



Université Sidi Mohamed Ben Abdellah
Faculté des Sciences et Techniques de Fès
Département de Génie Industriel



Mémoire de Projet de fin d'étude

Préparé par

KALLATI Aziza

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

Spécialité : Ingénierie en Mécatronique

Intitulé

**Conception et réalisation d'une station de vision artificielle
pour la mesure et le test de coplanarité des RFID.**

Lieu : Premo Méditerranée
Réf : 15 /IMT14



Soutenu le 24 Juin 2013 devant le jury :

- Pr M. CHERKANI HASSANI (Encadrant FST)
- Mr Z. ANNAJI (Encadrant Société)
- Pr M. RJEJ (Examinateur)
- Pr A. CHAMAT (Examinateur)

Résumé

Ce projet concerne la réalisation d'une station de vision artificielle pour la mesure et le test de coplanarité des RFID en trois étapes : la première étape est composée de deux aspects ; la conception mécanique de la station sur le logiciel Catia V5 et le choix des composants de la station pour la réalisation de ce projet. La deuxième étape concerne l'automatisation des mouvements dans la station de mesure de coplanarité avec l'automate JETTER NANO-B à l'aide du logiciel JETSYM. La troisième étape concerne la conception de l'interface VB qui va faire le calcul et le test de coplanarité et la communication avec l'automate pour la gestion des produits (Rebuts).

Mots clés: Vision artificielle, Catia V5, JETSYM, interface VB.

Abstract

This project concerns the development of a machine vision station for measuring and testing coplanarity of RFID in three stages: the first stage is composed of two aspects; mechanical design of the station on the Catia V5 software and the choice of station components for this project. The second step involves the automation of movements in the measuring station coplanarity with JETTER PLC NANO-B with the JETSYM software. The third step is the design of the VB interface that will do the calculation and test coplanarity and communication with the controller for product management (Scrap).

Keywords: Artificial vision, Catia V5, JETSYM, VB interface.

A mes très chers parents à qui je dois tout

A tous ceux qui me sont chers

KALLATI Aziza

Remerciements

En premier je tiens à remercier la direction de la société PREMO pour avoir accepté ma candidature pour ce stage.

Je tiens aussi à exprimer ma gratitude à Monsieur Zakaria ANNAJI, mon parrain de stage Ingénieur process au sein de PREMO – Tanger. Je le remercie vivement pour son encadrement de qualité, son omniprésence et son grand cœur.

Que les personnels du département ingénierie et du département qualité ; et les techniciens de la maintenance trouvent ici mes marques de reconnaissance pour leurs encadrements, leurs conseils tout au long de ma période de stage.

Je tiens à remercier tous le corps professoral du département génie Industriel de la FST-Fès ; pour les connaissances qu'ils m'ont permis d'acquérir tout au long de mon cursus universitaires.

Je remercie également mon encadrant pédagogique Monsieur CHERKANI. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude pour avoir bien voulu encadrer ce projet et suivre de près les différentes étapes de sa réalisation.

Je remercie tous les membres du jury pour l'attention qu'ils ont bien voulu porter à ce travail.

Finalement, je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué de près comme de loin à la réalisation de ce projet sous de bons auspices.

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Présentation de la société et Cahier des charges	1
I-1) Introduction :	3
I-2) Présentation de la société [1]:.....	3
I-2-1) Présentation du Groupe PREMO :	3
I-2-2) Organigramme de PREMO Méditerrané :	6
I-3) Description du processus de fabrication de la ligne 3DC15x15.....	7
I-4) Généralités sur les bobines 3Dcoil 15*15 [2]:.....	8
I-4-1) Introduction a RFID :.....	8
I-4-2) Antenne tridimensionnelle de basse fréquence (bobine 3D) (3DCoils) - 3DC15 SMD 3D Coil.....	9
I-4-3) Applications :	9
I-5) Cahier des charges du projet:	10
I-5-1) Problématique :	10
I-5-2) Objectifs attendus :.....	10
I-5-3) Planification des tâches :	11
I-6) Conclusion :	11
Chapitre II : L'analyse fonctionnelle et Contexte théorique du projet.....	3
II-1) Introduction :	14
II-2) Analyse fonctionnelle :	14
II-2-1) Diagramme de Bête à cornes :	14
II-2-2) Diagramme de Pieuvre :	15
II-2-3) Diagramme SADT :.....	16
II-2-4) Diagramme FAST :.....	17
II-3) Coplanarité :.....	20
II-3-1) Définition :.....	20
II-3-2) Norme JEDEC (JESD22 - B108A) [3]:.....	20
II-3-3) Description du calcul de coplanarité par la méthode de plan Régression [4] :.....	23
II-4) Conclusion :	24
Chapitre III : Partie opérative : conception mécanique et choix des composants.....	25
III-1) Introduction :	26
III-2) Conception mécanique de la station de mesure de coplanarité sous Catia V5 :	26
III-2-1) Description du système :	27
III-2-2) Procédure de fonctionnement :.....	27
III-3) Automate JETTER [5]:.....	28
III-3-1) Introduction :	28

III-3-2) Particularités :	29
III-3-3) Les types d'E/S de l'automate :	29
III-3-4) Port de communication :	33
III-4)Laser OMRON [6]:	33
III-4-1) Principe de fonctionnement et description de LASER:	33
III-4-2) LASER OMRON ZG2:	35
III-5) Système de centrage : vérin MXH10-5.....	39
III-6) Vérins à guidage linéaire MXQ12-100B et MXQ8-30A:.....	40
III-7) Axe électrique LEFS16A-300-R36P1:	41
III-8) Ventouse :	44
III-9) Electrovanne d'aspiration:	45
III-10) Bloc d'électrovanne SS5Y3-41P-5-M5-Q:.....	46
III-11) Adaptateur de fibre optiqueE3X-DA8-S :	47
III-12) Raccord standard M5 :	47
III-13) Senseur magnétique :	48
III-14) Liste de matériels et budget :	48
III-15) Conclusion :	50
Chapitre IV : Partie commande : Programmation	51
IV-1) Introduction :	52
IV-2) Programmation de l'automate JETTER sur JETSYM [7]:.....	52
IV-2-1) Introduction à JETSYM :	52
IV-2-2) Partie visuelle :	52
IV-2-3) Grafcet :	54
IV-3) Interface VISUAL BASIC [8]:.....	58
IV-3-1) Introduction à Visual Basic :	58
IV-3-2) Partie visuelle [9]:	59
IV-3-3) Algorithme :	62
IV-4) Conclusion :	64
Conclusion & perspectives.....	65
Références Bibliographiques.....	67
Annexes :	68

Liste des figures

Figure 1 : Site industriel à Tanger.
Figure 2 : Réseau mondiale de production, R&D.
Figure 3 : les différents produits de la société PREMO.
Figure 4: Les secteurs d'application des produits PREMO.
Figure 5: Organigramme PREMO-Tanger.
Figure 6: les postes de la ligne - 3D 15x15
Figure7 : Les principales étapes de fabrications des RFID.
Figure 8: transpondeur inductif à 3 axes (3DCoils)
Figure 9: Les dimensions du composant et de sa connexion électrique
Figure 10: plan des pattes
Figure 11 : diagramme de Gant prévisible des tâches.
Figure 12 : diagramme de bête à cornes
Figure 13 : Diagramme de pieuvre
Figure 14: présente la position du SADT dans la gestion d'un projet
Figure 15: Diagramme SADT niveau A0
Figure 16: Lecture du diagramme FAST
Figure 17 : Diagramme SADT.
Figure 18 : Trois sommets formant le plan de pose et englobant la projection de centre de gravité.
Figure 19 : représentation de la hauteur des terminaisons avec le plan de pose par la norme JEDEC
Figure 20 : méthode de plan de pose
Figure 21 : écart de coplanarité utilisant la méthode de plan de pose
Figure 22 : plan de régression
Figure 23 : Déviation de coplanarité utilisant la méthode de plan de régression.
Figure 24 : Meilleur plan de projection
Figure 25 : conception de la station de mesure de coplanarité sur Catia V5
Figure 26 : Emplacement du Laser.
Figure 27 : l'automate JETTER NANO –B
Figure 28 : Détails de connexion des entrées numériques.
Figure 29 : Connexion des sorties numériques.
Figure 30 : Détails de connexion des entrées analogiques.
Figure 31 : Détails de connexion des sorties analogiques
Figure 32 : Schéma du laser de numérisation
Figure 33 : exemple de profil d'un objet.
Figure 34 : configuration de base de la tête de capteur.
Figure 35 : Longueur du câble entre la tête de capteur et le contrôleur.
Figure 36 : Les données binaires de la valeur de mesure.
Figure 37 : Méthode de commande et réponse.
Figure 38 : connexion du capteur à un PC par un câble USB
Figure 39 : connexion de laser à un automate.
Figure 40 : schéma des broches.
Figure 41: type d'acquisition
Figure 42: Raccordement possible dans 3 directions.
Figure 43 : Schéma pneumatique.
Figure 44 : vérin à guidage linéaire intégré.
Figure 45 : circuit pneumatique recommandé.
Figure 46 : positionnement du vérin.
Figure 47 : Axe électrique LEFS16A-300-R36P1

Figure 48 : Actionneur vis à billes.
Figure 49: Présentation de l'axe électrique
Figure 50: installation de l'axe électrique avec l'API
Figure 51 : Ventouse ZPT06UNK6-B5-A8 de la société SMC.
Figure 52 : principe de l'effet venturi
Figure 53 : Système de génération du vide de SMC
Figure 54 : Caractéristiques du débit.
Figure 55 : Electrodistributeur SS5Y3-41P-5-M5-Q de SMC.
Figure 56 : Amplificateur numérique à fibres optiques E3X-DA8-S d'OMRON.
Figure 57 : Raccord standard M5 diamètre 6.
Figure 58 : Détecteur Reed D-A093 de SMC.
Figure 59 : Interface de JETSYM.
Figure 60 : Emplacement de certains composants
Figure 61 : feuille vide
Figure 62 : Vue de l'interface VB
Figure 63 : tête de capteur ZG2-WDS22.
Figure 64 : Contrôleur ZG2-WDC41A.

