail sera achevé par une conclusion générale.

Chapitre 1

Présentation du périmètre du projet

Le présent chapitre commence par passer en revue les domaines d'activité du TE Connectivity ainsi que sa structure organisationnelle, il se penche ensuite sur le processus de production à TE Connectivity-TAC et ces clients.

Introduction

Dans ce chapitre, nous décrivons l'environnement de l'entreprise où le projet s'est déroulé, en explicitant son savoir-faire, son processus de production, son organisation et plus précisément celui de son département.

1.1 Présentation de TE Connectivity

TE Connectivity, anciennement Tyco Electronics est une entreprise suisse-américaine de composants électroniques de haute précision, de solutions réseaux, de systèmes de télécommunication sous-marins, de systèmes sans-fil et spécifiques [1].

1.2 Domaines d'activités de TE Connectivity

La société conçoit, fabrique et commercialise des produits dans de nombreux domaines industriels dont l'automobile, les systèmes de communications et les appareils domestiques, les télécommunications, l'aérospatial, la défense et la marine militaire, le médical, l'énergie et l'éclairage. Aujourd'hui, le portefeuille comprend non seulement des connecteurs, mais également des relais, des capteurs, de la fibre optique, des composants sans fil et des écrans tactiles.

- **L'automobile :** Permettent toutes les fonctions électroniques dans la voiture, des systèmes d'énergie alternative, aux technologies d'info-divertissement et de capteurs.
- **Transport industriel et commercial :** Offre un portefeuille complet pour les camions et les autobus, la construction, l'agriculture, les loisirs et marine, et deux marchés de rouleur.
- **Les solutions de détection :** TE est l'une des plus grandes sociétés de capteurs dans le monde, avec l'acquisition récente de la mesure des spécialités. Ses technologies de capteurs servent un certain nombre d'industries et permettent des capacités de mesure telle que la pression, la température, les vibrations et la propriété fluide, pour ne citer que quelques-unes.
- **Application outillage :** Fournir des produits à partir d'outils à main à l'équipement automatisé de production et de machines, ainsi que le service de terrain expérimenté et l'expertise technique.

1.3 Fiche signalétique de l'entreprise

Entreprise	TE Connectivity Maroc-TFZ
Année de création au Maroc	12 Septembre 2011
Forme Juridique	Publique avec un chiffre d'affaire de 13.4 milliards de dollars.
Effectif	Plus de 78000 salariés .
Activité du site	Fabrication de solutions de câblage et connecteurs pour les applications automobiles.
Certifications et Normes	ISO 9001 : système de management qualité ISO 14001 : système de management environnemental IATF 16949 : norme de l'industrie automobile ISO 10012 : système de management de mesure ISO 17025 : norme de compétences en laboratoire et étalonnage IECQ 8000 : assurance de la qualité des composants électroniques
Coordonnées	TE Connectivity Morocco Ilot 60 Zone Franche D'exportation Tanger 90000 Tanger, Maroc

Tableau 1: Fiche signalétique de TE Connectivity.

1.4 Structure Organisationnelle

La structure organisationnelle d'une organisation (association, entreprise, institution, etc.) est l'ensemble de ses règles de répartition de l'autorité, des tâches, de contrôle et de coordination.

C'est avec l'existence d'un but et d'individus, une des trois caractéristiques communes à toutes les organisations

1.4.1. Organigramme

La structure de l'organigramme est une structure fonctionnelle, qui coiffe un ensemble des activités diverses, et l'information circule entre eux en assurant une certaine coordination qui minimise le pourcentage des défauts et de dysfonctionnement interne (voir figure 1).

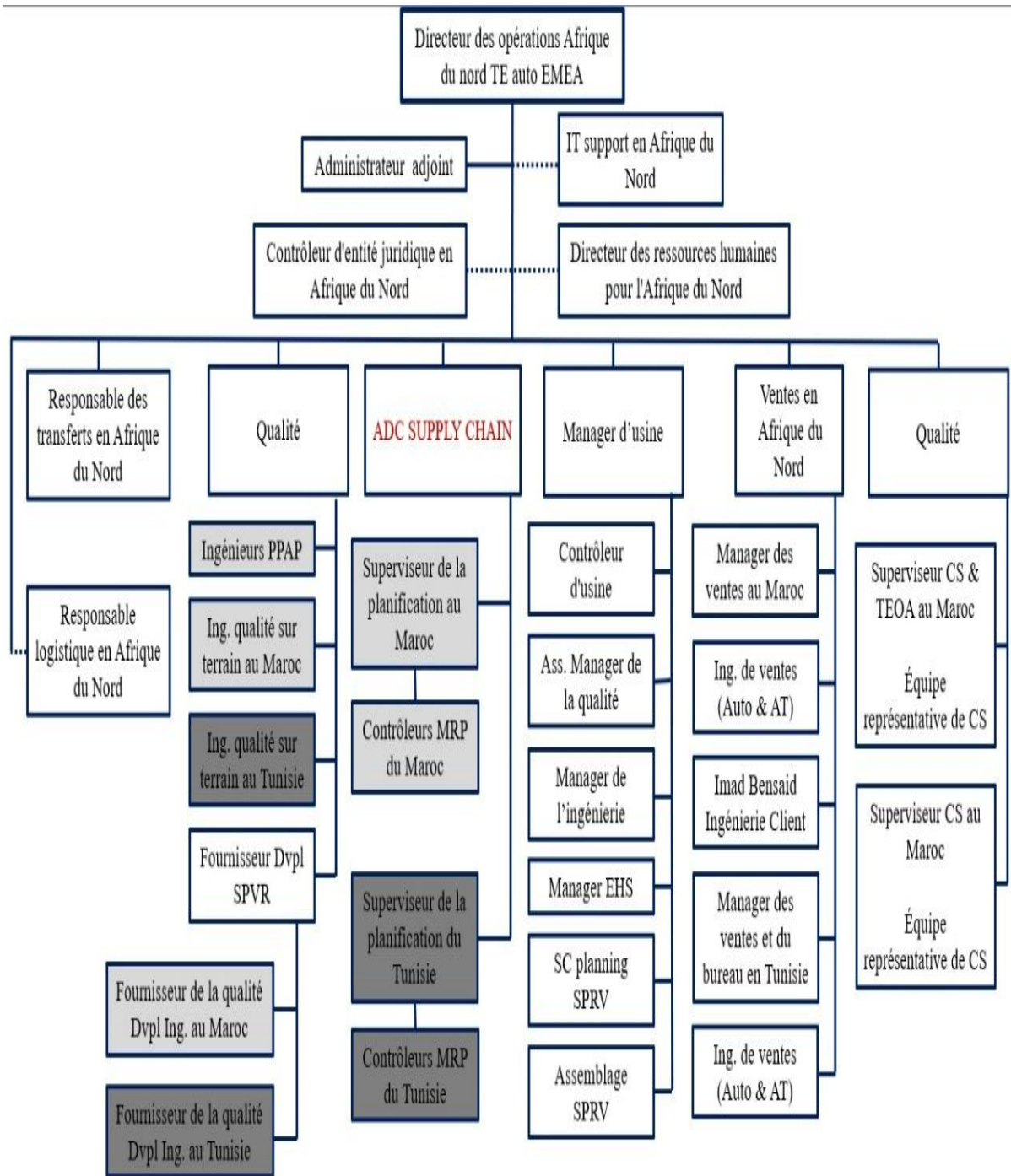


Figure 1: Organigramme de l'entreprise.

1.4.2. Organisation du travail

- **Département des ressources humaines** : Disposer à temps des effectifs suffisants et en permanence, assurer une gestion performante individuelle et collective du personnel par la formation. Il joue aussi le rôle de facilitateur et accompagnateur, en social afin d'atteindre des objectifs escomptes par le groupe en matière de ressources humaines.

- **Département finance** : Assurer les fonctions financières et comptables de l'entreprise, développer et implanter les pratiques, les procédures financières et le contrôle de gestion qui affectent la santé financière de la compagnie tout veillant à la préservation du patrimoine financier de l'entreprise.

- **Département logistique** : Son rôle est d'optimiser la mise en place et le lancement des programmes de fabrication tout en assurant une gestion optimale du stock et une expédition à temps aux clients.

- **Département qualité** : C'est le garant de la politique et du système qualité de l'entreprise à travers l'implantation d'un système qualité fiable qui répond aux exigences des clients afin d'atteindre le niveau de qualité escompté sur le plan du processus et des produits.

- **Département maintenance** : Il assure l'installation et la maintenance de tous les équipements de l'usine avec une fiabilité optimale et une efficacité maximale d'équipement de TE Connectivity.

- **Département Production** : Il a pour principale mission la réalisation des programmes de production tout en assurant une bonne qualité du produit en respectant les délais fixés au préalable et en optimisant les performances.

- **Département ingénierie** : Il a pour mission d'adapter des procédés de fabrication conformément aux règles définies par les directions engineering et qualité (plan de surveillance, contrôle plan, ...) du groupe.

1.4.3. Processus de production à TE Tanger

Les principaux processus de la chaîne de production de la société pour toutes les lignes sont schématisés comme présenté sur la figure suivante.

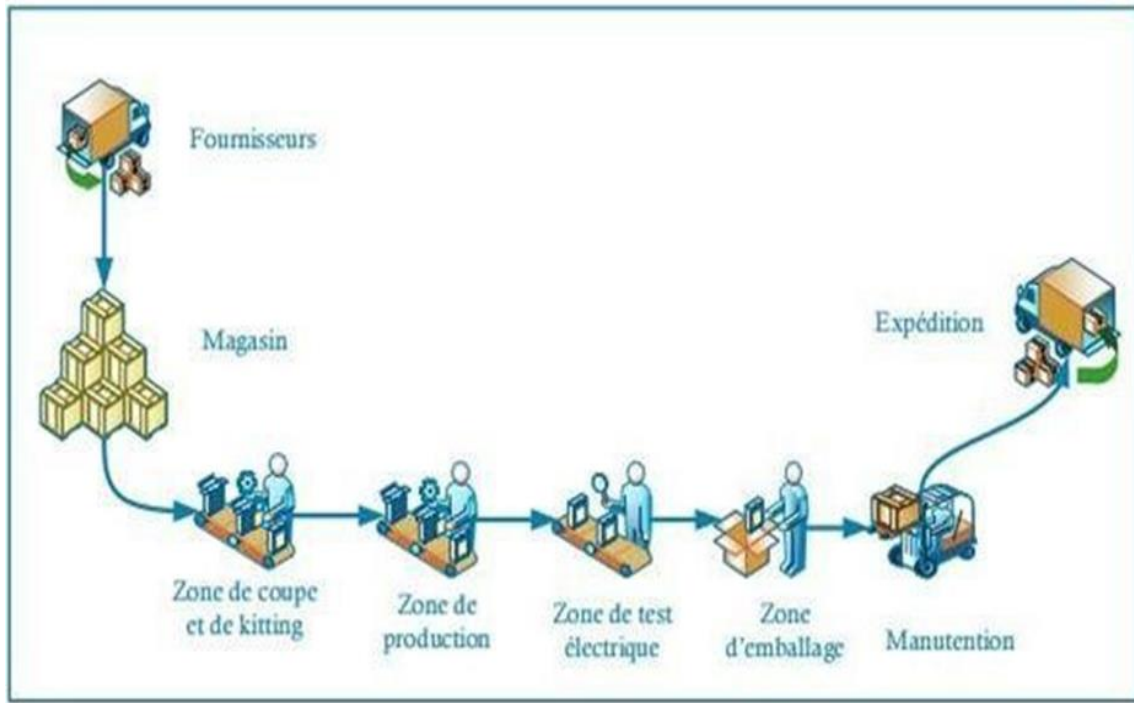


Figure 2: Chaîne de production du segment câblage.

Les étapes du processus de la production sont :

La réception : Le processus commence par la réception de la matière première puis son contrôle et l'édition des étiquettes de réception. Les composants reçus sont mis alors dans des rayons de stockage du magasin.

La coupe : C'est la première phase de production, elle permet de fournir aux chaînes d'assemblages les fils. Cette zone est équipée par des machines automatiques qui servent à l'opération suivante : La coupe des fils depuis la bobine selon des mesures bien définies.

Torsadage: Une paire torsadée est une ligne de transmission formée de deux fils ou plus conducteurs enroulés en hélice l'un autour de l'autre. Cette configuration a pour but de maintenir précisément la distance entre les fils et de diminuer les parasites électriques. Généralement la longueur finale du fil diminue de 20% par rapport à la longueur initiale des deux fils.

Sertissage : Le processus de sertissage est l'union d'un terminal avec un fil ou plusieurs, grâce à une compression par un outillage en garantissant une perte minimale d'énergie et une

force d'arrachement maximale (supérieure à la force limite).

L'épissure : L'épissure est l'union, à travers une agrafe, de deux conducteurs ou plus pour assurer la continuité électrique entre les différentes extrémités des circuits électriques qu'elle relie.

L'encliquetage : L'encliquetage est un processus très simple qui consiste à encliqueter un terminal dans la voie correspondante d'un connecteur. Le connecteur est un composant qui assure l'interconnexion entre plusieurs fils avec sa contre pièce.

L'assemblage : Assemblage des fils venant de la coupe sur des tableaux selon des schémas (lay-out) fourni par l'ingénierie de processus.

Test électrique : Le contrôle électrique est la dernière étape du processus d'assemblage, il assure la qualité et le bon fonctionnement des faisceaux électrique en vérifiant la continuité électrique entre les différentes extrémités du circuit et la présence des éléments secondaires (sécurité des composants, réglettes ...).

Contrôle et emballage : A ce stade, le faisceau électrique est validé, il passe à la dernière étape du processus d'assemblage, c'est l'emballage. Une fois le câble est emballé, il est destiné au magasin des produits finis.

1.4.4. Clients du TE Connectivity

Les principaux clients de TE Connectivity sont présentés dans la figure suivante :



Figure 3: Clients de TE Connectivity.

Conclusion

Ce chapitre donne une vision globale sur la société TE Connectivity , son organisation interne ainsi que son flux de production.

Chapitre 2

Description du travail demandé

Le présent chapitre est consacré en premier à la présentation de la méthodologie de travail adoptée pour réaliser les tâches demandées en soulignant les objectifs à atteindre puis une définition du câble à produire ainsi que ses composants, et nous allons finir par une modélisation du flux de la nouvelle ligne manuelle à implémenter.

Introduction

Dans ce chapitre Nous mettons en œuvre la démarche à suivre, la charte du projet, ainsi que le cahier de charges afin de mettre en relief l'ensemble des organes faisant partie du processus et à la fin nous allons détailler la partie de la modélisation du flux de production du produit du client TESLA.

2.1. Méthodologie de travail

2.1.1. Démarche DMAIC

Dans ce projet, la démarche DMAIC a été adoptée. En effet, DMAIC est une méthodologie ordonnée et structurée qui permet de résoudre des problèmes identifiés et les améliorer d'une façon continue. Elle se base sur cinq étapes mettant en œuvre plusieurs outils représentée sur la figure 4 [6].



Figure 4: Démarche DMAIC pour l'étude du projet.

2.1.2. Charte du Projet

La présente charte a pour but de positionner le projet par rapport à ce qui est demandé, La charte de notre projet est représentée dans le tableau suivant :

Projet	Etude et développement d'une machine pour l'inspection d'un nouveau produit
Responsables	BIROUK Youssef : superviseur Process- méthode BENOMAR Mehdi : Ingénieur Process-méthode SAIKOUK Ahlam : Elève ingénieur en mécatronique à la FST Fès KABBAJ Hassane : Professeur universitaire à la FST Fès.
Description	C'est un projet de fin d'étude à la FST Fès. Il s'inscrit dans le cadre du développement d'une machine pour l'inspection d'un nouveau produit.
Objectifs	Modélisation du flux d'une nouvelle ligne. Développement d'une machine pour l'inspection d'un produit. Rédaction du cahier de charges à partager avec les fournisseurs.