Liste des tableaux

- Tableau 1: Recensements des fonctions.
- Tableau 2: Liste des outils utilisés
- Tableau 3 : Données techniques des entrées numériques.
- Tableau 4 : Système de numérotation des entrées du contrôleur de base.
- Tableau 5 : Données techniques des sorties numériques.
- Tableau 6 : Système de numérotation des sorties du contrôleur de base.
- Tableau 7 : Données techniques des entrées analogiques.
- Tableau 8 : Données techniques des sorties numériques.
- Tableau 9 : Type et taille des données acquises.
- Tableau 10: caractéristiques du vérin MXH10-5.
- Tableau 11 : caractéristiques du vérin horizontal ou vertical.
- Tableau 12: Signal d'entrée.
- Tableau 13: Signal de sortie.
- Tableau 14 : Effort théorique de préhension
- Tableau 15 : Liste des prix des matériels.
- Tableau 16 : capteurs et actionneurs utilisés dans le grafcet.
- Tableau 17 : Les composants de tête de capteur.
- Tableau 18 : Les composants de l'afficheur.
- Tableau 19 : Panneau de commandes.
- Tableau 20 : Effort théorique du vérin à guidage linéaire MXH10-5
- Tableau 21 : Données techniques.
- Tableau 22 : caractéristiques de l'adaptateur.
- Tableau 23 : caractéristiques du détecteur.

Abréviations et Lexique

Abréviations

CMS : composants montés en surface.

SMD : surface mounted devices.

RFID : Identification par Radio Fréquence (Radio Frequency Identification).

TPMS : Système de surveillance de la pression des pneus (Tire Pressure Monitoring System)

PCB : Un circuit imprimé ou PCB (Printed Circuit Board).

CCD : Charged Coupled Device ou DTC : Dispositif à transfert de charges.

LCD : Liquid Cristal Display (écran à cristaux liquides).

SMPS : Alimentation à Découpage (Switch Mode Power Supply).

UPS : Alimentations sans coupure (uninterruptible power supplies).

EMC : ElectroMagnetic Compatibility ou CEM : compatibilité électromagnétique.

COG : center of gravity, centre de gravité.

AOI : automated optical inspection (inspection optique automatisé).

PV : Alimentation des éjecteurs.

PE : orifice d'échappement des pilotes.

SADT: Structured Analysis and Design Technic.

FAST: Functional Analysis System Technique.

Lexique

Scrap : est un terme en anglais qui signifie rebut ou bien pièce non conforme.

Apex : l'apex est l'extrémité d'un organe.

Substrat : base matérielle.

Laser : le Laser est un acronyme qui veut dire Light Amplification by Stimulated Radiation.

En français cela signifie amplification de la lumière par émission stimulée de rayonnement.

Vision artificielle : Traitement automatisé par ordinateur des informations visuelles.

Capteur CCD : Le capteur CCD est une mémoire analogique qui accumule des charges proportionnellement à son temps d'exposition. Il produit un signal vidéo à partir des charges accumulées dans les éléments du capteur.

Introduction générale

La satisfaction du client dépend en grande partie de la qualité des marchandises finies ou des performances de la machine utilisée.

Aujourd'hui, la nécessité de l'inspection et du contrôle qualité dans tous les processus de production n'est plus à démontrer. Le coût des problèmes de qualité est bien plus élevé que l'investissement, qui est rapidement rentabilisé. Pour réduire encore le nombre et le coût des produits défectueux, la tendance consiste clairement à passer d'un contrôle unique en fin de processus à plusieurs contrôles qualité tout au long du processus. La demande pour des systèmes d'inspection précis, fiables et rapides est donc encore plus pressante.

À cet égard, mon projet de fin d'études effectué au sein de la société PREMO Méditerranée a deux objectifs, la conception d'une station de mesure de coplanarité de la ligne 3D 15x15 et l'automatisation du test de coplanarité.

Le présent rapport décrit la démarche adoptée pour la réalisation de notre projet, qui a été structuré de la façon suivante :

- le premier chapitre commence par une présentation de l'organisme d'accueil du stage, PREMO Méditerranée, et quelques généralités sur les antennes RFID, ensuite une présentation de la problématique et du cahier des charges.
- Le deuxième chapitre fait l'objet d'une étude fonctionnelle du projet et une étude théorique du terme « coplanarité ».
- Le troisième chapitre présente la première étape du projet, la conception mécanique de la station de mesure de coplanarité, et les éléments de la partie opérative.
- le quatrième chapitre entame la deuxième et la troisième étape concernant l'automatisation de la station de mesure de coplanarité, et la conception d'une interface VB de test de coplanarité et la communication avec l'automate pour la gestion des produits (Rebuts).

Le manuscrit se termine par une conclusion générale et des perspectives.

Chapitre I

Présentation de la société et Cahier des charges.

Dans ce chapitre nous allons présenter les points suivants :

- ❖ Une présentation de l'organisme d'accueil du stage, PREMO Méditerranée.
- ❖ le processus de fabrication de la ligne 3DC15x15
- ❖ Le Cahier des charges du projet de PFE.

I-1) Introduction :

Dans ce chapitre nous allons premièrement présenter d'une manière générale PREMO et plus particulièrement PREMO Méditerranée usine de Tanger en tant qu'organisme d'accueil où mon stage de projet de fin d'études a été effectué. Deuxièmement une description de la ligne de production 3DC15x15 et RFID, le produit sur lequel nous avons automatisé le test de coplanarité. Finalement une vue générale sur projet en présentant le cahier des charges.

I-2) Présentation de la société [1]:

I-2-1) Présentation du Groupe PREMO :

Le Groupe PREMO jouissant de plus de 45 ans d'expérience est un fabricant international de composants inductifs. Il est en fait l'un des trois plus grands exportateurs de composants électroniques espagnols et un leader mondial des antennes RFID de basse fréquence. PREMO s'est consolidé comme un holding et emploie plus de 500 personnes à travers le monde. Le chiffre d'affaires de la compagnie a été de 28 million d'euros en 2008. Le Groupe offre une large gamme de produits et services formés des composants RFID, des inductifs, PLC et filtres. PREMO soutient ses clients dès la première étape du design. Un ingénieur hautement qualifié est assigné à chaque nouveau produit/ Project. PREMO développe et fabrique des produits de haute qualité ayant des applications sur les secteurs stratégiques comme l'industrie automobile, les énergies renouvelables et le secteur ferroviaire.

a) L'histoire de PREMO :

PREMO, S.A. a été fondée en 1962 afin de développer et fabriquer des postes de télévision et les composants inductifs utilisés dans ces derniers. Cependant, huit ans plus tard PREMO a abandonné la production de postes de télévision et s'est spécialisée dans ce qui allait devenir l'activité principale de tout le groupe : la fabrication et l'exportation des composants inductif. Le premier point de vente à l'étranger fût établi en France en 1982.

En 1981, PREMO s'est divisée en plusieurs sociétés spécialisées dans différents secteurs de composants inductifs. Les sociétés suivantes ont été créées :

- Premium, S.A. (L'Hospitalet de Llobregat - Barcelone, 1981 : sources d'alimentation électriques)
- Predan, S.A. (Málaga, 1989 : composants RFID)
- Nuctor, S.A. (L'Hospitalet de Llobregat - Barcelone, 1989 : composants inductifs)
- Powertransfo, S.A. (L'Hospitalet de Llobregat - Barcelone, 1991 : transformateurs de puissance)
- Prefilter, S.A. (L'Hospitalet de Llobregat - Barcelone, 1991 : filtres RFI).

Une étape importante a été franchie lorsqu'un nouveau centre R&D et une usine ont été ouverts dans Parc Technologique de l'Andalousie (Málaga, Espagne) en 1995 dédiés à la fabrication des composants RFID. Sous la marque Predan, la vente de composants RFID a expérimenté un vrai boom, devenant le produit phare du Groupe PREMO.

En 1999 expansion étrangère débute avec l'ouverture des bureaux de vente aux États-Unis. Le Groupe PREMO se fait représenté dans six états à travers trois réseaux commerciaux. Cependant, ce n'est qu'en 2001 que le Groupe PREMO commence à se consolider comme une véritable entreprise multinationale. Cela se concrétise par l'ouverture d'un nouveau site industrielle dans la ville chinoise de Wuxi, près de Shanghai. Ce site s'avère être le plus grand centre de production du Groupe PREMO à ce jour. Il emploie plus de 254 salariés parmi lesquels 8 ingénieurs en R&D. Un grand nombre de produits PREMO sont fabriqués dans cette usine.

Avec l'ouverture du site chinois, les différentes sociétés formant le Groupe PREMO commencent à ressentir le besoin de commercialiser et vendre leurs produits sous la même marque, sans toutefois perdre leur autonomie. En vertu de ce désir, une nouvelle image de la marque est développée avec une version moderne du logo PREMO conservant la couleur rouge, couleur officielle de PREMO, S.A. Les sociétés mères PREMO, Predan et Powertransfo, Prefilter, Nuctor et Premium vendent désormais sous la nouvelle image de marque.