Tableau 2: Charte du projet.

2.1.3. Diagramme Gantt

Afin de mieux organiser les tâches à réaliser dans ce projet, nous allons utiliser le diagramme de Gantt pour respecter la durée de chaque étape.

Le diagramme de Gantt est un outil utilisé en ordonnancement et en gestion de projet et permettant de visualiser dans le temps les diverses tâches composant un projet. Il s'agit d'une représentation d'un graphe connexe qui permet de représenter graphiquement l'avancement du projet.

Le diagramme de GANTT que nous avons suivi pour élaborer notre projet est explicité dans la page suivante.

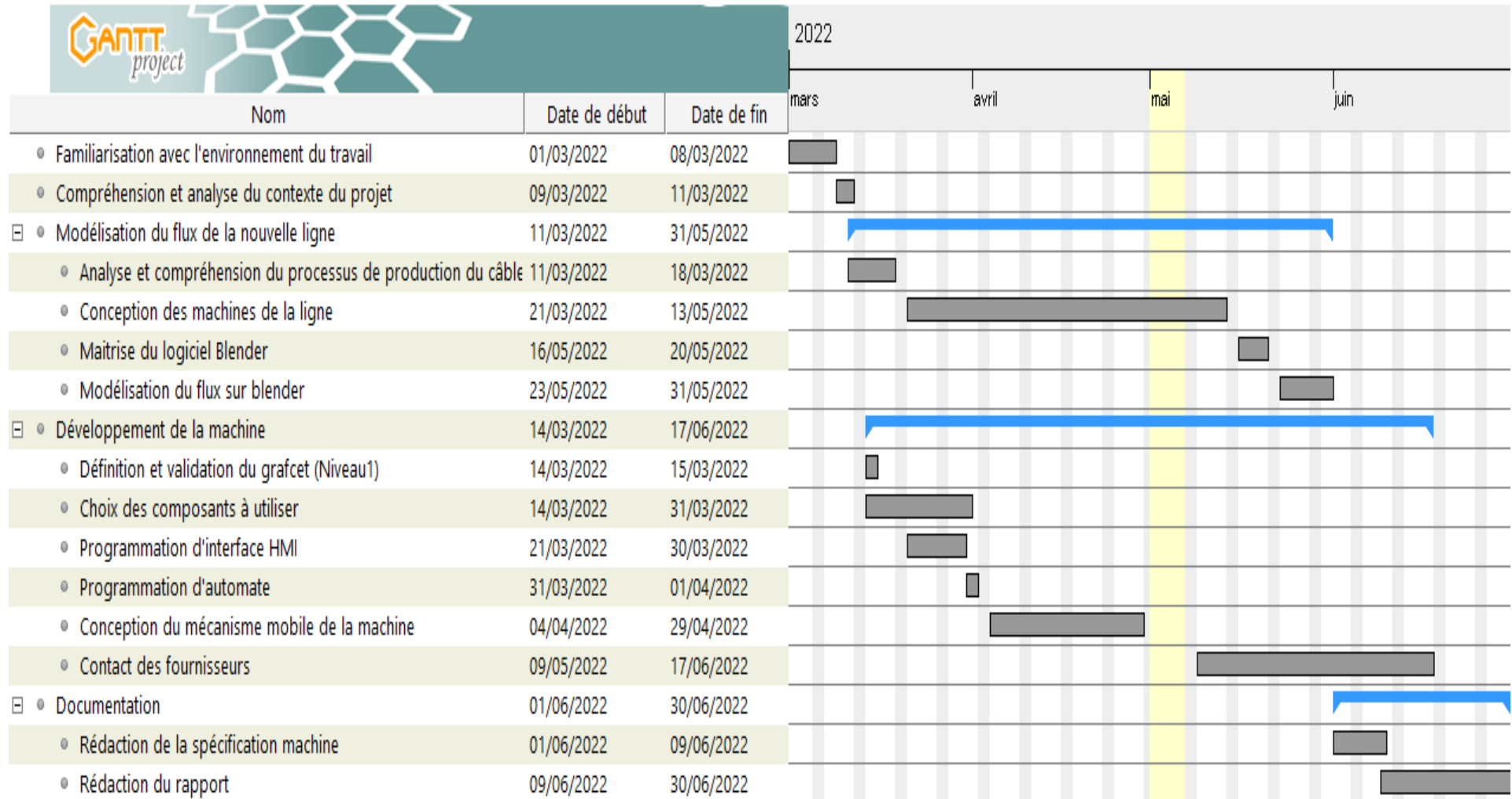


Figure 5: Gantt Project.

Pour réaliser les tâches déjà citées, il faut dans un premier temps comprendre l'utilité du produit final, identifier ces différents éléments et analyser le processus de sa production.

2.2. Définition du produit

2.2.1. Câble Mate-ax 90°

Le câble mate-ax 90° (figure 6) sert à connecter les caméras utilisées au niveau du système de conduite semi-autonome de TESLA.



Figure 6: Câble Mate-ax 90°.

2.2.2. Composants du câble

La figure suivante rassemble tous les composants du câble Mate-ax 90°.

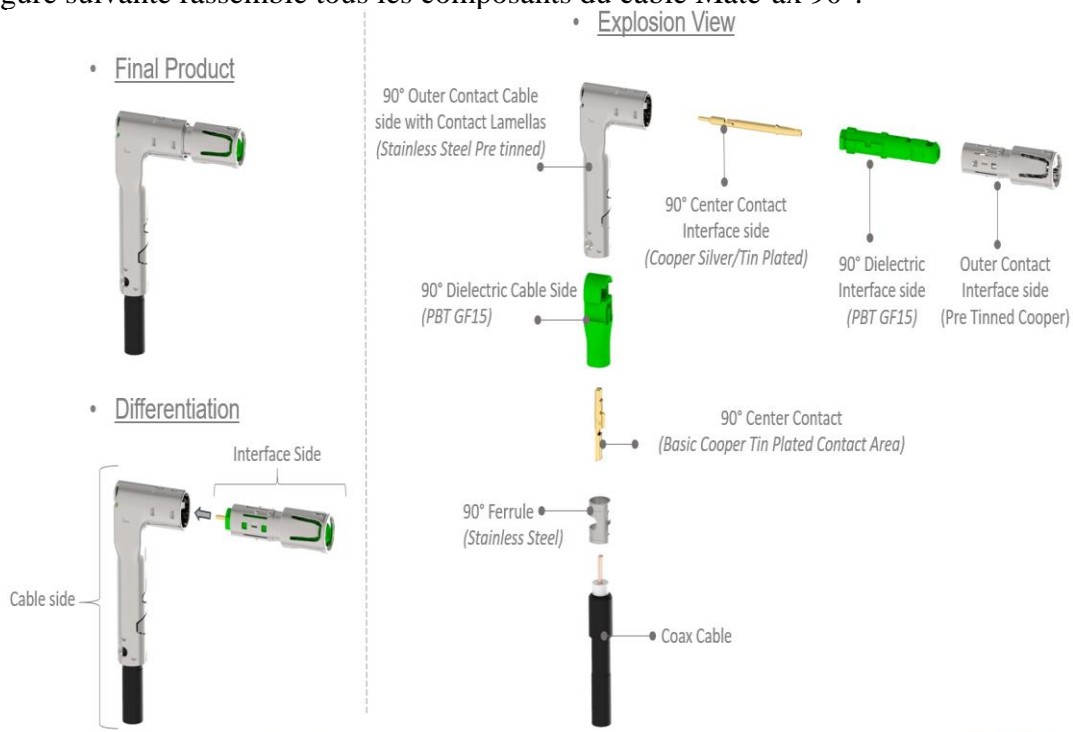


Figure 7: Les différents éléments du câble Mate-ax 90°.

2.2.3. Processus de production du câble

Pour assembler les différents éléments du câble cités dans la figure 7 ,il faut passer par un processus de production bien précis (voir figure 8).



Figure 8: Processus de Production du câble.

2.3. Modélisation du flux de la nouvelle ligne manuelle MATE-AX 90°

Vu qu'il s'agit d'un nouveau Projet du client **TESLA**, il n'y avait aucune idée sur le flux de la nouvelle ligne, d'où la nécessité d'une modélisation du flux.

2.3.1. Conception 3D de la ligne

Après l'identification des différentes machines utilisées au niveau de chaque étape du processus, il fallait faire une conception 3D sur Catia V5 de chaque élément de la ligne pour obtenir une vue globale de ce dernier ce qui va nous permettre d'avoir une idée sur le flux.

Les machines et composants à concevoir :

- Testeur électrique TESTCAT.
- Dénudeuse Mate-ax 90°.
- Crimper Delta 240.
- Bobines des terminals.
- Digital Board.
- Pre-tester Mate-ax 90° (**la machine à développer Voir chapitre 3**).
- Schmidt press.
- Cartons du packaging.
- Les tables.
- Les chaises.
- Les fiches.
- Les poubelles.

La conception 3D sur Catia d'ensemble des éléments déjà cités sont assemblés au niveau d'annexe 5.

2.3.2. Modélisation par le logiciel blender

2.3.2.1. Définition du blender

Blender est un logiciel gratuit de modélisation et d'animation par ordinateur, Il propose des fonctions avancées de modélisation (dont la sculpture 3D, le texturage et dépliage UV, etc.), d'animation 3D (rigging, blend shapes), Il gère aussi le montage vidéo non linéaire, la composition, la création nodale de matériaux, ainsi que diverses simulations physiques telles que les particules, les corps rigides, les corps souples et les fluides [5].

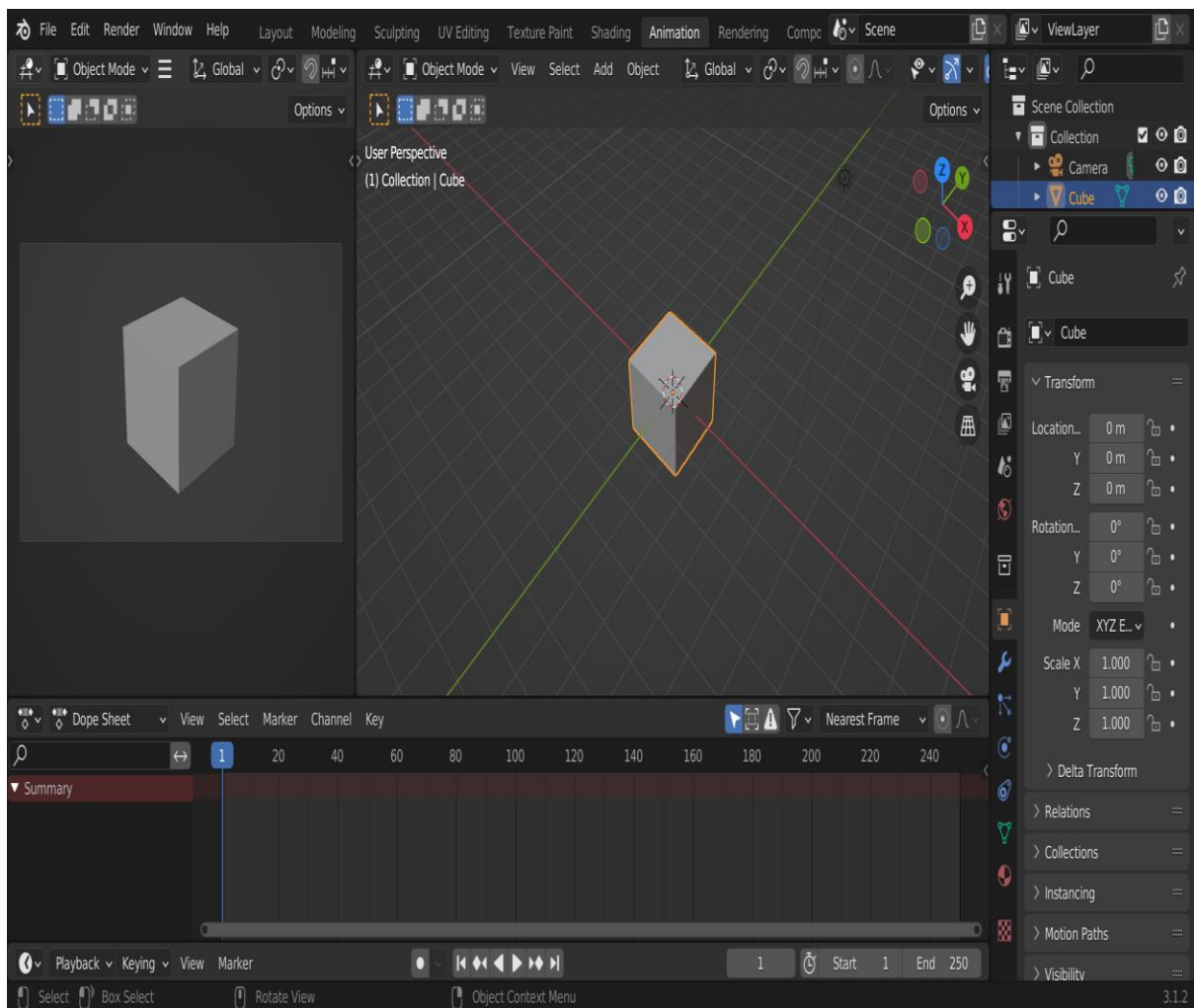


Figure 9: Interface du logiciel blender.

2.3.2.2. Assemblage de la ligne sur blender

Après la conception des principaux éléments de la ligne et afin d'assembler ces derniers dans une seule plateforme, il fallait importer tous les fichiers du Catia vers blender en changeant l'extension du CATPart ou bien CATProduct vers wrl (c'est la seule extension qui conserve la forme, la géométrie ainsi que les couleurs choisies sur Catia).

La modélisation de la première partie de la ligne manuelle MATE-AX 90° sur Blender (voir figure 10).



Figure 10: Modélisation de la première partie de la ligne manuelle Mate-ax 90°.

La deuxième partie de la ligne manuelle MATE-AX 90° (voir figure 11).



Figure 11: Modélisation de la deuxième partie de la ligne manuelle Mate-ax 90 °

L'ensemble des machines utilisées au niveau de la nouvelle ligne manuelle MATE-AX 90° (voir figure 12).



Figure 12: Les 3D de la nouvelle ligne à implémenter.

Conclusion

Ce chapitre avait pour but de donner une vision globale de management du projet, , définir la démarche à suivre, la charte du projet, le cahier de charges, décrire le produit ainsi qu'une modélisation du flux de ce dernier.

Chapitre 3

Développement d'une machine d'une ligne de production

Ce dernier chapitre sera dédié à la partie pratique du stage où la problématique sera détaillée, Ensuite nous allons détailler toutes les parties traitées durant le stage pour développer la machine.

Introduction

Le constructeur d'automobile TESLA utilise le produit final (câble mate-ax 90°) au niveau de la connexion des caméras du système de conduite semi-autonome.

Pour qu'on puisse délivrer notre produit (Câble mate-ax 90°) au client, il faut prendre en considération, au niveau du processus de production du câble, les spécifications du produit exigées par le client TESLA et les analyser afin de choisir les machines à utiliser.

Afin de démarrer la nouvelle ligne de production, il faut soit acheter soit développer les machines à utiliser.

C'est dans ce contexte que s'inscrit ce projet de fin d'études au sein de TE Connectivity; Celui du développement d'une machine de la ligne pour l'inspection du produit.

3.1. Fonction principale de la machine

La machine à développer doit vérifier la profondeur du terminal par rapport à l'extrémité du sub-assembly (voir figure 13).