En 2004, le Groupe PREMO a ajouté une nouvelle gamme de produits à son catalogue : les produits PLC. Il s'agit des inducteurs, des transformateurs, des instruments de contrôle et d'autres dispositifs particulièrement conçus pour la transmission de données à travers le réseau électrique publique. C'est une activité très prometteuse vu que le coût des télécommunications est appelé diminuer tandis que la vitesse de transmission augmentera considérablement à la différence des réseaux de télécommunications traditionnels. Le développement et la fabrication des produits PLC se feront sur le site de Málaga. La figure 1 illustre l'usine PREMO de Tanger.



Figure 1 : Site industriel à Tanger.

En 2006, PREMO ouvre un nouveau site industriel à Tanger, Maroc.

En 2008, PREMO se consolide comme un holding et un fabricant mondial des composants inductifs.

b) Présence mondiale :

PREMO est une compagnie dont l'objectif est d'être toujours près de ses clients grâce à un réseau mondiale de production, R&D et les ventes. La figure 2 présente l'emplacement des filiales de PREMO à travers le monde.

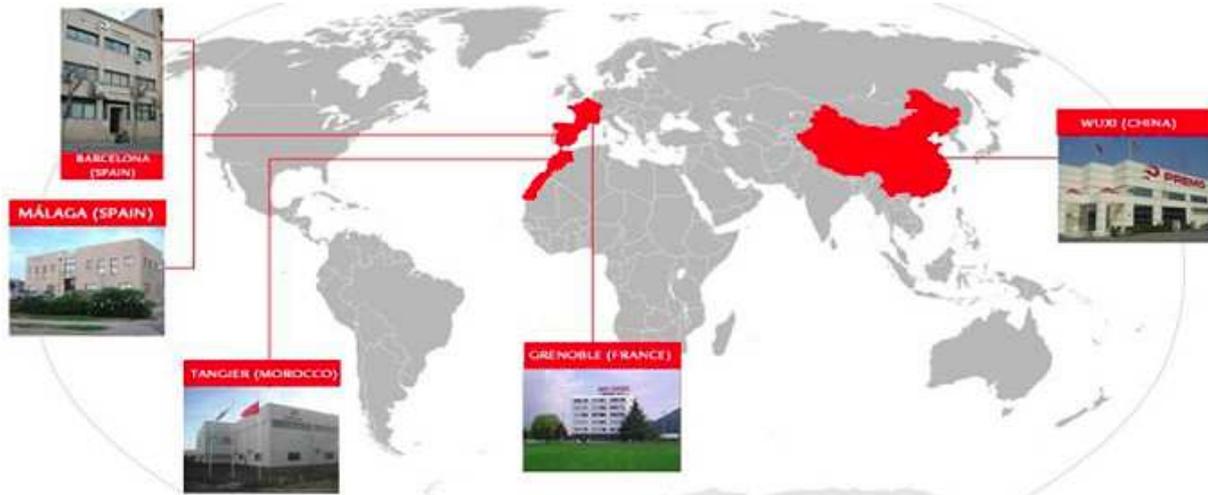


Figure 2 : Réseau mondiale de production, R&D.

Siège social: Barcelone, Espagne.

Centres de design: Barcelone, Espagne: centre de conception des composants inductifs, de la technologie planaire et des filtres EMI.

Málaga, Espagne : produit RFID pour l'industrie automobile. Ce centre a son propre laboratoire d'essai. Grenoble, France: PREMO France développe la technologie du secteur avionique.

Sites de production: Wuxi, Chine: la plus grande usine du groupe PREMO. Une véritable chaîne de design de haute qualité des composants inductifs, RFID, PLC et filtres CEM. Tanger, Maroc: fabrication des produits RFID, filtres CEM, transformateurs toroïdaux de puissance.

c) Produits de l'entreprise :

Le Groupe PREMO conçoit une vaste gamme des composants inductifs utilisés dans les équipements électroniques de beaucoup de secteurs industriels à travers le monde entier. La figure 3 présente les différents produits fabriqués dans la société PREMO de Tanger.

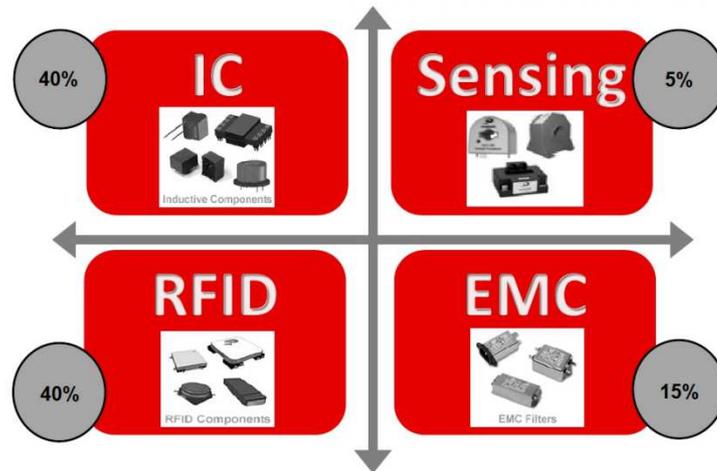


Figure 3 : les différents produits de la société PREMIO.
d) Secteurs stratégiques :

PREMIO conçoit, produit et commercialise une gamme variée de composants inductifs standards pour l'électronique de puissance (électronique liée aux grands courants électriques nécessaires pour les équipements de puissance) notamment pour les alimentations électriques et les applications industriels en général. PREMIO fabrique également de composants pour le traitement des signaux à basse fréquence appropriées pour des équipements très divers comme les utilisés en télécommunications, en transport ferroviaire, en énergie, dans des applications médicales ou dans l'industrie aérospace et militaire. La figure 4 donne le pourcentage de l'utilisation des produits PREMIO par secteur.

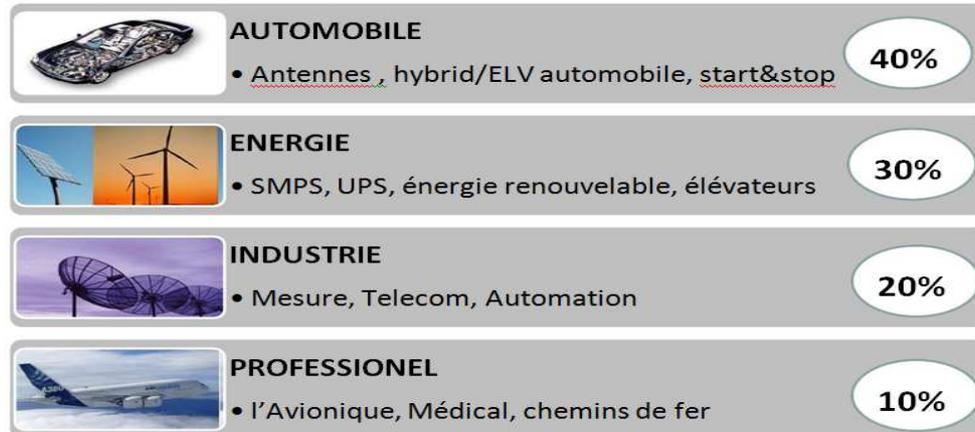


Figure 4: Les secteurs d'application des produits PREMIO.

I-2-2) Organigramme de PREMIO Méditerranée :

Pour une gestion plus efficace et dynamique des principaux métiers de la société, la figure 5 présente l'organigramme adopté :

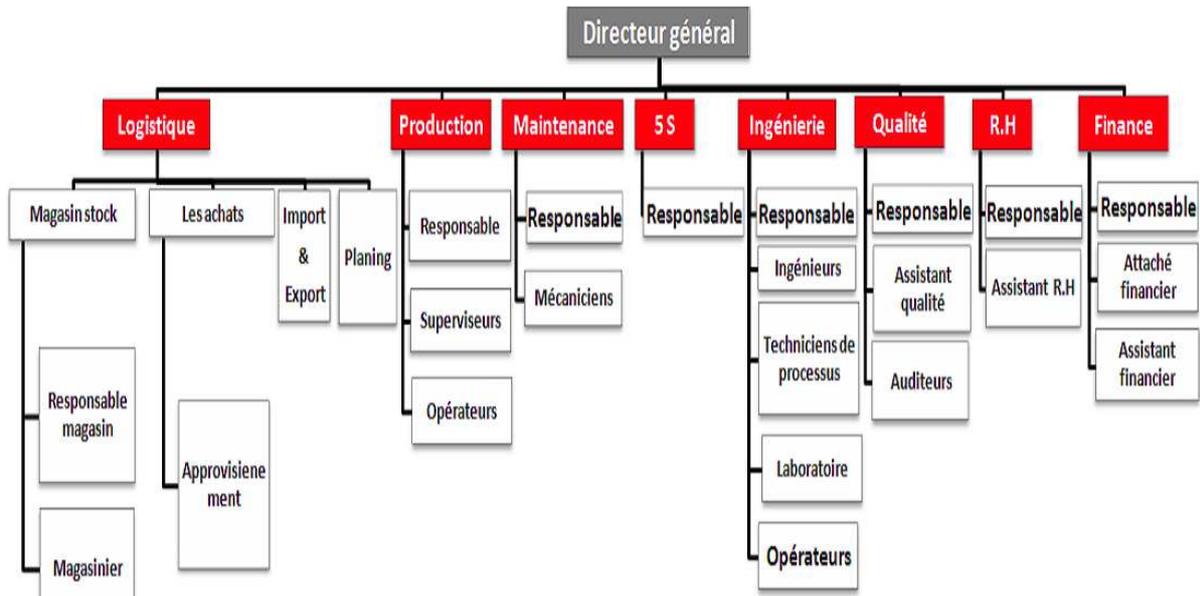


Figure 5: Organigramme PREMO-Tanger.

I-3) Description du processus de fabrication de la ligne 3DC15x15:

La fabrication des produits à PREMO-Tanger est répartie en zones de production (chaque zone pour un type spécifique de produit), dans ces zones on trouve des lignes de production. Le produit qui fait objet de ce projet fait partie de la catégorie « RFID Components », et il port la désignation **3DC15x15**

Afin d’avoir le produit finale, la bobine 3DC15x15 doit passer par 13 étapes décrit par la suit (Figure6) :

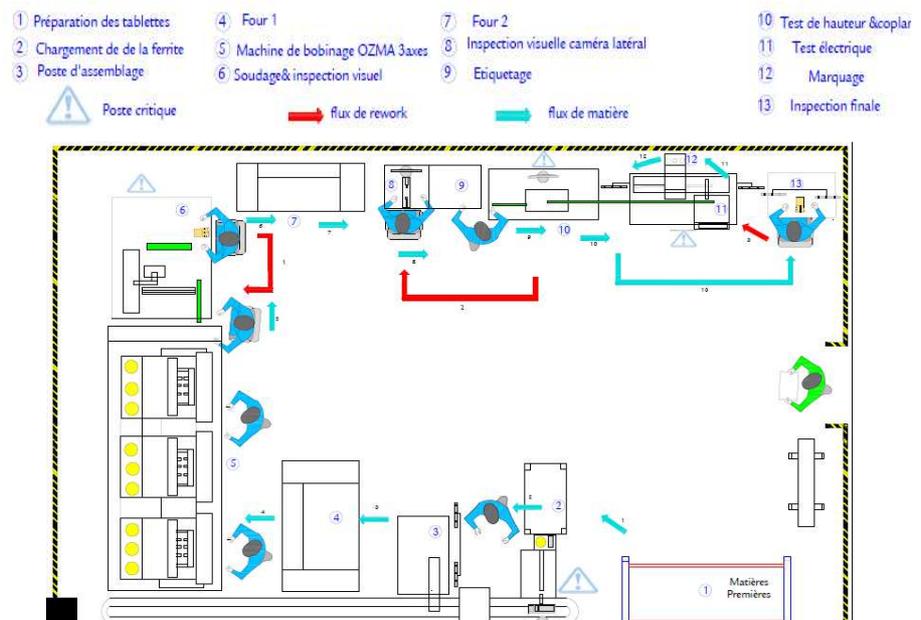


Figure 6: les postes de la ligne 3D 15x15

Les principales étapes de fabrication des antennes RFID sont (Figure

7) :

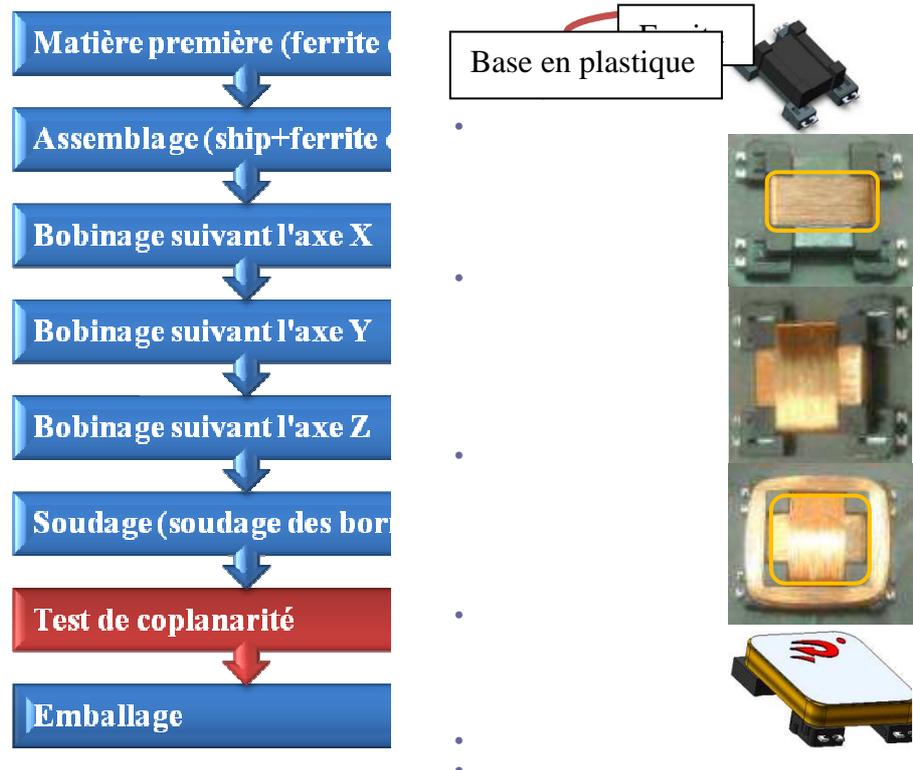


Figure7 : Les principales étapes de fabrications des RFID.

I-4) Généralités sur les bobines 3Dcoil 15*15 [2]:

I-4-1) Introduction a RFID :

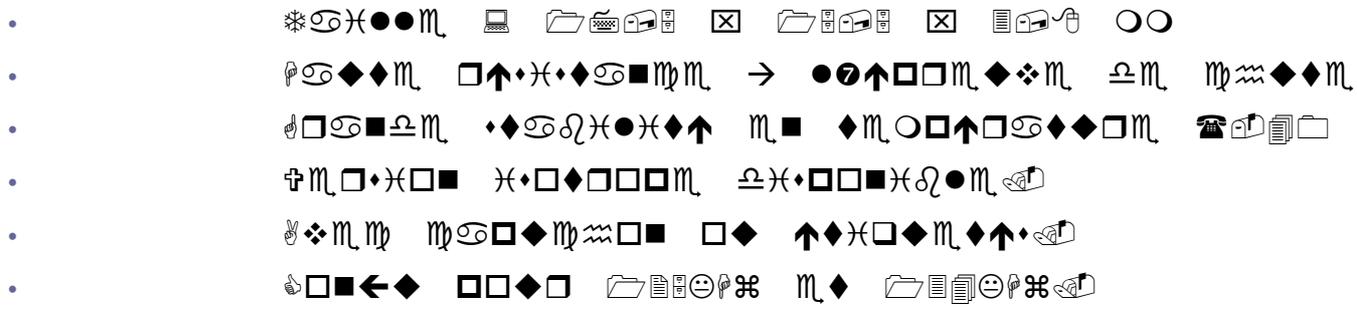
L'abréviation RFID signifie « Radio Frequency Identification », en français, « Identification par Radio Fréquence ». Cette technologie permet d'identifier un objet, d'en suivre le cheminement et d'en connaître les caractéristiques à distance grâce à une étiquette émettant des ondes radio, attachée ou incorporée à l'objet. La technologie RFID permet la lecture des étiquettes même sans ligne de vue directe et peut traverser de fines couches de matériaux (peinture, neige, etc.).

L'étiquette radiofréquence (transpondeur, étiquette RFID), est composée d'une puce (en anglais « chip ») reliée à une antenne, encapsulée dans un support (RFID Tag ou RFID Label). Elle est lue par un lecteur qui capte et transmet l'information.

I-4-2) Antenne tridimensionnelle de basse fréquence (bobine 3D) (3DCoils) - 3DC15 SMD 3D Coil

- Les systèmes de télé-déverrouillage (systèmes d'ouverture/fermeture de l'automobile), cette bobine, l'isotropie est souvent recherchée dans l'antenne RFID. Dans des applications de transmission, reçoit, amplifie et retransmet des signaux sur des fréquences différentes), cette fonction a été réalisée par des bobinages orientés dans 3 axes de l'espace. La nouvelle bobine 3D de PREMO RFID offre la possibilité de réaliser une antenne en un seul lieu de trois, en réduisant ainsi le coût, économisant de l'espace de PCB (Printed Circuit Board : carte à circuit imprimé), la fiabilité du circuit. La sensibilité, le profil bas et la petite taille sont les clés de ce composant RFID. Les systèmes de télé-déverrouillage avec trois enroulements tri-rectangulaires assure un champ optimal d'isotropie. La figure 8 est une image du produit RFID.

-
-



- La figure 9 et 10 présente les dimensions de la pièce et de ses pattes :

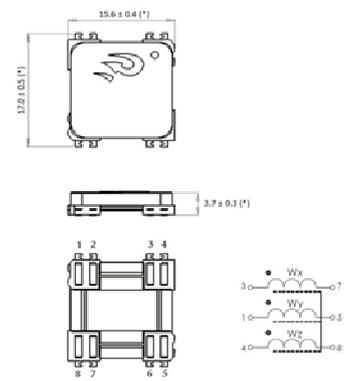


Figure 9: Les dimensions du composant et de sa connexion

I-4-3) Applications :

- Systèmes de télé-déverrouillage d'automobile.
- Automobile TPMS avec une fonction de réveil.
- Dispositifs de repérage.

I-5) Cahier des charges du projet:

I-5-1) Problématique :

Le Scrap (Rebut) est considéré comme le premier souci du département de la production et de la qualité, vu son impact sur la cadence de production, et sur le coût de revient. Ainsi l'implantation d'une démarche analytique est nécessaire pour y remédier à ce problème.

Le présent projet concerne un composant semi-conducteur monté en surface, comprenant des terminaisons destinées au soudage sur la surface d'une carte électronique.