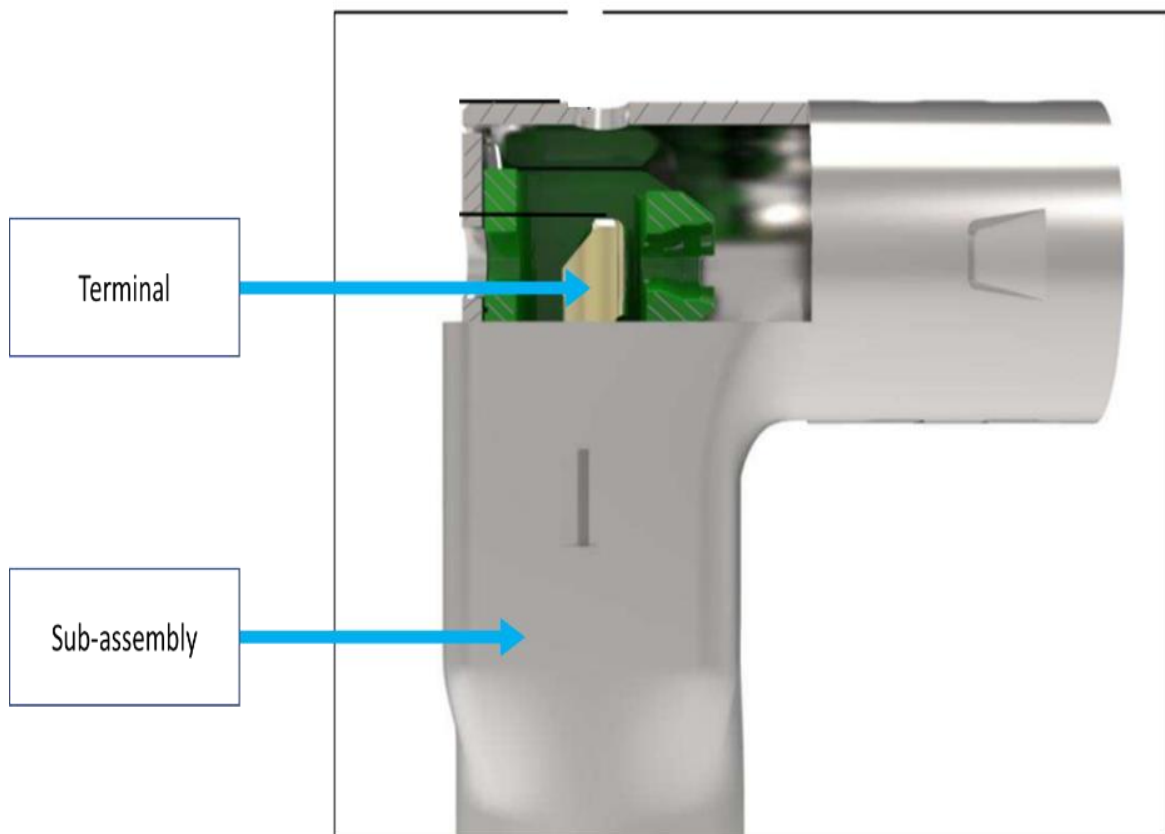


Figure 13: Coupe du câble Mate-ax 90°.

3.1.1. La mesure à vérifier

La profondeur du terminal par rapport à l'extrémité du sub-assembly selon le client TESLA doit être égale ($1,3 \pm 0,1$) mm (Voir figure 14 - Annexe1 pour plus de détails).

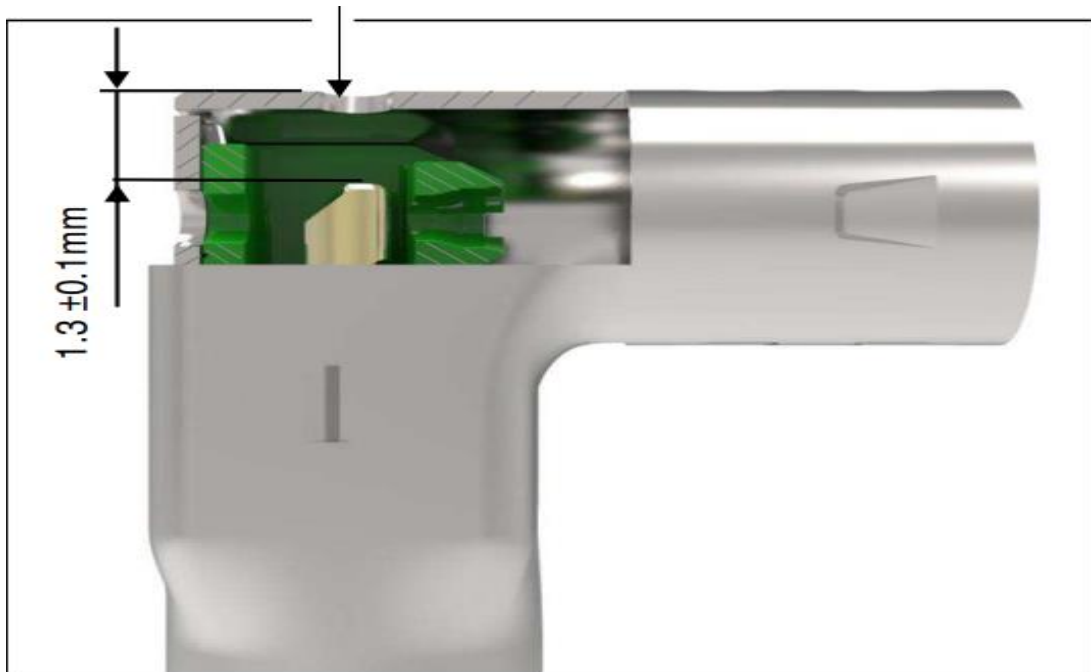


Figure 14: La valeur à vérifier par la machine.

L'étape qui suit cette la mesure de profondeur est le sertissage d'interface side (voir figure 15).

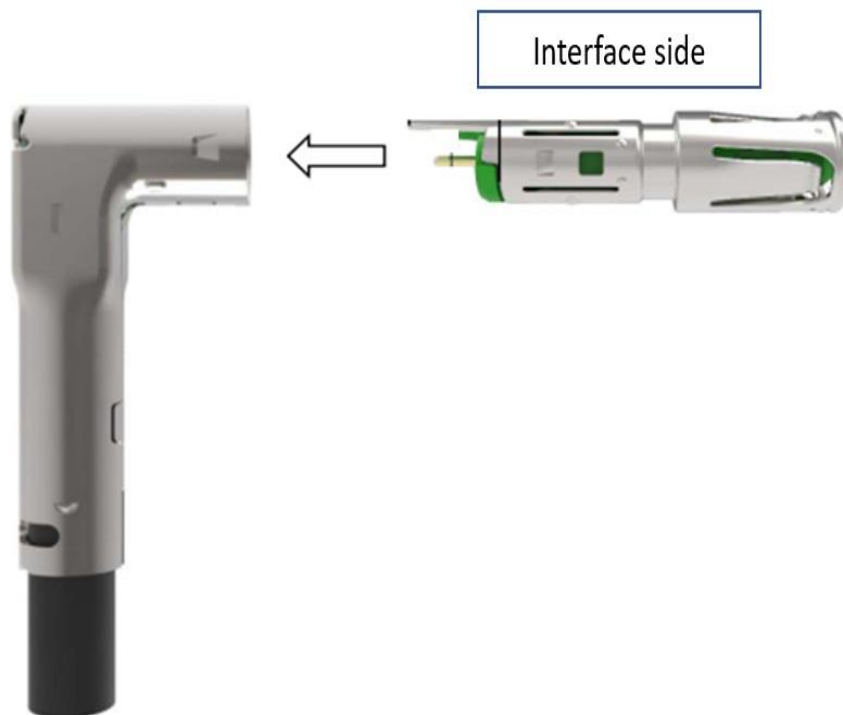


Figure 15: Sertissage d'interface side.

Il est important que l'axe central d'interface side (mâle) et l'axe centrale côté câble (terminal femelle) soient perpendiculaires afin que les deux axes se retrouvent à l'étape d'accouplement (voir figure 16). C'est pour ça Il est recommandé de les pré-positionner et de vérifier la mesure déjà citée.

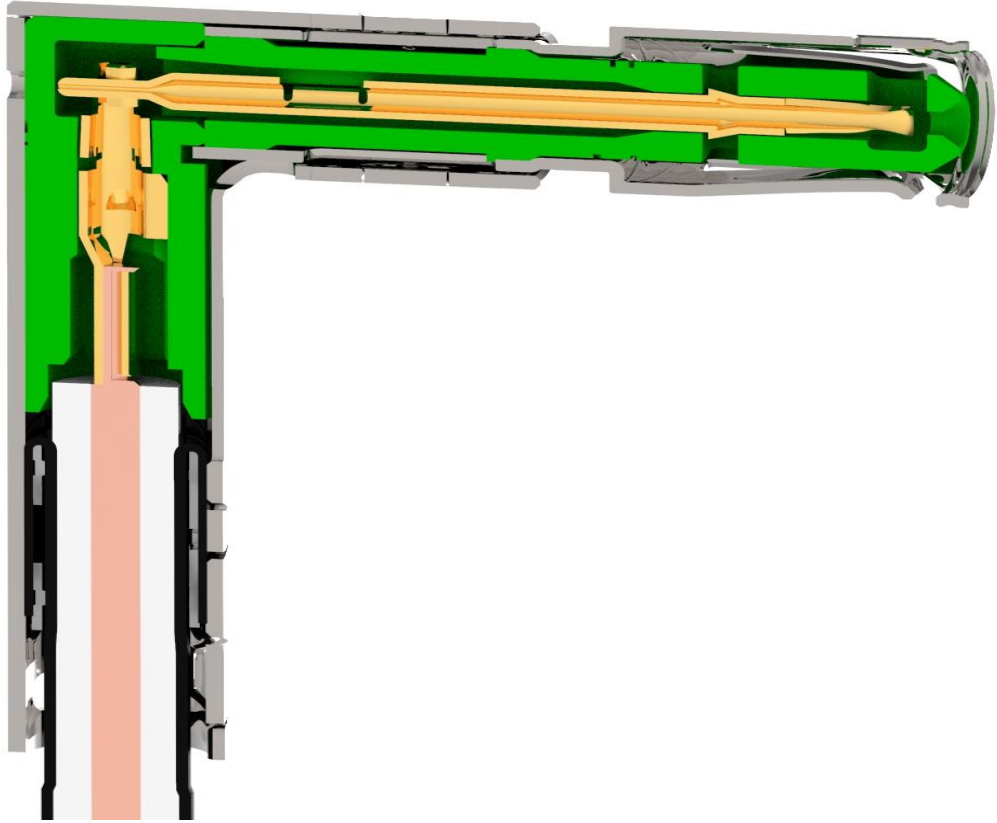


Figure 16: Accouplement des deux axes centraux.

Après plusieurs discussions au niveau du choix du composants essentiel qui doit vérifier cette profondeur($1.3 \pm 0.1\text{mm}$) et en se basant sur plusieurs données (le diamètre du trou d'inspection qui est trop petit et la difficulté d'utilisation d'une caméra) nous avons décidé d'utiliser un palpeur GT2-S5 [2].



Figure 17: Palpeur GT2-S5.

3.2 Partie automatisé

Pour définir la liste des composants à utiliser, il fallait dans un premier temps définir la logique du fonctionnement de la machine c'est-à-dire le Grafcet niveau 1 (voir figure 18).

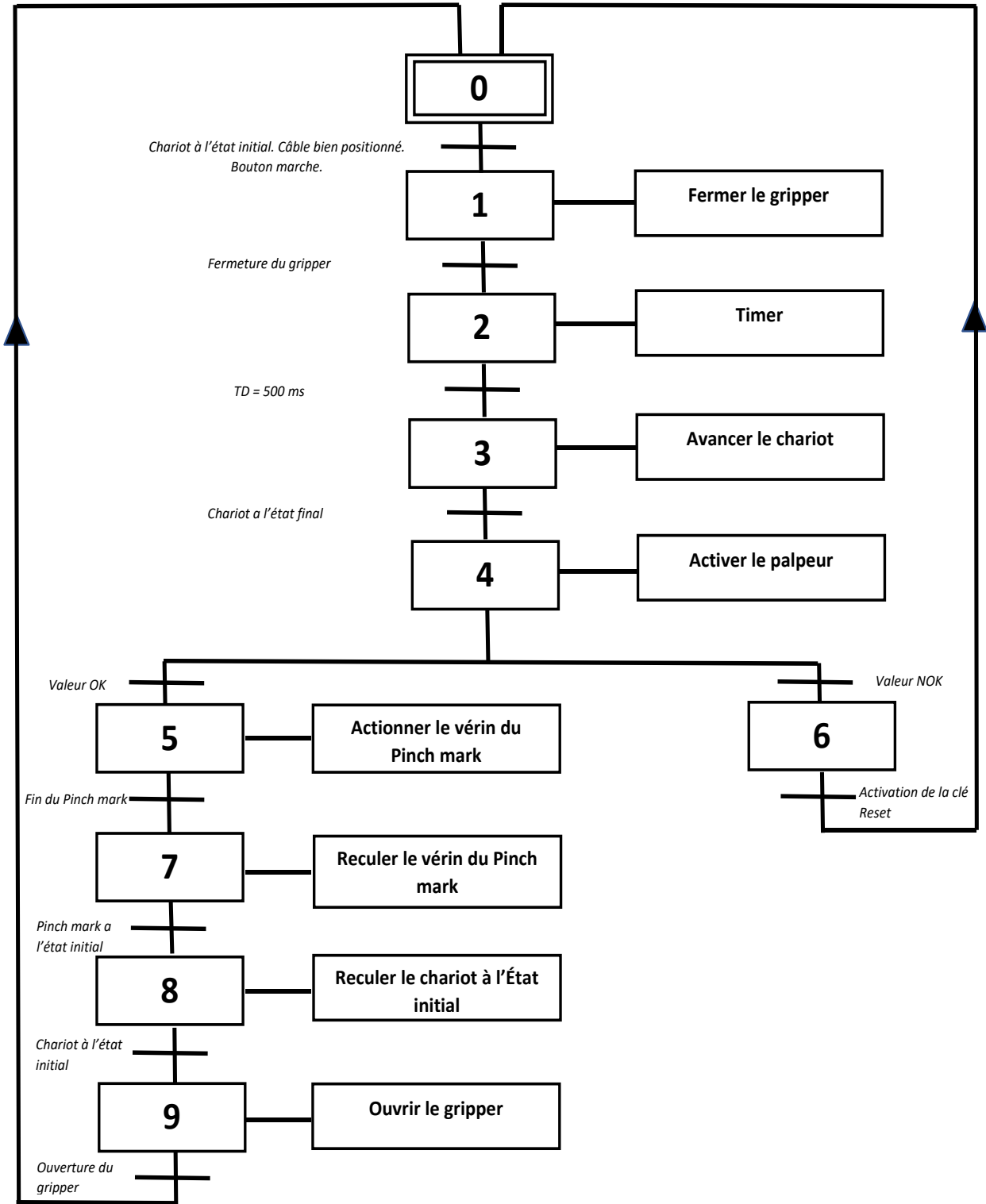


Figure 18: Grafcet niveau 1 du fonctionnement de la machine.

3.2.1. Composants de la machine

D'après le Grafset niveau 1 on peut avoir une idée sur les principaux composants de la machine (voir tableau 3).

NO	NOM	QUANTITE
1	PLC CLICK	1
2	HMI WEINTEK	1
3	Alimentation 24V	1
4	Distributeur pneumatique 5/2	2
5	BP Banner	1
6	Emergency STOP	1
7	Silencieux	1
8	FRL (Filtre Régulateur Lubrificateur)	1
9	RELAIS 24V DE Sécurité	1
10	GT2 Palpeur	1
11	Support	2
12	Vérin Pneumatique	2
13	Switch	1
14	Glissière LM guide (SSELBN10)	2
15	Manomètre d'air	1
16	Cadre extérieur	1
17	Base métallique	1
18	Clé de remise à zéro	1
19	Relais	6
20	Capteur de présence	1
21	Capteur de position	7

Tableau 3: Liste des principaux composants à utiliser.

3.2.2. Programmation d'automate

Les automates programmables se déclinent en de nombreux facteurs de forme et niveaux d'options matérielles et de capacités logicielles.