La technologie des composants montés en surface (bien connus sous l'acronyme « CMS » ou « SMD » pour « Surface Mounted Devices » selon la terminologie anglo-saxonne) désigne une technologie d'assemblage des composants sur cartes électroniques qui est largement utilisée par l'industrie électronique.

Cette technique consiste à souder les terminaisons des composants d'une carte électronique à sa surface.

Cependant, la difficulté majeure de la technique CMS réside dans le fait que les réparations ou opérations de maintenance du soudage sont très délicates.

Par conséquent, pour satisfaire les exigences en termes de qualité du soudage, les différentes terminaisons d'un composant doivent présenter une excellente coplanarité de leur face inférieure, c'est-à-dire inférieure ou égale à 0,15 mm.

Afin de garantir la coplanarité requise, il est donc nécessaire d'effectuer un contrôle à 100% de la coplanarité des terminaisons des composants, ce qui nécessite un matériel coûteux (système Laser par exemple) et allonge notablement la durée de production des composants.

Le but du présent projet est donc de concevoir un dispositif automatique pour le test qui permette de garantir la coplanarité requise pour les terminaisons d'un composant semi-conducteur destiné au montage en surface.

A travers ce cahier des charges nous allons traiter:

- La conception mécanique de la station de mesure de coplanarité.
- L'automatisation de la station de mesure par la programmation d'un API.
- La conception d'une interface VB pour la gestion des produits.

I-5-2) Objectifs attendus :

La station doit être capable de :

- Suivre un parcours pour apporter la pièce d'une position à une autre ;
- Centrer la pièce avant de faire le test de coplanarité pour assurer une bonne détection des pins et par suite un bon calcul de coplanarité;
- Eviter la coïncidence de 2 étapes pour ne pas endommager le matériel ;

- Trier les pièces OK, les mettre sur le convoyeur pour qu'ils passent au test suivant, et les pièces NOK, les rejeter dans le scrap.

I-5-3) Planification des tâches :

Le diagramme de GANTT présenté dans la figure11, jouait le rôle du fil conducteur tout au long du projet. Il nous a permis d'ajuster les dérives et de maîtriser la gestion du temps alloué pour la réalisation du projet. Les livrables des différentes phases de ce planning servent de documentation pour le projet et nous a servis à la rédaction de ce rapport.

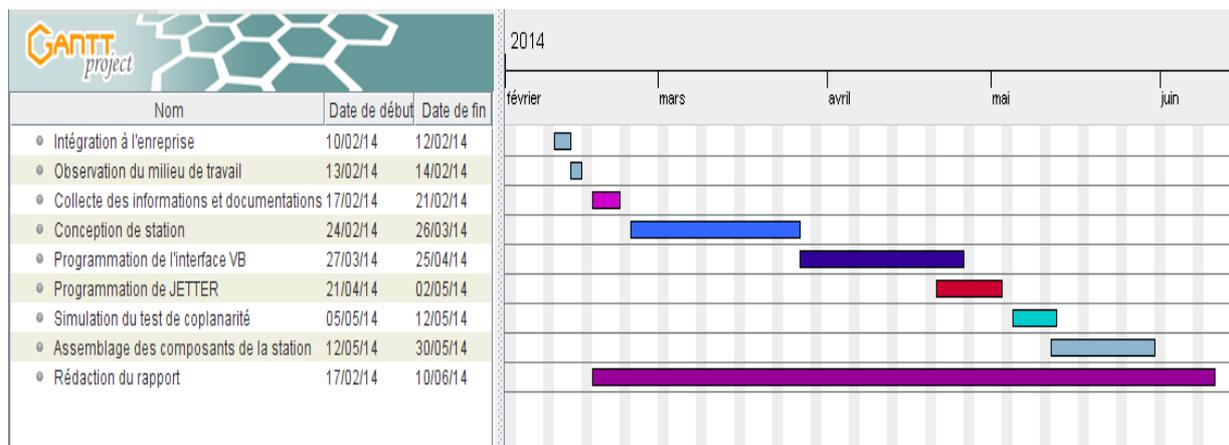


Figure 11 : diagramme de Gant prévisible des tâches.

I-6) Conclusion :

Nous avons mis notre projet dans son contexte, en commençant par la présentation de la société PREMO, puis en donnant une vue générale sur le cahier des charges du projet et sur les objectifs attendus. Dans le chapitre suivant nous allons passer à l'analyse fonctionnelle du besoin et quelques généralités sur le terme « coplanarité ».

Chapitre II

L'analyse fonctionnelle et Contexte théorique du projet

Dans ce chapitre nous allons vous présenter les points suivants :

- ❖ une étude fonctionnelle (diagramme Bête à cornes, SADT, FAST et pieuvre).
- ❖ Explication de la notion « Coplanarité ».

II-1) Introduction :

Dans ce chapitre nous allons élaborer l'analyse fonctionnelle du projet. Le but de l'AF est d'optimiser la conception de produits en s'appuyant sur les fonctions que doit réaliser le produit. Une fois les fonctions du produit identifiées et caractérisées, l'équipe de conception peut mesurer son état d'avancement et de réussite par rapport à des critères objectifs. Puis nous allons aborder la norme que nous allons appliquer pour établir le calcul de coplanarité.

II-2) Analyse fonctionnelle :

II-2-1) Diagramme de Bête à cornes :

La méthode APTE propose un outil graphique appelé bête à cornes qui permet une expression graphique du besoin en donnant la réponse aux questions suivantes (voir Figure12):

- À qui le Produit rend-il service ?
- Sur quoi le Produit agit-il ?
- Dans quel but le Produit existe-t-il?

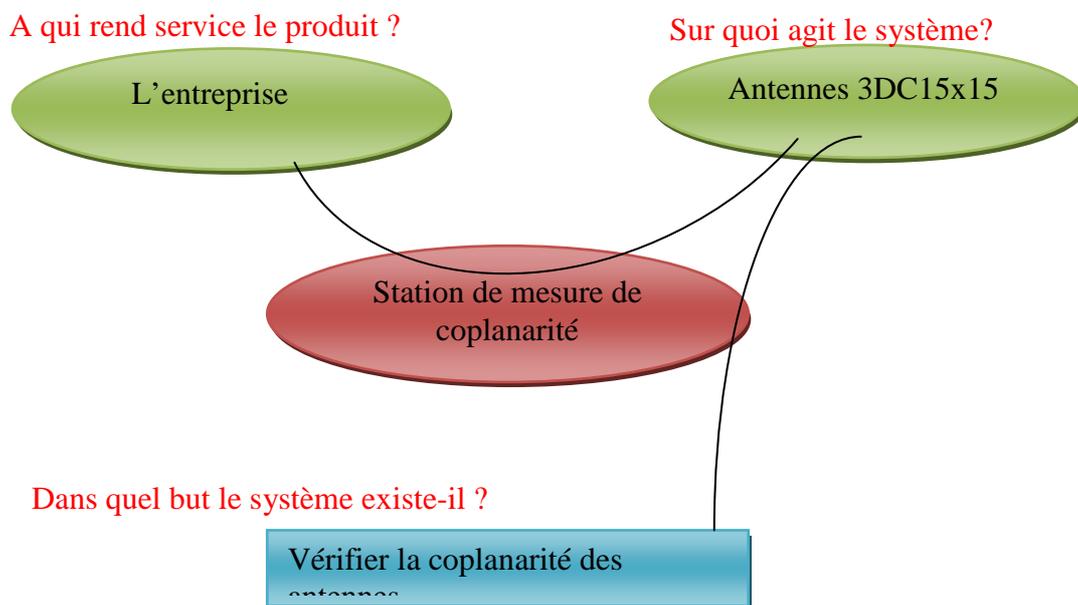


Figure 12: diagramme de bête à cornes

Validation du besoin À partir de cela, il ne reste plus qu'à valider le besoin en se posant les questions suivantes :

- Pourquoi le besoin existe-t-il ?

- ⇒ But : mesurer l'écart de coplanarité des pièces et les trier.
- ⇒ Raison : avoir des pièces de bonne coplanarité, appartient à l'intervalle mentionné.

-Qu'est ce qui pourrait le faire évoluer ?

⇒ Le système de mesure automatique de la coplanarité peut évoluer en fonction des attentes ou des besoins particuliers des utilisateurs, des contraintes économiques, etc....

-Qu'est ce qui pourrait faire disparaître le besoin ?

⇒ Le manque de besoin

II-2-2) Diagramme de Pieuvre :

Ce diagramme est constitué du produit, au centre, et, autour, des éléments de son environnement (milieu extérieur). Il sert à l'expression de fonctions, et donc permet la représentation graphique d'une partie du Cahier des Charges. Il permet également de bien identifier l'environnement d'évolution du système, de déterminer avec précision et concision les relations entre ce système et les éléments du milieu environnant et les relations entre couples d'éléments extérieurs.

Le diagramme pieuvre présenté dans la figure 13 ne remplace pas un cahier des charges, il permet uniquement d'en représenter certains points avec une grande rapidité de compréhension.