3.2.2.1. Automate CLICK

La famille d'automates CLICK propose des micro-automates économiques et faciles à utiliser, offrant un contrôle simple avec des options avancées [3].



Figure 19: Automate click.

Après la définition des composants à utiliser et la validation du grafcet niveau 1, il faut transformer ce dernier en programme LADDER (annexe 3 pour plus de détails) pour qu'on puisse contrôler et actionner les différents composants de la machine.

3.2.2.2. Click Programming

C'est un logiciel de programmation gratuit qui prend en charge tous les automates click. C'est grâce à lui qu'on peut exécuter notre programme ladder déjà réalisé.

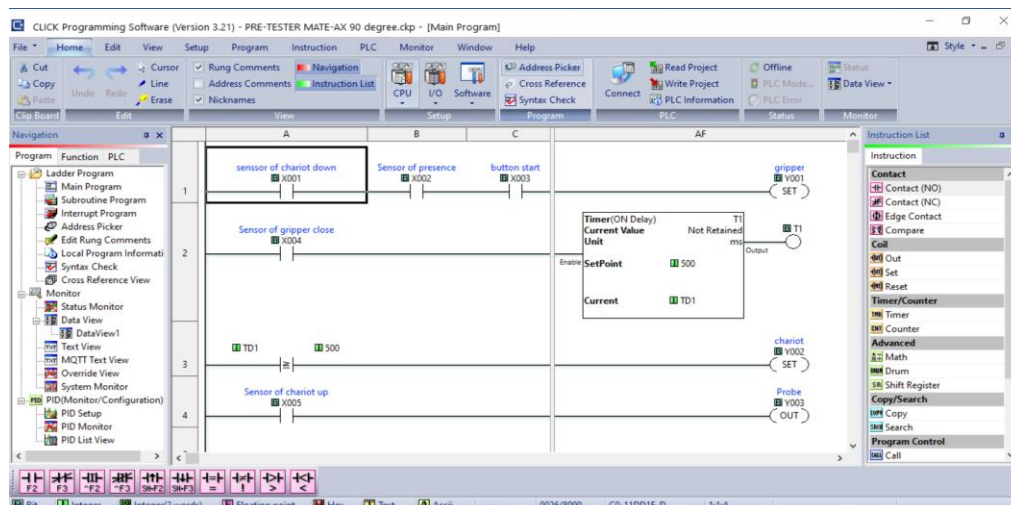


Figure 20: Interface du logiciel Click Programming.

3.2.3. Programmation d'interface IHM

Pour que l'opérateur puisse contrôler le fonctionnement de la machine et visualiser l'historique des opérations, il fallait programmer une interface.

3.2.3.1. IHM Weintek

Weintek est l'un des principaux fabricants mondiaux d'IHM (interface homme machine) et se consacre au développement, à la conception et à la fabrication d'IHM [4].



Figure 21: IHM WEINTEK cMT3072XH.

3.2.3.2. Environnement de programmation d'IHM

Easy Builder Pro est un logiciel gratuit qui nous permet de programmer et configurer notre interface, il met à disposition du développeur l'ensemble des outils nécessaires à la création des fenêtres (voir annexe 5).

En utilisant Easy Builder pro, nous avons Proposé deux thèmes (voir annexe 6 et annexe 7).

3.3 Conception 3D de la machine

TE Connectivity contacte les fournisseurs pour acheter n'importe quelle machine, ces derniers déterminent le besoin exact, ils font l'étude et ils proposent une conception 3D de la machine à développer ainsi que ses composants.

Donc appart le développement de la machine, les fournisseurs ajoutent le cout de la conception 3D Ce qui augmente le cout global de la machine.

C'est dans ce contexte, et après la définition des principaux composants de la machine, il fallait faire une conception 3D sur Catia V5 de la machine et surtout du mécanisme mobile pour :

- Gagner du temps.
- Expliquer au fournisseur le besoin exact.
- Eliminer le cout de la conception 3D .

Le cadre extérieur proposé est le suivant (Voir figure 22).



Figure 22: 3D de la machine

Le prototype du mécanisme mobile proposé est le suivant (Voir figure 23).

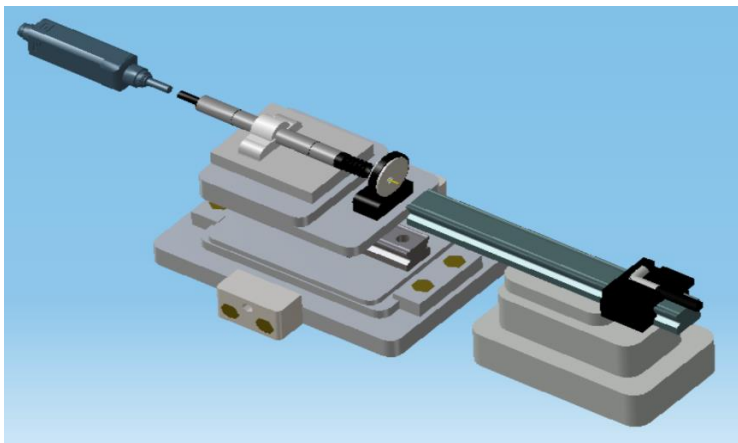


Figure 23: 3D du mécanisme mobile de la machine

3.4 Contact des fournisseurs

Après la définition l'analyse et l'étude du besoin, il faut rédiger et assembler toutes les parties déjà traitées dans un seul document **machine spec** (voir annexe 4) pour qu'on puisse le partager avec les fournisseurs.

La machine spec est un cahier de charge qui contient toutes les informations dont le fournisseur aura besoin (figure 24).



Machine Specification

MATE AX 90° Pre-tester machine (deepness check device)

Customer:	TE Connectivity
TE project-no:	
Contractor:	
Contractor Project-No:	
Date of Issue:	09/06/2022
Revision:	A
File:	Machine specification, Pre-tester machine. (depth control device) MATE-AX 90°Rev.A.pdf.
<u>TE responsibilities:</u>	
Operations:	Youssef Birouk, Mehdi Ben Omar, Ahlam Saikouk
Cable Assembly:	Abdeslam Benkhaldoun, Saad Boughaba, Zakariae Loukili, Salma Chehboune, Youssef Eddahbi
Purchasing:	Marouane El Hassi



Informations confidentielles à ne pas diffuser

Figure 24: Page de garde du document machine spec.

Après le partage du cahier de charge déjà rédigé et sa validation avec l'équipe, nous avons contacté plusieurs fournisseurs qui s'occupent du développement afin d'assembler toutes les parties déjà traitées.

Parallèlement à l'étude des différentes parties de la machine et à l'élaboration du cahier des charges, Il fallait faire un suivi avec les différents fournisseurs proposés.

Normalement si l'entreprise n'a jamais collaboré avec un fournisseur auparavant, ce dernier doit soumettre à un processus de validation qui peut durer plusieurs semaines.

Après l'envoi du cahier de charges, l'un des fournisseurs nous a proposé un devis dont le prix de la mise en fonctionnemet du projet est **31536,77** Euro.

Conclusion

Ce chapitre avait pour but de détailler les parties étudiées pour le développement de la machine de la nouvelle ligne de production .

Les parties traitées sont :

- Partie automatisation.
- Partie programmation d'interface.
- Partie conception (mécanisme mobile).

Enfin, l'élaboration du cahier de charges qui regroupe toutes les informations dont le fournisseur aura besoin .

Conclusion générale

Dans le cadre de ce projet de fin d'études, deux axes principaux ont été abordés :

le premier porte sur la modélisation du flux de la nouvelle ligne de production d'un câble avec des spécifications précises exigées par le client TESLA.

Pour ce faire, il était nécessaire dans un premier temps d'analyser et de comprendre le processus de production du nouveau câble, d'avoir une idée sur les différentes machines qui seront utilisées au niveau de cette ligne. Ensuite, faire une conception 3D des machines en utilisant catia V5 et les importer sur Blender pour avoir une vue globale du flux.

Le deuxième axe concerne l'étude et le développement d'une machine de la nouvelle ligne de production, cette machine doit vérifier la profondeur d'un composant du câble (le terminal) par rapport à un autre (sub-assembly).

Les parties étudiées au niveau de cet axe sont les suivants :

- ✓ **Partie Automatisation** (élaboration du Grafcet niveau1, identification des composants à utiliser, programmation d'automate).
- ✓ **Partie Programmation d'interface IHM.**
- ✓ **Partie Conception du mécanisme mobile.**
- ✓ **Elaboration du cahier de charges** (machine spec) qui rassemble toutes les parties déjà étudiées.
- ✓ **Contact des fournisseurs.**

Ce travail d'étude a aidé l'entreprise à réduire le coût que le fournisseur aurait demandé s'il fallait qu'il fasse tout le travail. Actuellement, l'entreprise peut directement donner les données et les études que j'ai faites au fournisseur pour avoir la machine.

Webographie

[1] «TE Connectivity » [En ligne]. Available:

<https://www.te.com/usa-en/home.html>

[2] «GT2 Datasheet » [En ligne]. Available:

<https://www.keyence.fr/products/measure/contact-distance-lvdt/gt2/models/gt2-s5/>

[3] «Click datasheet » [En ligne]. Available:

<https://cdn.automationdirect.com/static/specs/c000drd.pdf>

[4] «cMT3072_Datasheet» [En ligne]. Available:

http://dl.weintek.com/public/cMT/eng/Datasheet/cMT3072_Datasheet_ENG.pdf

[5] «manuel de référence blender » [En ligne]. Available:

<https://docs.blender.org/manual/fr/latest/>

[6] «méthode DMAIC » [En ligne]. Available:

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01477490/document>

[7] «Easy builder Pro user manual » [En ligne]. Available:

https://dl.weintek.com/public/EBPro/UserManual/eng/EasyBuilderPro_V60501_UserManual_eng.pdf

ANNEXES

Annexe 1 : Capture d'une partie de la spécification produit.

Annexe 2 : Capture d'une partie de la spécification produit.

Annexe 3 : Le programme ladder de toute la séquence.

Annexe 4 : La conception 3D sur Catia d'ensemble des éléments de la nouvelle ligne de production.

Annexe 5 : Interface du logiciel Easy Builder Pro.

Annexe 6 : Premier thème d'interface proposé.

Annexe 7 : Deuxième thème d'interface proposé.

Annexe 8 : cahier de charges (MACHINE SPEC) à partager avec les fournisseurs.

ANNEXE 1



114-94566

4.7 Crimp Subassembly

4.7 Subassemblage Crimpen

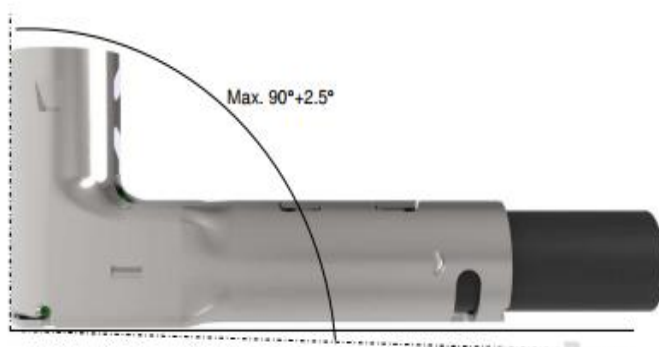
The shielding strands must not protrude out of the outer conductor. The crimp parameters are shown in 5.3

Vor dem Crimpen ist sicherzustellen, dass keine Schirmfäden aus dem Außenleiter herausragen. Die Crimpparameter sind in 5.3 aufgelistet.

After crimping it is necessary to check the position of the center contact according to the picture below. Furthermore, the crimp is not allowed to be bent to the frontside for more than 2,5°

Nach dem Crimpen, gilt es die Position des Innenleiterkontakts gemäß unserem Bild zu überprüfen. Desweiteren darf der Crimp nicht mehr als 2,5° zur Vorderseite hin verbogen sein.

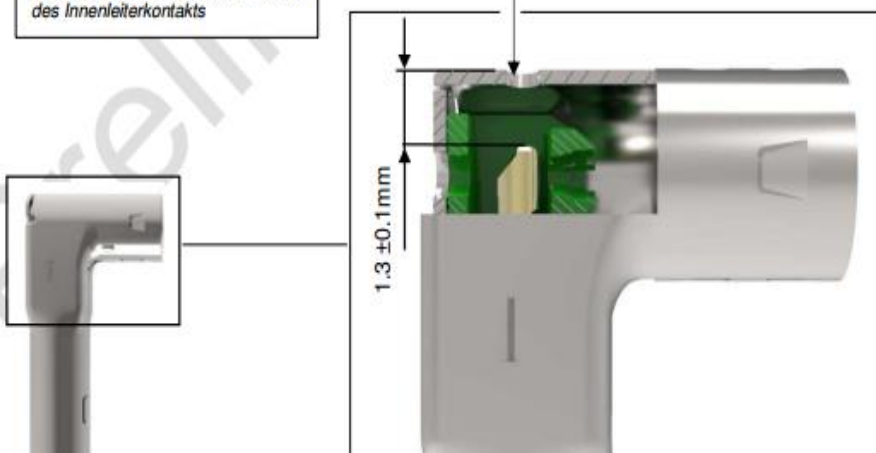
7



Step 7 / Schritt 7

Cable type	Kabelart	Crimp width	Crimpbreite	Crimp height	Crimphöhe
RTK 031		3.6 ^{+0.15}		3.6+/-0.03	
RG 174		3.1 ^{+0.15}		3.1+/-0.03	

Inspection hole for axial position of center contact. / Prüfloch zur Untersuchung der axialen Position des Innenleiterkontakts



Annexe 1: capture d'une partie de la spécification produit.

ANNEXE 2



114-94566

4.8 End Assembly

After crimping the sub assy according to 4.7, it has to be mated with the sub assy PN 2327550. Before that, the carrier strip must be cut off according to the product drawing.

It is important, that the middle axis of the Interface Adapter and the axis of the Cableside Adapter are aligned. Therefore, it is recommended to pre-position them in step **8a**, so that the two axes will find each other in the following step. The torsional angle should not be bigger than $\pm 4^\circ$.

In step **8b** the Interface Adapter gets pushed in its end-position. This can be checked by the dimension X3.

In the last step **8c**, the lateral beads of the Cableside Adapter must be stamped in the gaps of the Interface Adapter. The coning tool and its specific coning geometry is specified in the drawing 2360077 and 2350600

4.8 Endassemblage

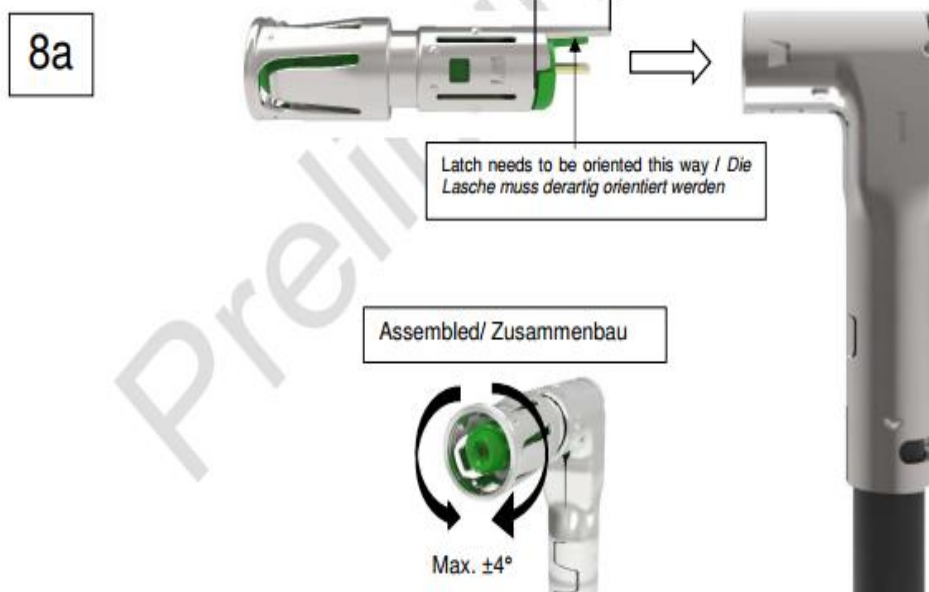
Nach dem Crimpen der Subassy gemäß 4.7, wird diese mit der Subassy PN 2327550 kontaktiert. Zuvor muss der Trägerstreifen nach der Produktzeichnung abgetrennt werden.