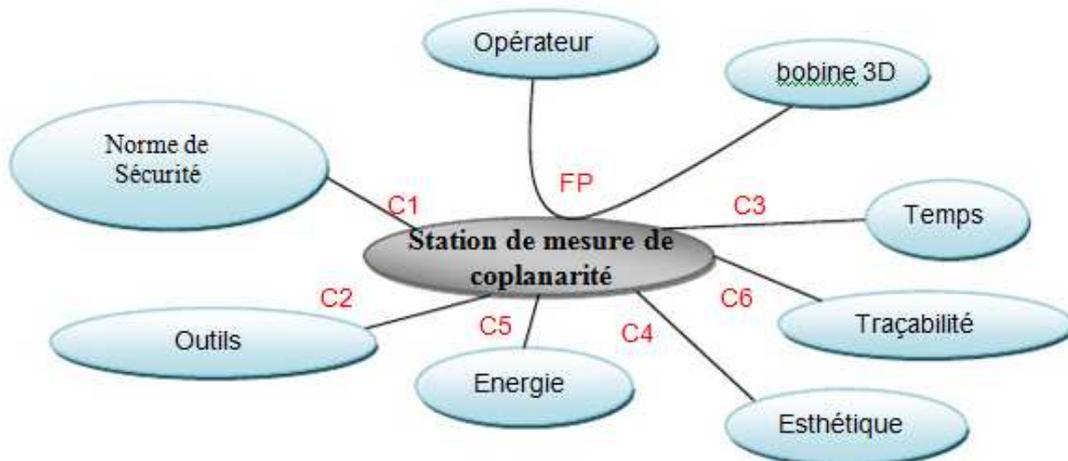


Figure 13: diagramme de pieuvre

Le tableau 1 explique chaque fonction du diagramme pieuvre :

Tableau 1: recensements des fonctions.

• N°	• Nature
• FP1	• Tester la coplanarité des bobines 3D par un opérateur
• C1	• Etre en conformité avec les normes en vigueur
• C2	• Protéger le matériel utilisé
• C3	• Minimiser le temps de vérification
• C4	• Etre esthétique

•	C5	•	S'adapter à l'énergie de l'entreprise
•	C6	•	Garder l'historique des tests effectués

II-2-3) Diagramme SADT :

La méthode S.A.D.T représente le système comme une boîte fermée, ayons pour entrées la matière première, les ordres de réglage, l'énergie..., et comme sortie le produit finale. La figure 14 présente l'évolution de l'analyse et de la conception du système automatisé :

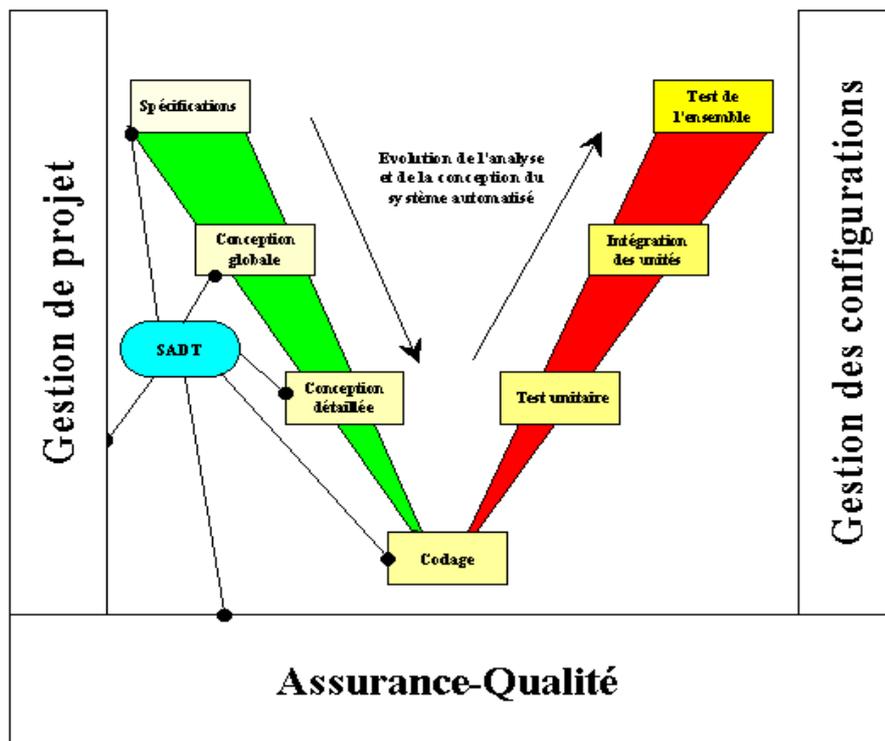
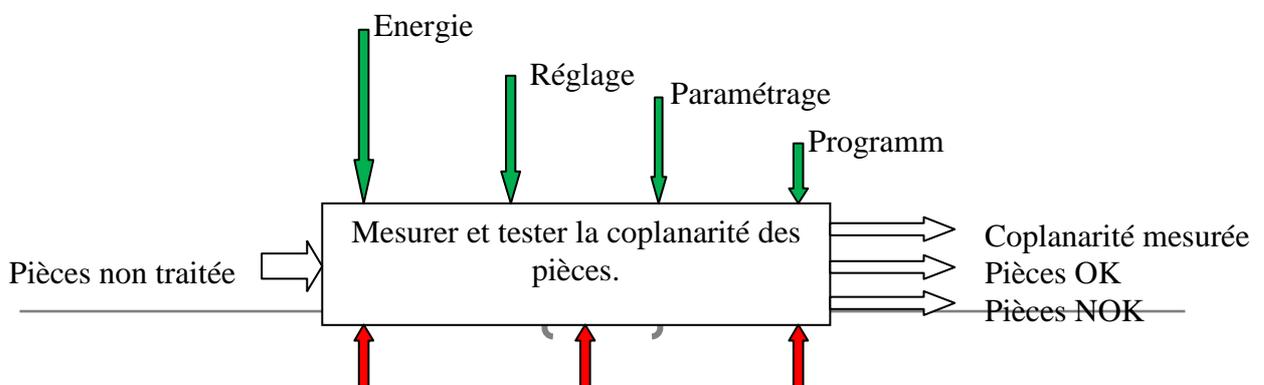


Figure 14: présente la position du SADT dans la gestion d'un projet

Le SADT va permettre d'aider à la gestion d'un projet. Par son rôle d'analyse, il sera possible de l'utiliser à tous niveaux de la conception du SA au codage (programmation du système automatisé).

On applique cette analyse sur le système de mesure de coplanarité (voir la figure suivante):



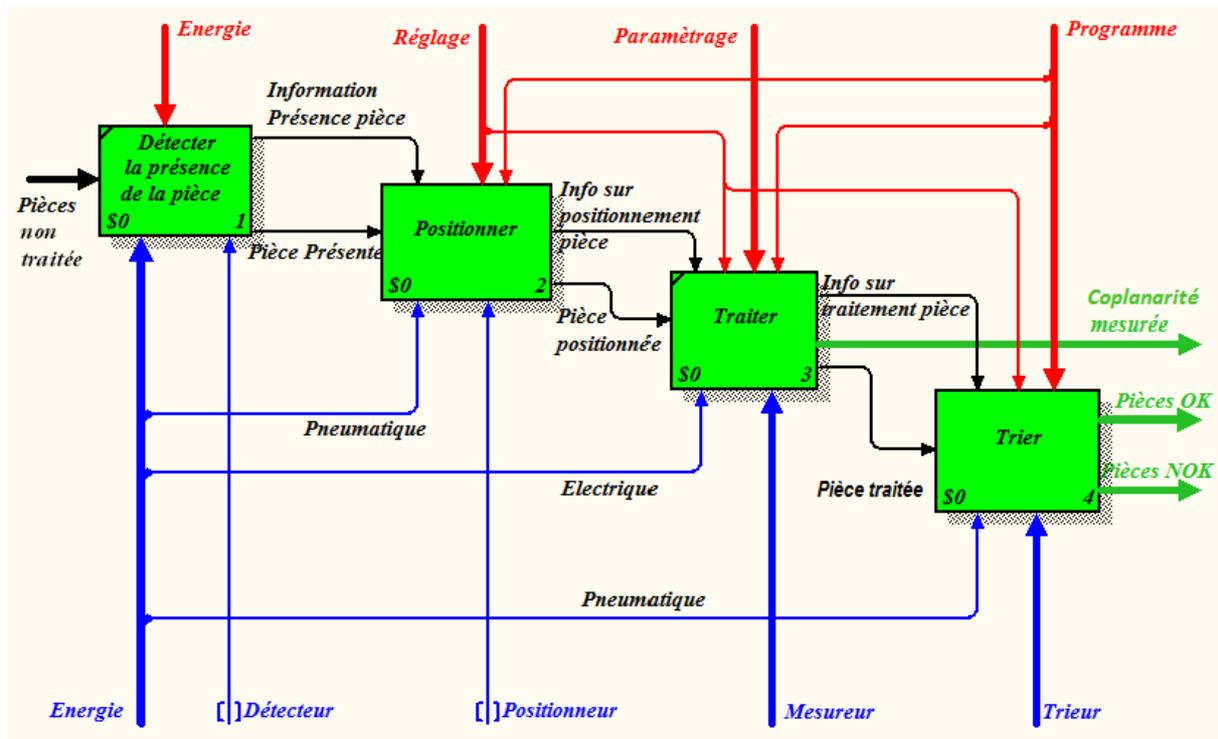


Figure 15: diagramme SADT niveau A0

II-2-4) Diagramme FAST :

La méthode FAST présente une traduction rigoureuse de chacune des fonctions de service en fonction(s) technique(s), puis matériellement en solution(s) constructive(s). Le diagramme FAST se construit de gauche à droite, dans une logique du pourquoi au comment. Grâce à sa culture technique et scientifique, l'ingénieur développe les fonctions de service du produit en fonctions techniques. Il choisit des solutions pour construire finalement le produit. Le FAST est un outil descriptif. On utilise malgré tout un autre outil qui n'est pas normalisé.

a) Fonction Technique :

Une Fonction Technique (F.T.) est une fonction contribuant à réaliser une fonction de service par un moyen technique.

b) Lecture du FAST :

La figure 16 présente la méthode pour lire le diagramme FAST :

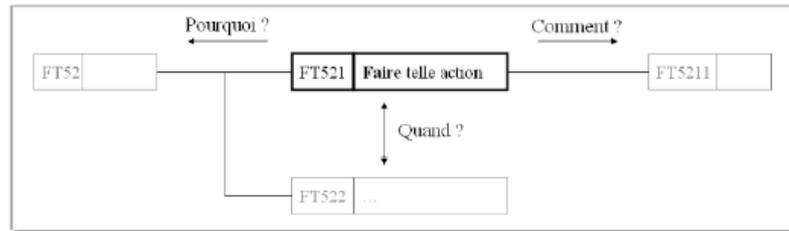


Figure 16: lecture du diagramme FAST

- ❖ Pourquoi FT521 existe-telle ? → Pour réaliser FT52 (et seulement FT52)
- ❖ Comment FT521 est-elle réalisée? → Grâce à FT5211 (il peut y en avoir d'autres)
- ❖ Quand FT521 intervient-elle ? → «En même temps que » FT522

On applique cette analyse sur le système de mesure automatique de coplanarité par vision artificielle (voir le diagramme suivant : figure 17):

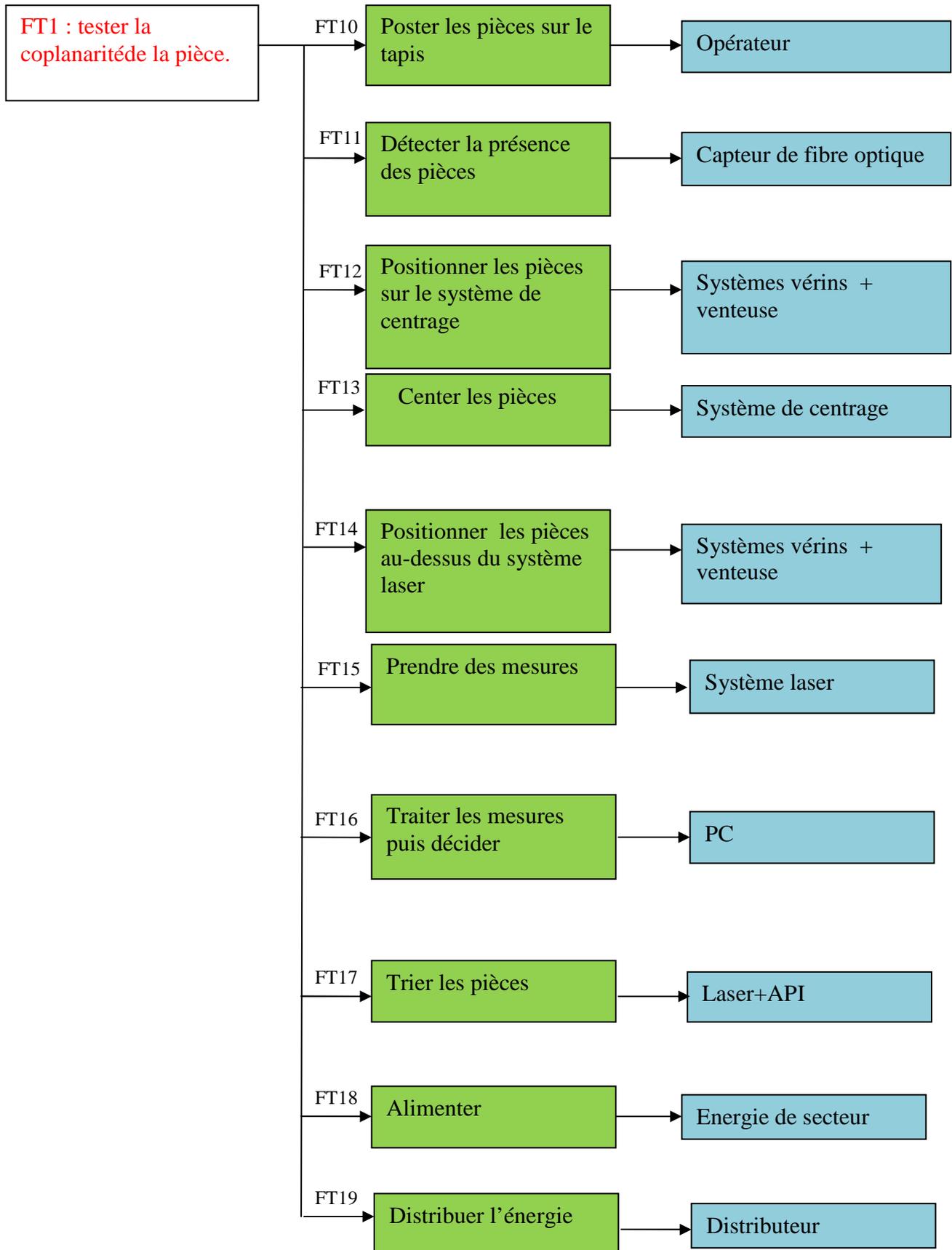


Figure 17 : Diagramme SADT.

II-3) Coplanarité :

II-3-1) Définition :

La coplanarité désigne l'écart maximal d'une terminaison de semi-conducteur par rapport à un plan. Elle constitue une grandeur critique dont dépend la qualité de la soudure, étant donné qu'une trop grande distance entre les connexions et la plaquette de circuits imprimés empêche une soudure fiable et sans défaut. Le composant est contrôlé par défilement au-dessus d'un capteur de déplacement (laser) qui explore alors les terminaisons par balayage. Les valeurs ainsi relevées servent à calculer un plan et l'écart de chaque terminaison par rapport à ce plan. Le résultat dûment analysé détermine alors si le composant est correctement exécuté ou s'il doit être mis au rebut (scrapie).

II-3-2) Norme JEDEC (JESD22 - B108A) [3]:

Une des mesures les plus importantes lors de la conception d'une inspection optique automatisée (AOI) des terminaisons de soudure est la coplanarité des terminaisons. Remarquablement, la norme JEDEC appropriée (JESD22 - B108A) définit la coplanarité des terminaisons.

Dans la mesure des terminaisons 3D, les résultats sont d'abord référencés à un plan défini par le système de mesure. Le plan de mesure doit se situer un peu au-dessous du substrat, de sorte que toutes les valeurs de hauteur sont positives. Lors de la présentation d'un échantillon du système d'inspection, inévitablement, il existera de petites fluctuations dans sa position et une inclinaison. Pour obtenir des valeurs de coplanarité significatives et reproductibles, les distances du plan de mesure doivent être transformées à un plan qui est défini par les positions des sommets des terminaisons. La norme fournit la méthode de plan de pose et la méthode de plan de régression pour définir un tel plan.

a) Méthode de plan de pose :

Le procédé préféré consiste à définir un plan de pose. Il s'agit d'un plan qui touche trois grands sommets de terminaisons, qui forment un triangle englobant le centre de gravité. Quand un dispositif est en contact avec une surface plane, le triangle de terminaisons définit leurs positions relatives. La figure 18 présente le triangle de la méthode du plan de pose qui englobe le centre de gravité :

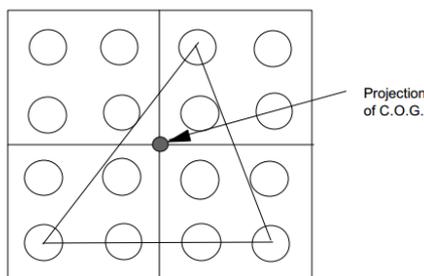


Figure 18 : Trois sommets formant le plan de pose et englobant la projection de centre de gravité.

La norme décrit l'algorithme pour déterminer le plan de pose :

- Trier les coordonnées Z des sommets de terminaisons dans l'ordre décroissant.
- Déterminer si les trois premières valeurs forment un triangle englobant le centre de gravité.
- Si non, essayer d'autres ensembles de valeurs en ordre décroissant jusqu'à trouver un ensemble qui englobe le centre de gravité.

Considérons l'exemple comme représenté sur la figure 19. Les hauteurs des terminaisons sont indiquées par rapport au plan du système de mesure de référence. En appliquant l'algorithme JEDEC, les trois sommets les plus éloignés du plan de référence sont identifiés comme A3, D3, et B2. Ceux-ci forment un triangle englobant le centre de gravité, et par cette définition, on peut identifier le plan de pose.

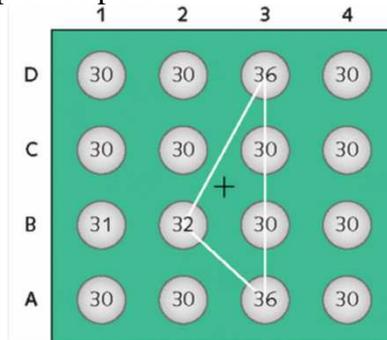


Figure 19: représentation de la hauteur des terminaisons avec le plan de pose par la norme JEDEC

Il existe un plan unique qui contient un ensemble de trois grands sommets, et le triangle formé par ces sommets englobe le centre de gravité. Le plus important c'est qu'il ne coupe pas les autres terminaisons, bien qu'il ne puisse être tangent qu'aux trois points qui la définissent.