Es ist wichtig, dass die Mittelachse des Schnittstellenadapters und die Achse des Kabelseitenadapters ausgerichtet sind. Dazu werden diese im Schritt **8a** vorpositioniert, so dass sie sich im folgenden Schritt finden. Der Verdrehwinkel sollte nicht größer als 2° sein.

In Schritt **8b** wird der Schnittstellenadapter in seine Endposition gedrückt. Dies kann durch das Maß X3 kontrolliert werden.

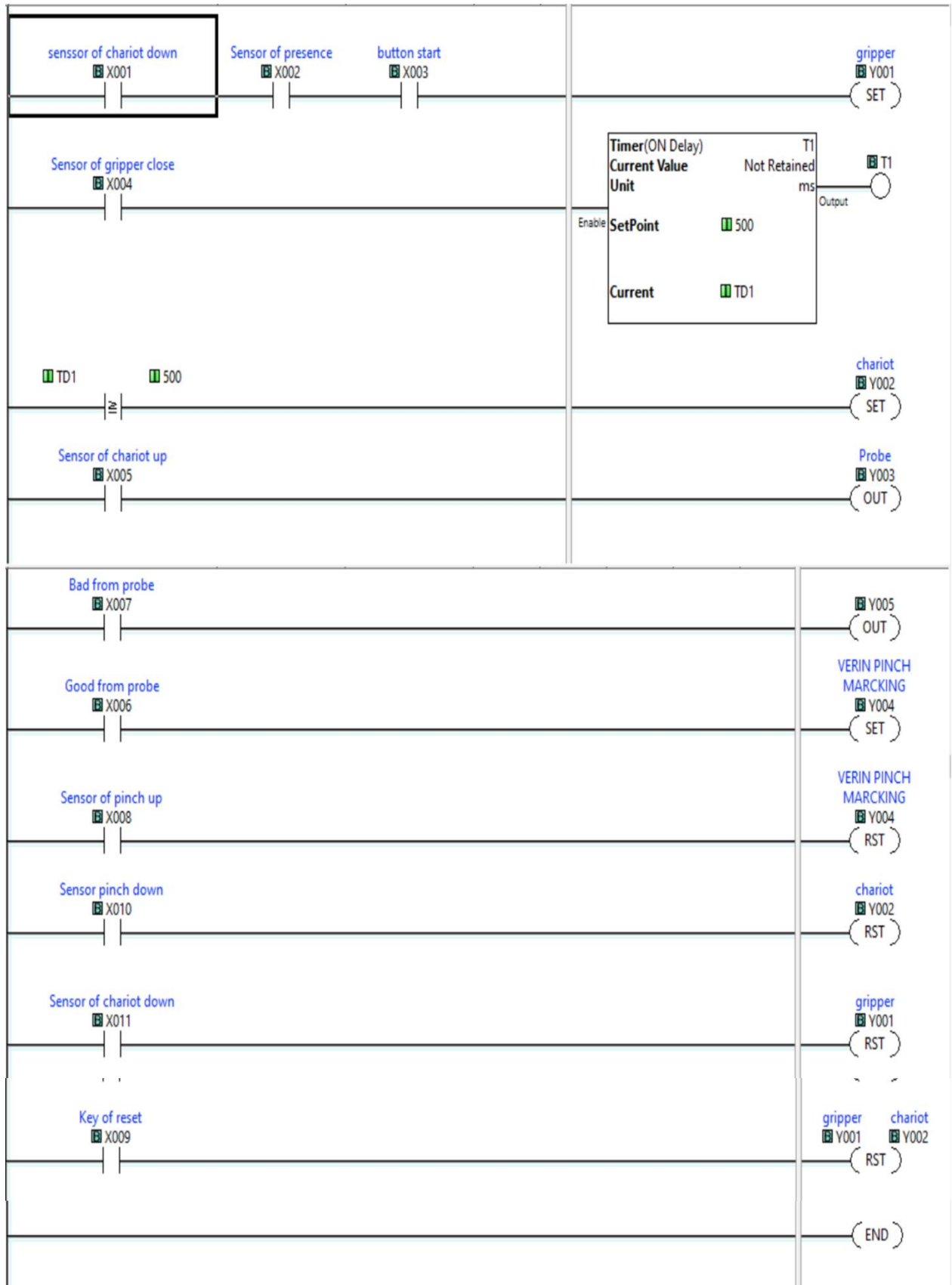
Im letzten Schritt **8c** werden die seitlichen Sicken des Kabelseitenadapters in die Aussparungen des Schnittstellenadapters geprägt. Prägekuntur für das Prägewerkzeug ist in der Zeichnung 2360077 und 2350600 spezifiziert

Step 8a / Schritt 8a



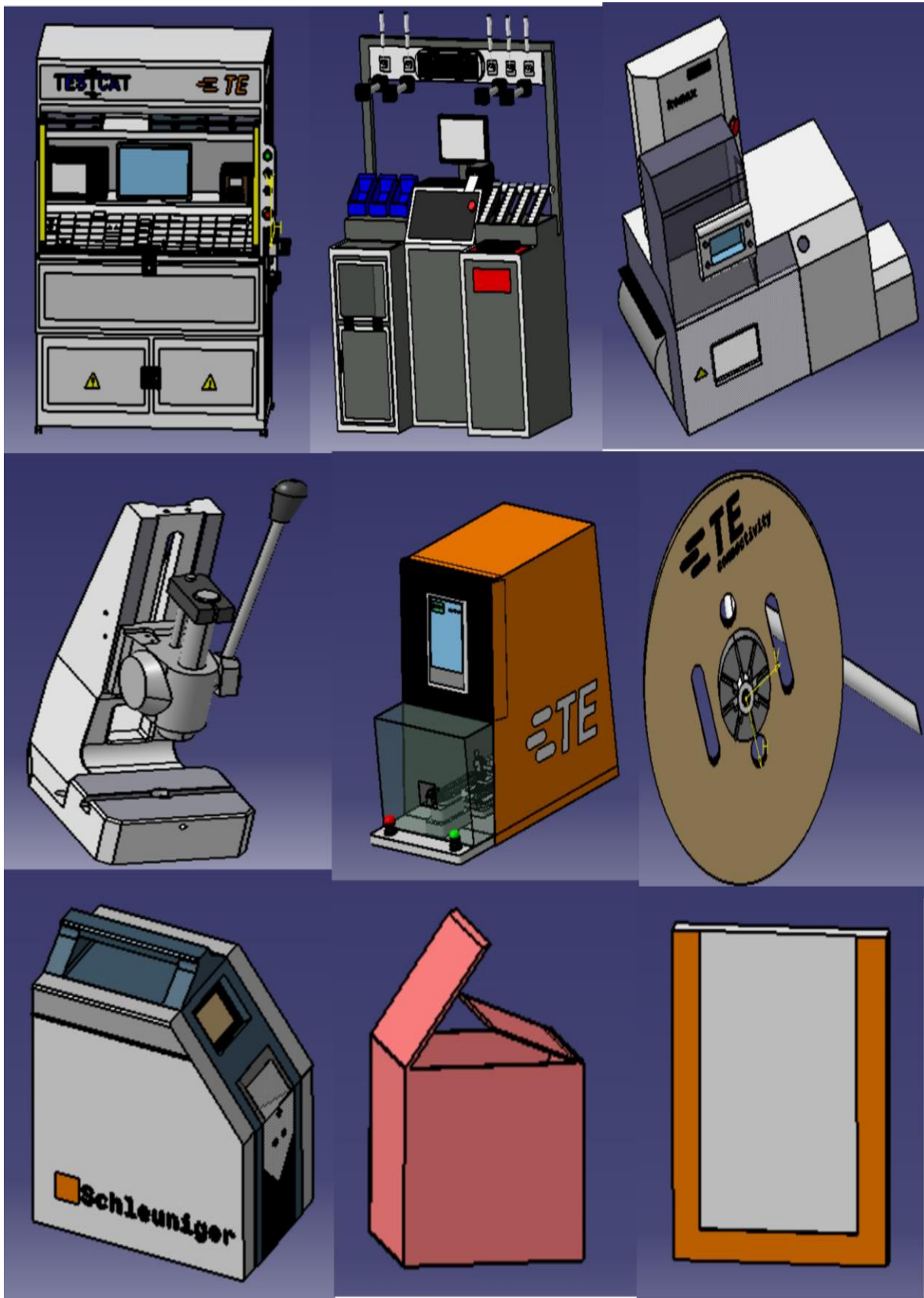
Annexe 2: capture d'une partie de la spécification produit.

ANNEXE 3



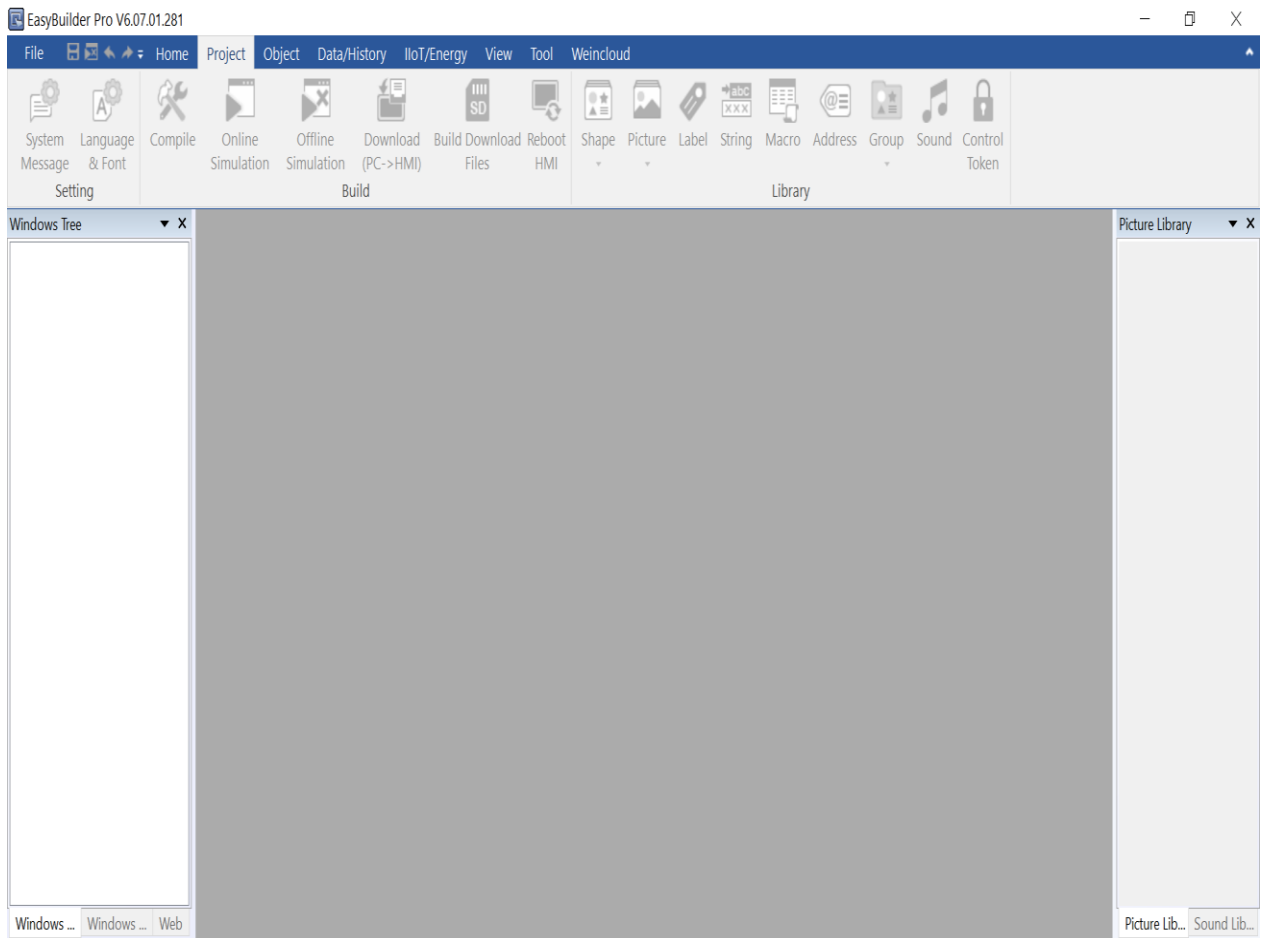
Annexe 3: le programme ladder de toute la séquence

ANNEXE 4



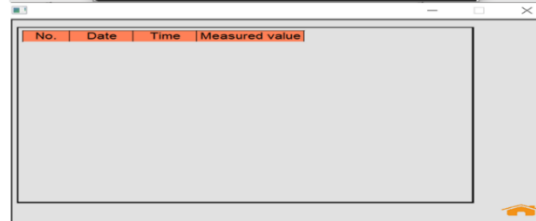
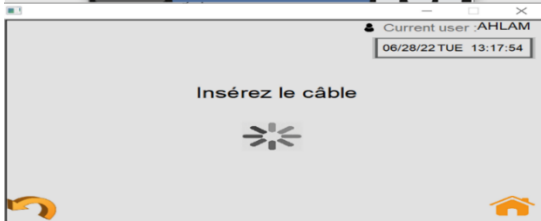
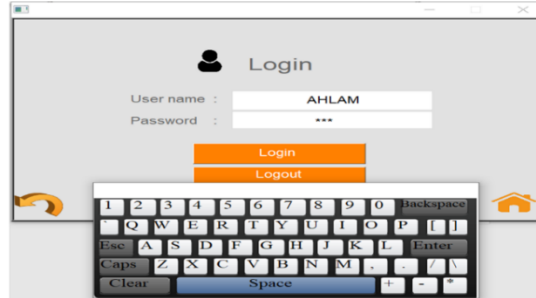
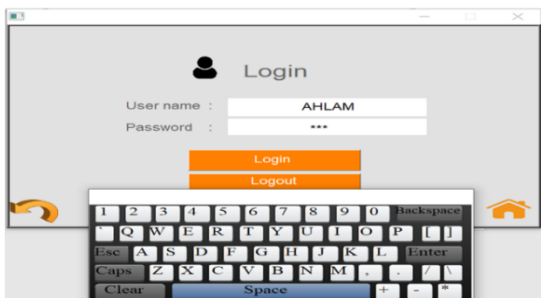
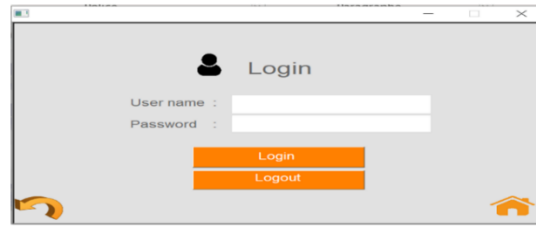
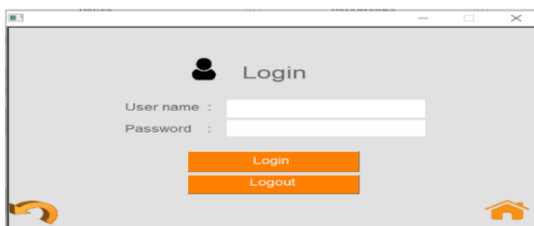
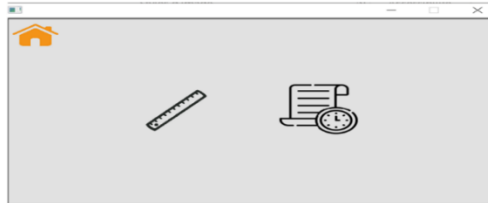
Annexe 4: les 3D des principaux éléments de la nouvelle ligne manuelle

ANNEXE 5



Annexe 5: Interface du logiciel Easy Builder

ANNEXE 6



Annexe 6: Premier thème d'interface HMI Proposé

ANNEXE 7



Annexe 7:Premier thème d'interface HMI Proposé

Annexe 8 : cahier de charges (MACHINE SPEC) à partager avec les fournisseurs

Le document suivant contient des informations confidentielles soit d'entreprise TE Connectivity soit du fournisseur.



Informations confidentielles à ne pas diffuser



Machine Specification

MATE AX 90° Pre-tester machine (deepness check device)

Customer: TE Connectivity

TE project-no:



Contractor:

Contractor Project-No:

Date of Issue: 09/06/2022

Revision: A


File: Machine specification, Pre-tester machine.
(depth control device) MATE-AX 90°Rev.A.pdf.

TE responsibilities:

Operations: Youssef Birouk, Mehdi Ben Omar, Ahlam Saikouk

Cable Assembly: Abdeslam Benkhaldoun, Saad Boughaba,
Zakariae Loukili, Salma Chehboune, Youssef Eddahbi

Purchasing: Marouane El Hassi

	MACHINE SPECIFICATION MATE AX 90° Pre-tester machine. (deepness check device) Rev. A	Project-No:
		Date: 09/06/2022 Page: 2

This specification will form the basis of the offer and describes the requirements of the machines to be developed.

This document is recognized by both contracting parties. It shall not be completed, extended or modified without the agreement of both parties. This document will form the basis for the last valid offer and will become effective in association with a confirmation of order, duly signed by the supplier when the purchasing contract is signed.

The supplier accepts that the information within this specification and on the drawings are confidential and shall not be used in matters which are concerning other customers.

The English version of the machine specification is valid in case of conflicts with any translation of this specification.

Any modification of this specification must be signed by both contracting parties, and it must be clearly described and identified in the offer.

This specification must be signed by persons who are qualified for this purpose.

The deadlines indicated in the offer are obligatory. Postponements of dates, which are communicated in project plans, are not recognized by TE.

The involvement of the customer in technical solutions or approval of the design features does not relieve the supplier of his sole responsibility for the proper operation and does not restrict the agreed properties in any way.

With the hand over of the offer, the supplier confirms the feasibility. The offer of the supplier contains all requested requirements and in case of deviations to the machine specification, these points have to be listed separately.

In case of any discrepancies, the TE machine specification is mandatory.

The first page of the offer contains the name and date of the last valid machine specification to clearly state the reference.

	Released			
	Department , Function	Name	Date	Signature
Drawn up	Cable Assembly, Project Engineer	Abdeslam Benkhaldoun	09.06.2022	
Approved	Cable Assembly, Manager PE	Saad Boughaba		
Recognizance from contractor				



MACHINE SPECIFICATION
MATE AX 90° Pre-tester machine.
(deepness check device)
Rev. A

Project-No:

Date: 09/06/2022


Page: 3

LIST OF MODIFICATIONS

Revision	DESCRIPTION	DATE	SIGNATURE	
			Supplier	Customer
A	Document created	09/06/2022		


Contact information

TE Connectivity Morocco (Automotive Plant)
Ilot 118/120 Tanger Automotive City
Province Fahs Anjra Tangier,94031
Morocco

	<p>MACHINE SPECIFICATION MATE AX 90° Pre-tester machine. (deepness check device) Rev. A</p>	<p>Project-No: [REDACTED] Date: 09/06/2022 Page: 4</p>
---	---	--

INDEX

1	GENERAL PROJECT GUIDELINES	5
1.1	Scope.....	5
1.2	Scope of supply.....	5
1.3	Documentation	6
1.4	FMEA	7
1.5	Subcontractor	7
1.6	Acceptance of the machine.....	7
1.6.1	Definition of performance figures.....	8
1.7	Training	10
1.8	Service and maintenance	11
1.9	Spare Parts	11
1.10	Warranty Period.....	11
2	MACHINE CONFIGURATION	12
2.1	Scope.....	12
2.2	Design of the machines	12
2.3	The machine is designed to process following parts.....	13
2.4	Description of processing steps.....	14
2.5	General technical requirements.....	18
2.6	Compliance with following EMC / EN - Guidelines	23
2.7	Packaging	23
3	APPLICABLE DRAWINGS AND SPECIFICATIONS	23

	<p style="text-align: center;">MACHINE SPECIFICATION MATE AX 90° Pre-tester machine. (deepness check device) Rev. A</p>	<p>Project-No: </p> <p>Date: 09/06/2022 Page: 5</p>
---	---	---

1. General project guidelines

1.1 Scope

The specification describes a machine that is constructed and built up to produce cable assemblies according to the attached drawings. The contractor is obligated to follow the tolerances and notes on the drawings as well as the listed specifications.

The CE guidelines and the country-specific accident prevention regulations must be considered, and a CE-declaration of conformity must be supplied with the delivery of the machines.

Before the machine is built up, the design release of TE is required. If design failures are found, the contractor needs to carry the cost for design changes. If any other changes are requested by TE, the additional costs will be carried by TE.

At the date of the acceptance the machines must be fully functional, and the documentation must be complete. Necessary adaptations and changes of the documentation must be finished latest 4 weeks after the successful acceptance. If the machine will not be ready in the specified time, the contractor must inform TE as soon as possible about the delay. A timetable with the significant points to produce the machine must be provided with the last offer.

All product-specific wearing parts and reference samples (for calibration) are included in the supply of the machine.

Following positions should be listed in the offer separately:


- Delivery time
- Cycle time
- Total machine cost in Euros (€)
- Training cost in Euros (€)
- Charges for packaging material and delivery to the TE production plant
- Warranty period

In event of a conflict between the requirements of this specification and other TE documents, the following rule of precedence applies:

1. Drawings, Application specification
2. Machine specification (this document)
3. Other specifications

1.2 Scope of supply

The contractor supplies a complete machine that includes all parts that are necessary for the agreed functionalities. Necessary parts and additional expenses that are not listed in the offer are free of charge, if they are required for a proper operation.

	<p style="text-align: center;">MACHINE SPECIFICATION MATE AX 90° Pre-tester machine. (deepness check device) Rev. A</p>	<p>Project-No: </p> <p>Date: 09/06/2022 Page: 6</p>
---	---	---

Supplies through TE (if requested from contractor):

- Drawings of the parts that shall be processed
- 3D-models of the parts that shall be processed
- Sample material (components); the supplier must announce the required amount of sample parts at least 6 weeks in advance. The component sample delivery must be part of the project plan.
- Prepared dummy parts to test the functions for bad part recognition.

The supplier must send the components back to TE after the contract is finished.


The contractor's duty to co-operate:

At a delayed provision of sample material, drawings or information from TE, the contractor must inform the project coordinator of TE immediately in written form.

1.3 Documentation

The documentation shall be done according to automotive standards and includes:

- Documentation in the language of country where the machine will be positioned (TE production plant) and in English.
- General layout drawing and bill of material.
- Documentation of electrical control and operator interface
- Electrical wiring diagrams
- Pneumatic diagram
- Process flow chart
- Cycle diagrams
- Spare and wearing part list with order numbers and manufacturer details
- Price list for recommended spare and wearing parts
- Production drawings of spare parts that are non-standard parts at the machine supplier on request and in cases of emergency (see point 1.8)
- Production drawings and 3D models of wear parts on request and in cases of emergency (see point 1.8)
- Maintenance plan, preventive actions
- User manual related to Machinery Directive 2006/42/EC)
- Detailed description for touch panel interface
- Light barrier calculation (minimal distance)
- A risk assessment package that includes:
 - a. A list of every hazard in the machine identified (at time of design review)
 - b. Calculation of possibility, frequency and severity for each hazard (at time of design review)
 - c. A description of the protective measures implemented to eliminate each identified hazards (at time of design review)
 - d. The performance level provides by the safety system (at time of design review)
 - e. A list of components as entered into the Sistema Report (when electrical design is completed)
- Safety instructions
- Maintenance plan – paper form together with implementation in software of touch panel (show in service interval reports)

	<p style="text-align: center;">MACHINE SPECIFICATION MATE AX 90° Pre-tester machine. (deepness check device) Rev. A</p>	<p>Project-No: </p> <p>Date: 09/06/2022 Page: 7</p>
---	---	--

- CE-label and declaration, safety risk analyse
- Declaration of conformity
- Declaration of conformity for modules from Sub-suppliers implemented in machine
- Manuals and documentation of installed modules
- Calibrating certificate (if necessary)
- MSA (measuring system analysis) documents (if necessary)
- Cover sheet of FMEA
- Copy of the complete documentation on digital media (eg. CD/DVD/USB)

All documentation must be in English language and depending on the country specific guidelines partly also in the language of country where the machine will be positioned (TE production plant)

1.4 FMEA

The build-up of the machine is accompanied with an internal FMEA by the supplier. The supplier will provide an overview page and TE has insight in the complete FMEA. The final version of the FMEA must be available during final-acceptance at TE-plant. The first issue of the FMEA must be reviewed with TE at end of design stage. The FMEA should be updated with all technical changes that are performed until the successful final acceptance.

1.5 Subcontractor


The supplier informs TE about his subcontractors that are obligated to the arrangement of confidentiality. The contractor is responsible for the modules and parts of his subcontractors as well as for the documentation. In case of improvements the contractor is in charge for the whole machine. For modules or systems (e.g., test unit, printer) the supplier must include the names of the subcontractors in the machine offer. Preferable the test units or printer shall be delivered from a local supplier, which is close to the TE production plant.

1.6 Acceptance of the machine

The contractor must check all functions of the machine before the acceptance date with TE. The pre-acceptance of the machine takes place at the supplier and is done by the responsible TE engineering staff. The reference document for the acceptance is the technical specification of the machine and an acceptance protocol will be filled out and signed by both partners.

The acceptance criteria are as following:

- Proof of the functions of the complete machine (detection of all possible failures with test samples/dummy parts)
- Perform c_{mk} -studies for all relevant dimensions, c_{mk} must be >1.67
- Perform "Run @ Rate" studies
- Hand out of the documentation (acc. to point 1.3) as far as available, but at least the safety chapters (CE certificate, safety related chapters and Electric

	<p style="text-align: center;">MACHINE SPECIFICATION MATE AX 90° Pre-tester machine. (deepness check device) Rev. A</p>	<p>Project-No: Date: 09/06/2022 Page: 8</p>
---	---	--

revision) must be provided during the acceptance. The complete (updated) documentation must be provided latest 2 weeks after the successful final acceptance.

- Briefing of the operators and set-up men (free of charge)
- The briefing involves the operation and maintenance of the machine
- CE- declaration in English and the local language
- Proof of the cycle time (see definition at 1.6.1) Cycle Time of 10 Seconds.
- Availability >90% for all processes (see definition at 1.6.1)
- Quality >99% for all processes (see definition at 1.6.1)
- OEE > 85% (see definition at 1.6.1)

The machine cycle time will be verified by performing run @ rate studies and according to the acceptance protocol.

The machine will only be delivered to the production plant of the customer, when the pre-acceptance was successful, or when TE confirmed the transfer.
Duration of the pre-acceptance: 3-4 days

TE location for the machine: Tangier / Morocco

The acceptance is included in the price of the machine.

After the delivery and the set-up of the machine, the final acceptance will take place at the TE site. The requirements are the same as at the pre-acceptance. If critical issues are found, the supplier must improve the machine immediately.

Duration of final acceptance: 3-4 days

1.6.1 Definition of performance figures

- **Availability:** any loss that stops planned production
- **Performance:** any loss that causes planned production to operate at less than maximum possible speed
- **Quality:** any loss arising from produced parts that do not meet quality standards

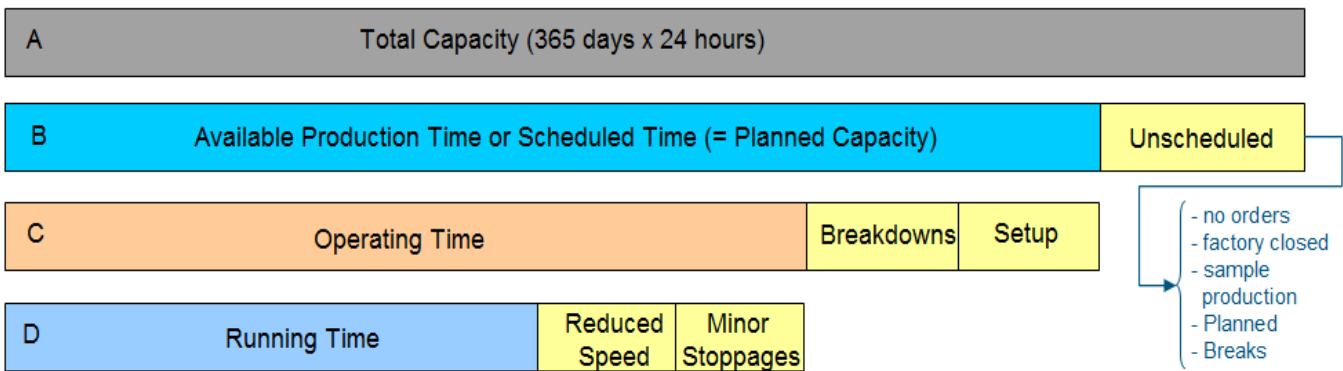
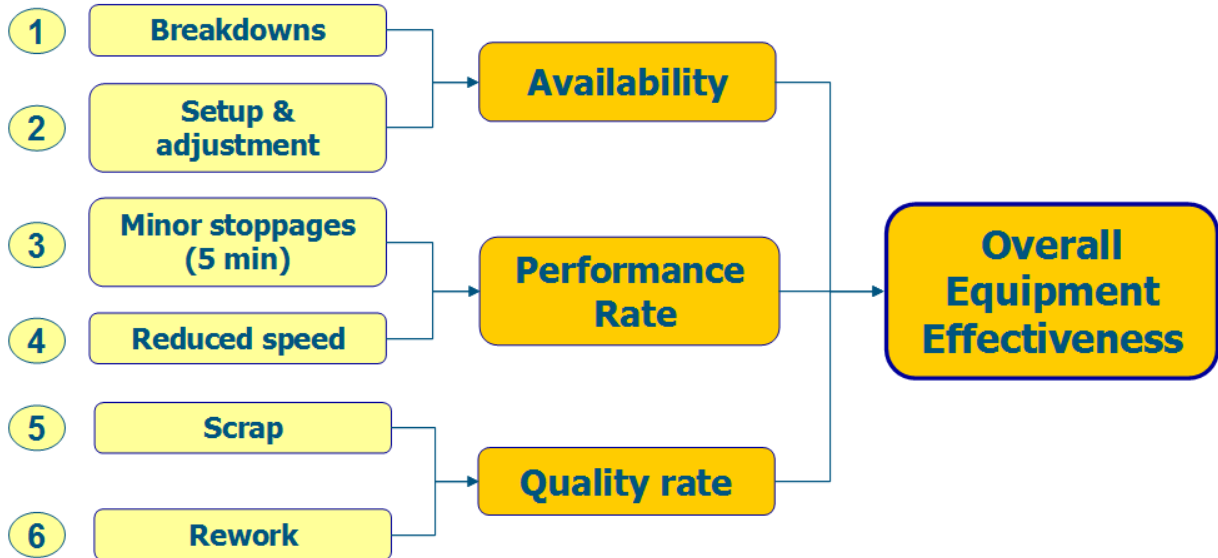


MACHINE SPECIFICATION
 MATE AX 90° Pre-tester machine.
 (deepness check device)
 Rev. A

Project-No: _____

Date: 09/06/2022

Page: 9



OEE (E/B) = (Availability) x (Performance Rate) x (Quality Rate)

Availability (C/B) = $\frac{\text{Operating Time}}{\text{Available Time}}$


Performance Rate (D/C) = $\frac{\text{Running Time}}{\text{Operating Time}}$

Quality Rate (E/D) = $\frac{\text{Effective Production Time}}{\text{Running Time}}$

Stretch Objectives: OEE = 85%

- Quality rate at 99%.
- Performance Efficiency 95%.
- Availability 90%.

OEE (E/B) = $\frac{\text{Effective Production Time}}{\text{Available Time}}$

	<p style="text-align: center;">MACHINE SPECIFICATION MATE AX 90° Pre-tester machine. (deepness check device) Rev. A</p>	<p>Project-No: </p> <p>Date: 09/06/2022 Page: 10</p>
---	---	--

The “unscheduled” times at point B also include:

- a: set-up, change over and loading of new product
- b: general service and maintenance according machine manual
- c: loading machine with new reel
- d: operator stop (break, handling failure)
- e: down time due to power supply interruption or missing components in the line
- f: stop due to non-conforming component

Additional figures for the R@R calculations:

Cycle time

Cycle time [s] = machine operating time / amount of cable assemblies

Quality

Value of quality [%] = produced amount of good parts / total amount of produced parts

Performance rate (speed)

Value of performance [%] = real cycle time (1 piece) / required cycle time (1 piece)

OEE (overall equipment effectiveness)

OEE [%] = value of availability x value of performance x value of quality

If the cycle time of the machine is shorter than specified in the machine specification or machine offer, then the value of performance would exceed 100%. In this case the real (measured) cycle time is used as target, so for calculations the maximum value of performance/speed is 100%.


1.7 Training

It must be possible that TE employees will be present at the supplier for a time period of up to 2 weeks prior to the pre – acceptance.

A training of TE employees at Supplier and additionally in the TE Plant shall be offered separately.

Additionally, employees of TE may assist the supplier during built-up, start-up and setup of the machine in the production plant.

Through this assistance the employees of TE should get an enhanced knowledge of the machine (indirect training).

	<p style="text-align: center;">MACHINE SPECIFICATION MATE AX 90° Pre-tester machine. (deepness check device) Rev. A</p>	<p>Project-No: </p> <p>Date: 09/06/2022 Page: 11</p>
---	---	--

1.8 Service and maintenance

If separately requested by TE, the contractor will create a separate service contract for the maintenance of the machine.

With delivery of the machine the supplier must hand out maintenance plans. Also, the duration for the maintenance interval should be indicated. In cases of emergency and if the required spare or wear parts can not be supplied in an appropriate time, the supplier will supply the production drawings of the relevant parts, which are manufactured by the supplier, so that TE can produce the parts internally.

In cases of machine failures, the following procedure will take place:

- A technician of the contractor checks the failure through remote maintenance access
- If the failure can't be fixed by remote maintenance, defective components must be defined by the contractor and the contractor sends new components to the TE plant as soon as possible after failure announcement. TE replaces the components, sends defective parts back to the contractor and checks the functionality of the machine. If the delivery time for the new components is inappropriate, the supplier will provide the production drawings of the relevant parts, which are manufactured by the supplier.
- If the above procedures will have no success to run the machine again without failure, the service personal of the contractor must be available within 48 hours (after the request of TE) to perform necessary repairs in the TE production plant.

A hotline must be available at all workdays in the time from 8:00 to 17:00.


1.9 Spare Parts

The machine should be built up with standard parts (e.g. guidance's, cylinders). If special parts are necessary, the fault liability and the wearing of these parts must be checked. All spare and wear parts can be ordered. The spare and wear parts are listed in a separate document that will be supplied with the machine transfer. The document also contains the order number, the delivery time and the price for all wear and spare parts. Additionally, the production drawings of all spare parts that are non-standard parts at the machine supplier must be supplied.

A set of spare and wear parts shall be separately offered.

1.10 Warranty Period

The warranty service lasts 18 months with a machine operation time of 24 hours per day and 7 days per week and the warranty time starts after successful final acceptance of the machine in the plant of TE. In case of guarantee, the spare parts and the service are free of charge.

	<p style="text-align: center;">MACHINE SPECIFICATION MATE AX 90° Pre-tester machine. (deepness check device) Rev. A</p>	<p>Project-No: [REDACTED] Date: 09/06/2022 Page: 12</p>
---	---	---

2. Machine configuration

2.1 Scope

The pre-test machine for MATE-AX 90° shall perform the center contact depth test per TE Application Spec [REDACTED]. Only one cable end is processed per machine cycle.

2.2 Design of the machines

- The machine must be designed in a manner to be an ergonomic workplace.
- Contact-pins and switch-pins may only be used in bushings.
- If contacting takes place with spring mounted pins, they need to be easily exchangeable. A first mating of the contracts through the spring mounted pins is not allowed.
- All parts that can wear out should be made from steel.
- A type plate with the serial number and all relevant data has to be mounted on the machine.
- For maintenance and repairs the machine modules must have a good accessibility and easy handling.
- It must be possible to load golden samples or at least have defined stops of the machine to manipulate samples for regular verification of all quality control mechanisms (i.e. electrical test, camera, mechanical or optical test, ...). The mode can only be enabled/disabled with a key.
It should be possible to easily insert the golden samples into the requested area and to perform the quality test. Clear visualization of the test result must be present, so that the setup men can easily check the correct functionality of control mechanisms. The test result must not affect the machine statistics. In case that a bad part cutter or any marking of good/bad part is in place, it must be deactivated in the golden sample mode.
- Wrong handling shall be avoided by the design of the machine e.g. by using interlocks.
- All safety devices must be according to the country-specific accident prevention regulations (Unfallverhütungsvorschriften / UVV) and according to the **TE safety specification** [REDACTED]

The machine is covered with Makrolon to protect the interior from dust and dirt and according to the CE safety regulations.



MACHINE SPECIFICATION
 MATE AX 90° Pre-tester machine.
 (deepness check device)
 Rev. A

Project-No:

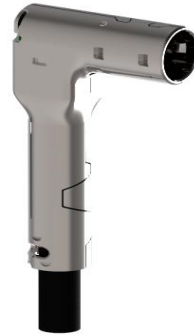
Date: 09/06/2022

Page: 13

2.3 The machine is designed to process following parts



RTK031



RG174

- **Components list**

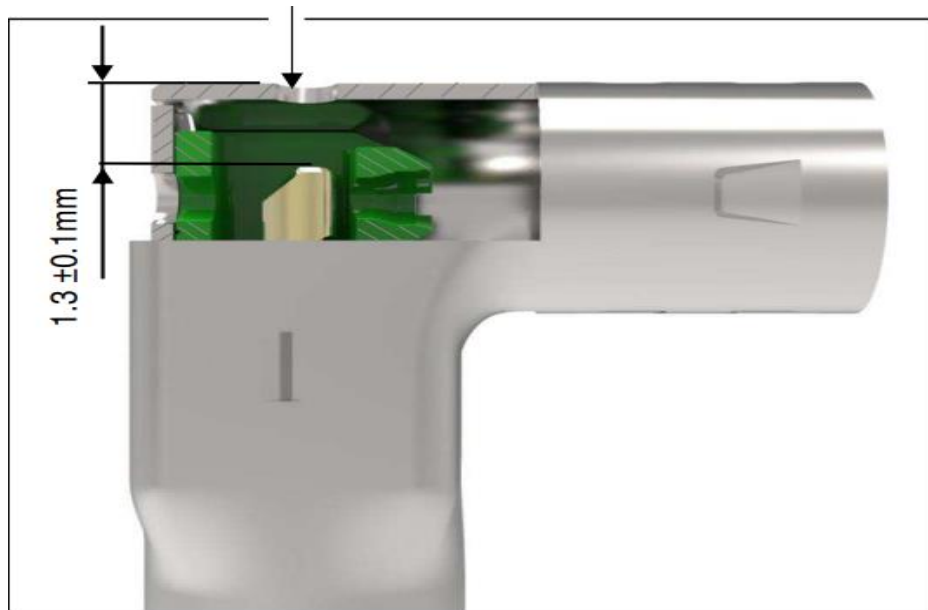
Cable type	Variant	Part	PN	Assembly PN
RTK031	Socket	Terminal		
		Sub-assembly		
		Ferrule		
RG174	Socket	Terminal		
		Sub-assembly		
		Ferrule		



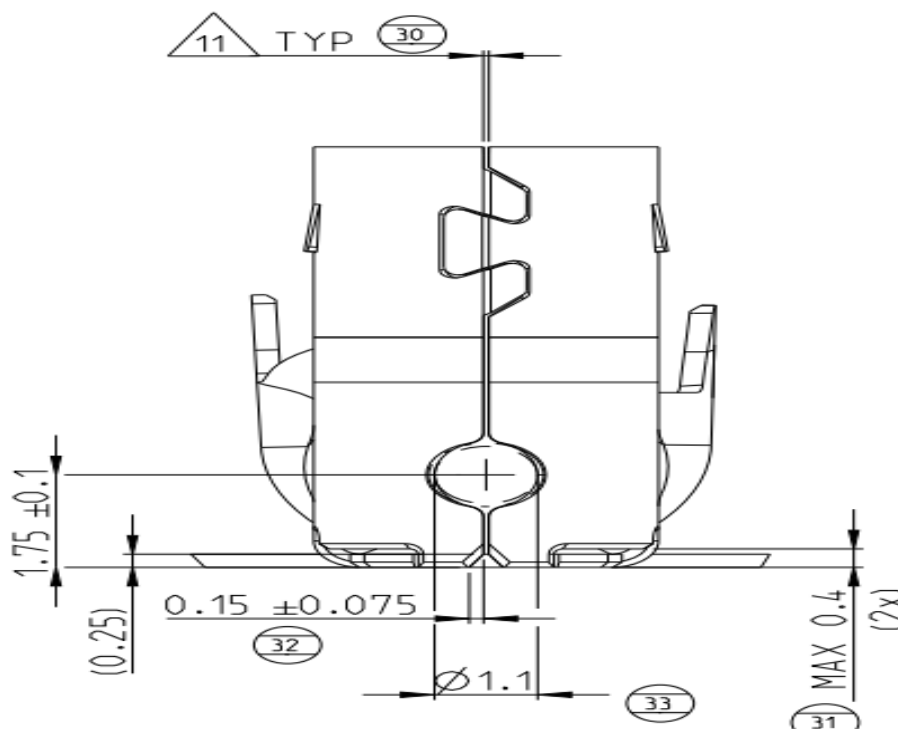
2.4 Description of processing steps

- Terminal deepness check:

The deepness of the center contact must be measured compared with the reference surface of the subassembly according to the specification **114-94566 Rev 11**.



the depth test will be through the inspection hole of diameter 1,16mm.



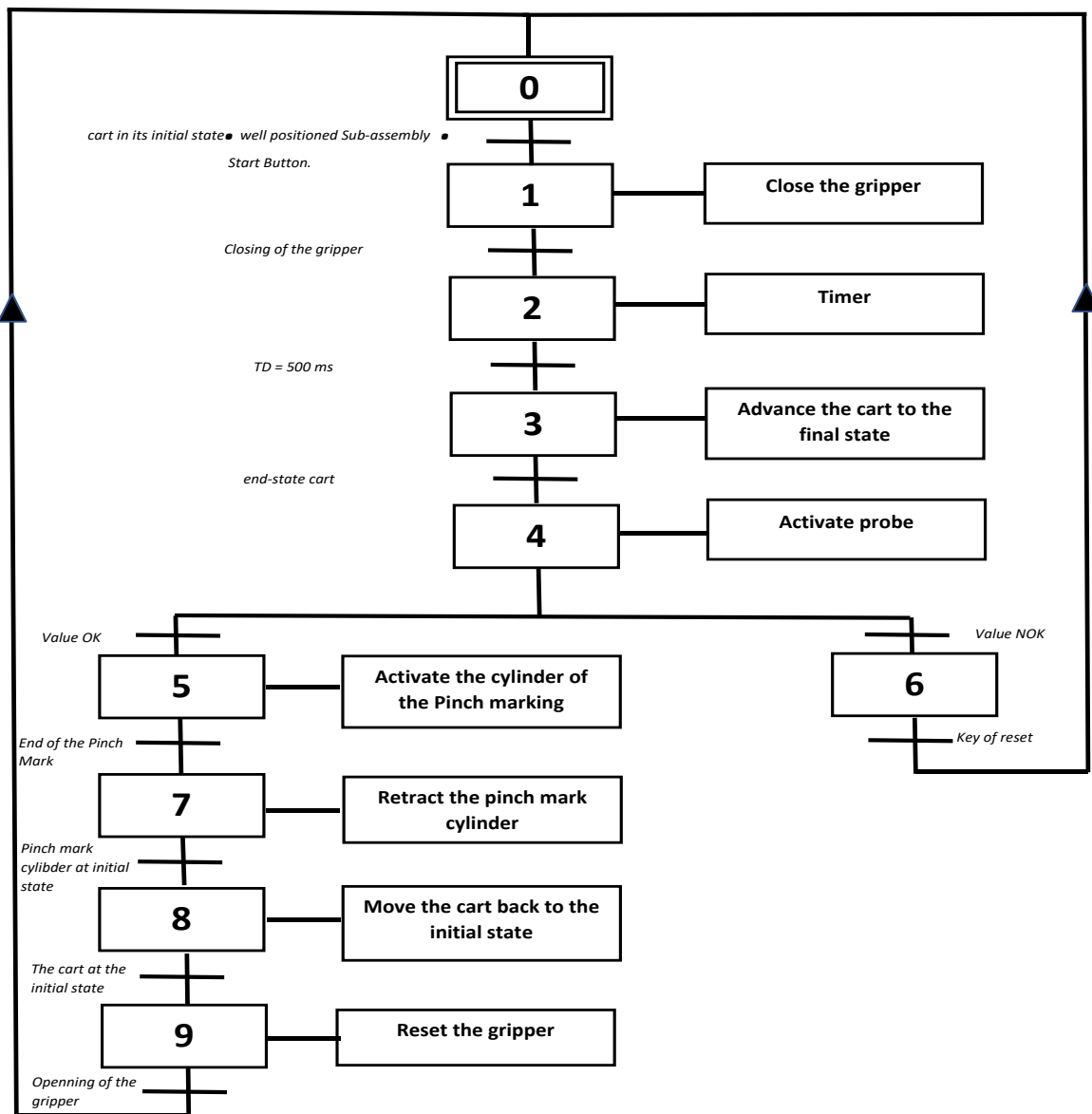


- **Logic testing**

after a few milliseconds from the insertion of the cable in the right position and the activation of the push button the cart must advance to its final state so that the probe can measure the distance we are looking for (1.3 ± 0.1 mm)

- if the depth of the terminal (the measured value) is **OK** → OK parts unloading.
- if the terminal depth is **NOK** → Key of reset

- **Sequential function chart**



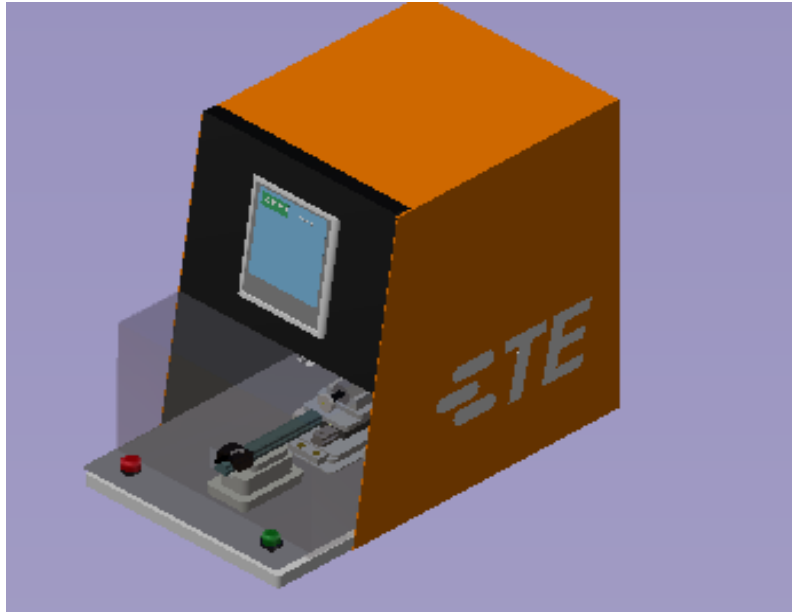
Note : the ladder program of this Grafset already exists, if the supplier does not



intend to add or modify anything in the sequence, we will be able to share it.

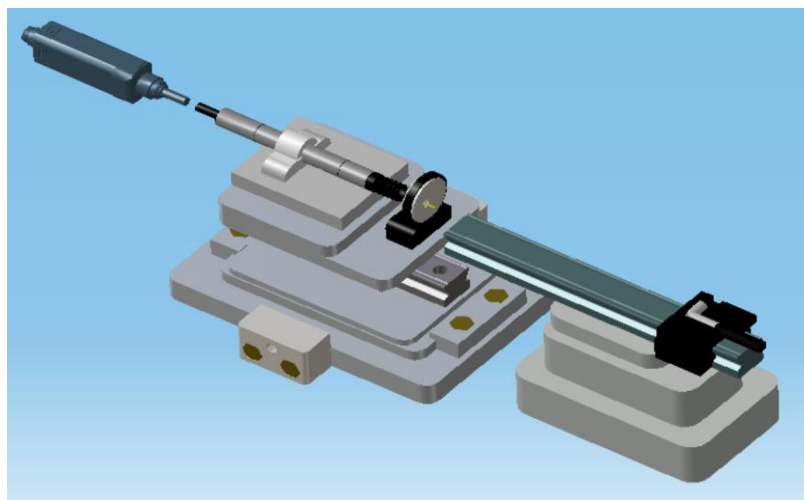
- **Concept 3D**

for the design of the machine we propose the following external frame.



the supplier has the right to modify or add parts according to the additional functions that have been added (the change from pinch marking to printing, cutting of NOK parts).

- **Moving mechanism**



To test the depth of the center contact we propose to use a probe (GT2-S5) which will make the measurement of the requested distance.



MACHINE SPECIFICATION
MATE AX 90° Pre-tester machine.
(deepness check device)
Rev. A

Project-No:

Date: 09/06/2022

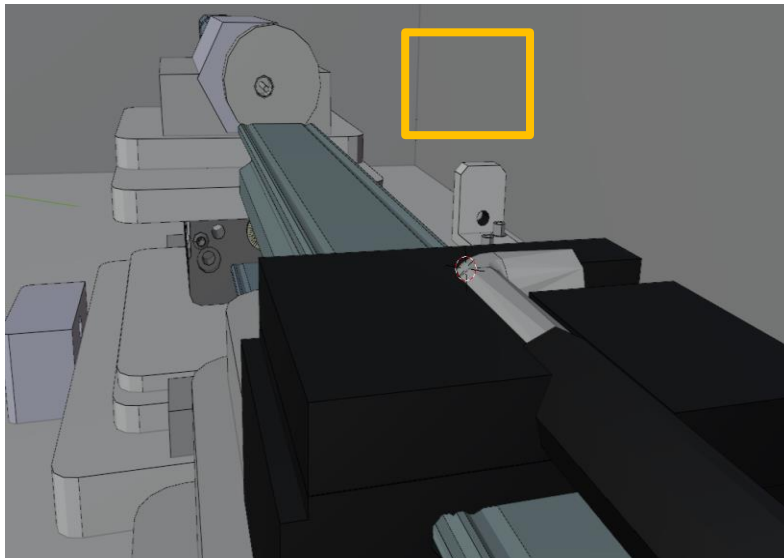
Page: 17

the supplier must develop a gauge that has a pin diameter less than 1.16 mm so that the pin can pass through the inspection hole.

Note :

the supplier must take into consideration the material of the pine (as it is a very small diameter) to eliminate any possibility of pine breakage.

if this is the case, the supplier must intervene to solve the problem.



- **Bill of materials (BOM) list**

after the study of the mobile mechanism, the supplier can use the following list of components also the reference of the main elements in the machine.



MACHINE SPECIFICATION
MATE AX 90° Pre-tester machine.
(deepness check device)
Rev. A

Project-No:

Date: 09/06/2022

Page: 18

BOM ListA1A1:C17		
NO	Name	Quantity
1	24 v switching power supply	1
2	Linear guideway	2
3	HMI WEINTEK	1
4	Probe	1
5	pneumatic cylinder	2
6	pneumatic distributor 5/2	3
7	PLC CLICK	1
8	Switch	1
9	Holder	1
10	Filter	1
11	Regulator	1
12	Lubricator	1
13	Button banner	1
14	Emergency Stop	1
15	Air pressure gauge	1
16	External frame	1
17	Metal base	1
18	24V security RELAY	1
19	Sensor of position	7
20	Sensor of presence	1
21	Key of reset	1
22	Relay	6


2.5 General technical requirements

Electrical control

The semi-automatic production machine is equipped with a central control.

The operator interface is in English and in the language of country where the machine will be positioned (TE production plant). If necessary, TE can supply the translation for the messages that are displayed on the operator interface/monitor.

- There must be 20% of free capacity for inputs and outputs, also space for additional expand of PLC must be in Electrical Cabinet.
- Readability of program in FBD and LAD, source code comments in English. Change of sensor status must be controlled during sequence to detect damage of cable and sensor.
- The sensor for static elements must be activated to detect disconnected connector and cable failure.
- Monitoring of functionality in a pair of sensors – concurrent activation of both terminal sensors (bad setting of sensors) on one cylinder or non-switching of either sensor in the usual time means undefined position of the moving part and the control system must react adequately to avoid damaging the machine (stop the entire machine immediately, or just the possibly colliding station).
- In case, that electrical test is part of equipment, self-test has to be included. When the testing adapter is not connected to the tested part, tester ensures that short circuits is not present between testing pins or between testing pin and frame.

	<p style="text-align: center;">MACHINE SPECIFICATION MATE AX 90° Pre-tester machine. (deepness check device) Rev. A</p>	<p>Project-No: </p> <p>Date: 09/06/2022 Page: 19</p>
---	---	--


- All processes and movements in the machine must be sent and controlled. Failure occurs even if the cylinder sensor is disconnected while the cylinder does not move, i.e. when the instruction to move was not issued and the sensor lost the signal. You cannot rely on the cylinder position.
- In case of power failure, all important data must be preserved.
- After power restoring, no movements or processes may resume automatically.
- Remote administration by the manufacturer must be enabled.
- Power off management, UPS (Uninterruptible Power Supply) for PC and camera, with signal for automatic and safe switching off

The master computer controls and supervises the machine and is the operator interface.

Central computer (Master):

- Database for the stations and for the required products
- Recipes for the cable assemblies must be saveable so that the required PN's can be selected easily
- Production statistic: counter of good and bad parts for each shift, each station and each production order
- Counters for shift and order statistic with button for reset/set to zero at the end of each shift/order.
- Counter for total number of good and bad parts on each station without any possibility for reset (most important for crimp station).
- Possibility to save the production statistics (ASCII code) to a local drive or on an external memory (USB storage device).
- Possibility to print the production statistics after each shift on a printer that is connected to the line.
- If a settable number of bad parts in a row are produced, the line must stop
- Different access control levels for set-up man and operator
- Counter for the wear parts. The amount of cycles for the wear parts (e.g. knives, crimper) have to be defined and entered into the system. Announcement (message on the screen) for the operator when the amount of cycles for a wear part is reached.
- At a power failure and/or an emergency stop, all parts in the assembly or present at the tester must be automatically re-tested or in case retest is not possible, they must be handled as bad parts.
- Light signals (red, yellow, green and blue) for the assembly line should be explained:

Red	blinking	–	error
Orange	blinking	–	warning
Green	on	–	production, automatic
Blue	on	–	missing material, full box, exceeded value of cycle time or scrap ratio
- Additional Visual indication of reliability and safety control – LED diod (It must be done based on Safety Guideline TEC-124-98)
TYPE: K80LGRAYP from Banner co. must be used.

	<p style="text-align: center;">MACHINE SPECIFICATION MATE AX 90° Pre-tester machine. (deepness check device) Rev. A</p>	<p>Project-No: </p> <p>Date: 09/06/2022 Page: 20</p>
---	---	--

Green – Cover is opened, energy under control, entry possible
Yellow – all functions ON, set-up mode activated Red + acoustic alarm – safety control doesn't work properly

- (Sub-) counters for each failure in details (for example each electrical failure,...)
- Cycle time counter with adjustable value (average from last 1000 parts). If machine exceeds defined cycle time failure report and blue indication on beacon will happen. Station or process with highest cycle time must be displayed.


Electric

- All coils at electromagnetic valves are equipped with LED's.
- Contact-free switches with LED's must have a plugable connection to guarantee an easy replacement in case of a failure.
- Sensors from Keyence, Balluff, Sick
- Power supply: 230V (400V) / 50Hz
- Operator panel: Pushbutton or Touch Screen
- Change of sensor status must be controlled during sequence to detect damage of cable and sensor.
- The sensor for static elements must be activated to detect disconnected connector and cable failure.

Pneumatic

The machine is equipped with a central air supply with service unit, pressure monitors, water traps and emergency stop valve. The work stations are supplied with compressed air through the assembly line.

- All pneumatic valves must be bi-stable or the system must provide the same function; e.g. pilot air for releasing the valves. Mono-stable type valves are not allowed (only for stopper control can be used Mono-stable valve). Air nozzles are exempt from this requirement or when the valve is controlling only the release of air. Safety category level 3, PLd as minimum.
- Water separator, visual pressure indication, pressure switch and safety valves must be implemented, and it must be connected to central distributions through it.
- Pneumatics with Oil-free air only possible. Air connection must have central lockable valve and it must be installed outside machine at height 60-150cm from the floor.
- Each cylinder with stroke higher than 10mm must have shock absorbers in semi-positions and end-positions.
- Each cylinder will be marked – related to pneuschema.
- All residual air must be identified in risk analysis and marked by warning label.
- Cylinders which can cause collision must have reverse valve which will keep them in default and safe position when system falls.

	<p style="text-align: center;">MACHINE SPECIFICATION MATE AX 90° Pre-tester machine. (deepness check device) Rev. A</p>	<p>Project-No: [REDACTED] Date: 09/06/2022 Page: 21</p>
---	---	---

- With installation of non-return valves must be also venting of propulsion secured.
- Pneumatic components (incl. throttle valves) must be used from Festo or SMC.
- The operating pressure is 6 ± 1 bar (10°C-50°).
- The operating pressure is controlled with a pressure switch.
- Pneumatic valves block with 20% reserve for possible extension
- Pressure regulators shall be marked with recommended settings and an easy access to the pneumatic blocks has to be ensured
- Environmental temperature: Min. 10°C, Max. 50°C
- Noise level: ≤ 78 dba

User interface and visualization

User interface and visualization will be used to inform operators about actual state of application and defects. Actual state must be accompanied by region of failure position, failure description and message OK/NOK/Error together with color marking (OK - green, NOK - red, Error - yellow). Display device will be clearly specified in specification. User software must be protected by multi-level password. Application must show project title, actual production, inspection step, actual time, cycle time, failure types with possibility active / inactive, statistic of failures, main counter with reset possibility and SPC graphs. Such advanced setup possibilities must be protected by password. Simple and low cost application, where this functions are not technically possible, are the exception.

Operation modes

Operation mode is selected by a key, it has 2 positions. Key can be removed only in automatic mode. (Detail description in [REDACTED])


For switching between modes will be used touch panel. End of mode by HW - STOP button (cycle will be completed before it stops). Start of modes described in chapters below. No scrap allowed to produce by switching of modes and NOK part can be detected as OK part.

Change over

Rebuilding of equipment to other PN is done in this mode. It will be done by service technician -> he will select program on TP. All program parameters will be set-up automatically. In case of conversion kits machine must detect use of right parts for defined program. Change-over can be done only by service technician – he must log in by his password. Service technician will do verification by gold samples.

Automatic mode

Standard operation mode, activated on the touch panel, launched by HW button – START, key must be in position automatic mode. End of mode by HW button – STOP, machine will finish cycle before it stops.

	<p style="text-align: center;">MACHINE SPECIFICATION MATE AX 90° Pre-tester machine. (deepness check device) Rev. A</p>	<p>Project-No: [REDACTED] Date: 09/06/2022 Page: 22</p>
---	---	---

Manual – Set-up mode

The mode is enabled/disabled by a key; it switches off the safety lock circuit. Option to choose one or all stations from the TP menu.

Step mode (closed covers)

Key must be on manual position, Set-up mode will be selected on touch panel, after push of HW button – START machine will perform cycle of station, touch panel will signalize by blinking on the stations which can continue. Step mode can continue by selection one of these stations.

Slow mode (one cover opened)

Key must be on manual position, Slow mode will be selected on touch panel, after push of HW button – START plus two hand control or hold to run function -> machine will perform one step of selected station by a slow speed. (table 2 in guideline T [REDACTED] specify moves which are forbidden in slow mode).

Individual cylinders mode

Key must be on manual position, Individual cylinder will be selected on touch panel, after push of HW button – START plus two hand control or hold to run function -> machine will perform moves of cylinder.

All mode must verify that no collision is possible and destruction of equipment can't happen.

It must be done based on Safety Guideline [REDACTED] which is part of this specification as attachment.

End mode

Emptying of machine. The mode is activated from the TP, launched by the START HW button. PN cannot be changed without the previous emptying of the machine.



Golden sample mode

Golden sample mode is used for regular verification of all quality control mechanisms (i.e. electrical test, mechanical or optical test,...). The mode is enabled/disabled only by a key.

It must be possible to easily insert these golden sample into requested area and perform the quality test. Clear visualization of test result must be present, that setupmen can easily check correct functionality of control mechanism. Test result won't affect machine statistics. In case that bad part cutter or any marking of good/bad part is in place, it must be deactivated in dummy mode.

Safety

The whole equipment must be covered, except the area where the light barrier is implemented. Cover will be hard fixed (Removal possible only with tools). Safety switches will be implemented on covers which will be possible to open – all power elements (pressure, power etc.) will shut down when cover will be opened. Touch

	<p style="text-align: center;">MACHINE SPECIFICATION MATE AX 90° Pre-tester machine. (deepness check device) Rev. A</p>	<p>Project-No: </p> <p>Date: 09/06/2022 Page: 23</p>
---	---	---

panel must indicate which cover is opened. Covers will be opened up from the bottom and must be hold by gas strut or other safety element. At opened position cover can't cause any harm. No. of open-able covers must be related to no. necessary accesses inside the machine (repair, maintenance, set-up etc.). Machine will have emergency stop it will be disconnected from the energy access together with shut down of all power elements when button will be pushed. Emergency buttons must be implemented on each places where man-power work is expected together with risky areas.

It must be done based on Safety Guideline  which is part of this specification as attachment.

2.6 Compliance with following EMC / EN - Guidelines

- CE incl. EMC Guideline
- DIN EN 61000-6-2 Electromagnetic compatibility
- DIN EN 60204 TI 1 Electrical equipment of industrial machines
- DIN EN 61000-4-2 Resistance against static discharge
- DIN EN 55011, EN 55022 Radio disturbance characteristics
- DIN EN ISO 12100-1 / -2 Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design
- DIN EN ISO 13850 Emergency off
- EN55024 EMV regulation
- DIN EN ISO 13857, EN 349, Accident prevention regulations (Unfallver-
DIN EN ISO 7731 hütungsvorschriften / UVV)

2.7 Packaging

An appropriate packaging for the machine must be considered.

3. Applicable drawings and specifications

Preliminary Application Specification :
Component and cable assembly drawings :
Cable drawing :
Control Reliable Safety Systems :