L'algorithme qui détermine ce «vrai» plan de pose est plus complexe que celle définie dans JESD22 - B108A, il détermine la distance de chaque sommet par rapport au plan de mesure, ceci permet d'obtenir un ensemble de points avec (X, Y, Z) coordonnées. Le premier point du triangle définissant le point ayant la plus grande distance du plan de mesure. Appelez ce point A, B le deuxième et C le troisième, nous avons maintenant trouvé un ensemble de trois points, ABC, qui définit un plan tangent appelé plan de pose (Figure 20). Ensuite, déterminer si le triangle ABC englobe le centre de gravité. Si c'est le cas, arrêtez. Enfin, déterminer la distance de chaque sommet par rapport au plan de pose. La coplanarité est la plus grande distance de chaque sommet par rapport au plan de pose (Figure 21).

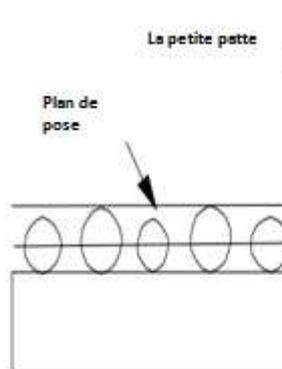


Figure 20 : méthode

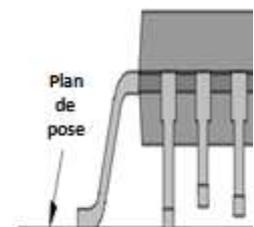


Figure 21 : écart de coplanarité utilisant la

de plan de pose

méthode de plan de pose

b) Méthode de plan de régression :

La norme décrit également une " méthode de plan de régression " qui peut être utilisé. Tout d'abord, on détermine le plan de meilleur ajustement par les sommets de tous les terminaux en utilisant la méthode des moindres carrés. Le plan de régression, présenté dans la figure 22, est alors décalé de manière parallèle à l'apex de la borne qui présente la plus grande distance perpendiculaire à partir du substrat.

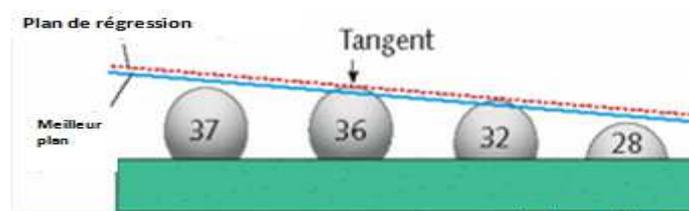


Figure 22: plan de régression

Donc la définition de la méthode de plan de régression peut être reformulée. On détermine le plan de meilleur ajustement par les sommets de tous les terminaux en utilisant la méthode des moindres carrés. On détermine la distance signée de chaque sommet du plan de meilleur ajustement. La distance sera considéré comme positive pour les sommets au-dessus du plan de meilleur ajustement, et négatif pour ceux en dessous. On cherche la plus grande distance positive (max) et la plus grande distance négative (min). Le plan de régression est le plan parallèle au plan de meilleur ajustement passant par le sommet ayant la plus grande distance avec signe positif par rapport au plan de meilleur ajustement. La Figure 23 présente coplanarité qui est la distance entre le plan de régression et le plus petit sommet.

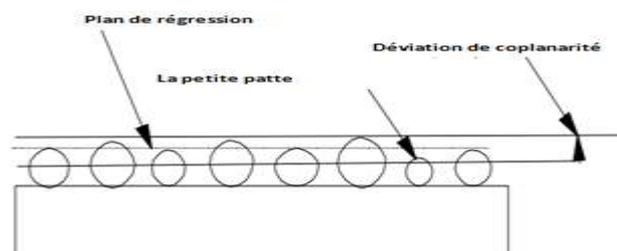


Figure 23: Déviation de coplanarité utilisant la méthode de plan de régression.

Remarque: Nous allons utiliser la méthode du plan de régression parce qu'elle donne la méthode des moindres carrés comme moyen de calcul de coplanarité et facilite la

programmation du test sur VB, par contre la méthode de plan de pose est difficile en terme programmation d'un code qui cherche un triangle unique qui englobe le centre de gravité.

II-3-3) Description du calcul de coplanarité par la méthode de plan

Régression :

Notre objectif est la reconstruction de surfaces en partant d'un ensemble fini plus ou moins épars de points inorganisés. Ce problème se pose dans de nombreux domaines : infographie, analyse d'images, mathématiques, chimie, etc. Les sources de données sont également fort diverses : scanner laser, stéréovision, images 3D. A titre d'exemple, prenons le cas du Laser. Ce dispositif sert à digitaliser, i.e. numériser sous forme de points, des objets de la vie courante ou des pièces usinées. Pour acquérir les points 3D, on opère de la manière suivante :

L'objet est balayé par un rayon laser ; un capteur mesure la distance entre le dispositif et l'objet, avant de calculer les coordonnées du point d'impact du laser à la surface de l'objet à partir de la position du capteur et de la direction du laser.

Au final, on obtient un nuage de points en trois dimensions (Figure 24). Ce processus est à la base de presque tous les jeux de données facilement disponibles sous forme d'ensembles de points.

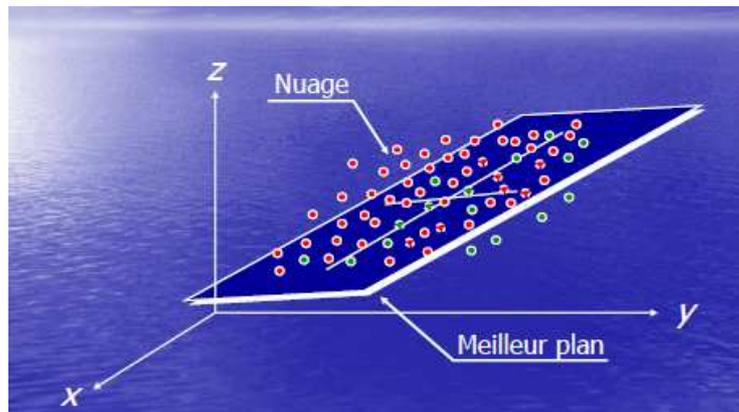


Figure 24 : Meilleur plan de projection

Il existe de nombreuses méthodes permettant d'obtenir un « plan moyen », mais comme cette notion est assez floue, les résultats dépendent des méthodes. En particulier le conseil « moindres carrés » est l'utilisation d'une méthode, parmi d'autres. Car la difficulté est dans le « passant au plus près de chacun des points » : Comment juger qu'un plan passe plus près qu'un autre ?

Dans la méthode des moindres carrés de principe, on impose que le plan rende minimale la somme des carrés des distances des points (Si l'équation du plan est $ax+by+cz+d=0$, il faut déterminer a, b, c et d pour qu'ils minimisent : $(\frac{\sum_i (ax_i+by_i+cz_i+d)^2}{a^2+b^2+c^2})$). Ce qui donne un calcul assez lourd.

Cette méthode est très souvent utilisée différemment (en donnant un plan légèrement différent) : Si par exemple notre plan est de façon sûre assez proche de l'horizontale, on écrit

son équation $z=ax+by+c$ et on cherche les coefficients a , b et c de façon que les distances verticales entre les points et le plan ($|z_i - (ax_i + by_i + c)|$) aient une somme de carrés minimale. Le calcul revient alors à un calcul matriciel, qu'on fait exécuter par des programmes (statistiques généralement). En effet, dès qu'il y a plus de 7 ou 8 points, le travail est infaisable à la main.

Sinon, pour programmer soi-même facilement, et si les données s'y prêtent, on peut utiliser la méthode de plan de régression de la norme JEDEC : On partage l'ensemble des points en parties (si possible nettement séparées), on détermine le plan passant par les points déterminés. On obtient généralement un plan encore différent des précédents, et qui dépend aussi un peu de la façon de choisir les sous-ensembles. Mais ça se programme assez facilement. Ce qui permet de vérifier que le résultat est assez fiable, en découpant de façon différente en parties, et vérifiant que les coefficients de l'équation du plan ne sont pas trop modifiés.

L'idée générale, pour identifier des observations aberrantes est de calculer des indicateurs avec l'ensemble de l'échantillon, puis de supprimer une observation et d'observer la significativité de la modification des indicateurs. On s'intéressera aussi aux résidus et aux observations aberrantes. Nous commençons par les observations aberrantes, et par un rappel.

Dans l'estimation de moindres carrés ordinaires, une matrice importante est la matrice HAT [4]:

$$X(X'X)^{-1}X'$$

Elle renvoie la projection de Y dans l'espace formé par X_i , soit :

$$\hat{Y} = X(X'X)^{-1}X'Y \quad [4]$$

Les résidus sont donc calculés comme [4]:

$$\varepsilon = (I - H)Y$$

Avec : $H = X(X'X)^{-1}X'$ [4]

Le modèle (équation du plan) est donc [4]:

$$Y = HY + \varepsilon$$

II-4) Conclusion :

Après avoir identifié le besoin et déterminer les spécifications du système, des sous-systèmes et les composants du système, nous avons passé à la description technologique et mathématique de la « coplanarité », puis nous avons choisi la bonne méthode du calcul de coplanarité. Dans le chapitre suivant nous allons proposer une conception du système et décrire les éléments de la station.

Chapitre III

Partie opérative : Conception mécanique et choix des composants

Dans ce chapitre nous allons détailler :

- ❖ La conception mécanique de la station.
- ❖ Les éléments de la partie opérative.

III-1) Introduction :

Dans cette partie nous allons concevoir un système qui peut répondre au besoin et identifier les composants du système, puis leur mise en œuvre dans le cadre de compléter la réalisation de la station de mesure.

III-2) Conception mécanique de la station de mesure de coplanarité sous Catia V5 :

Le mécanisme qu'on a conçu pour déplacer les pièces est le suivant (Figure 25) :

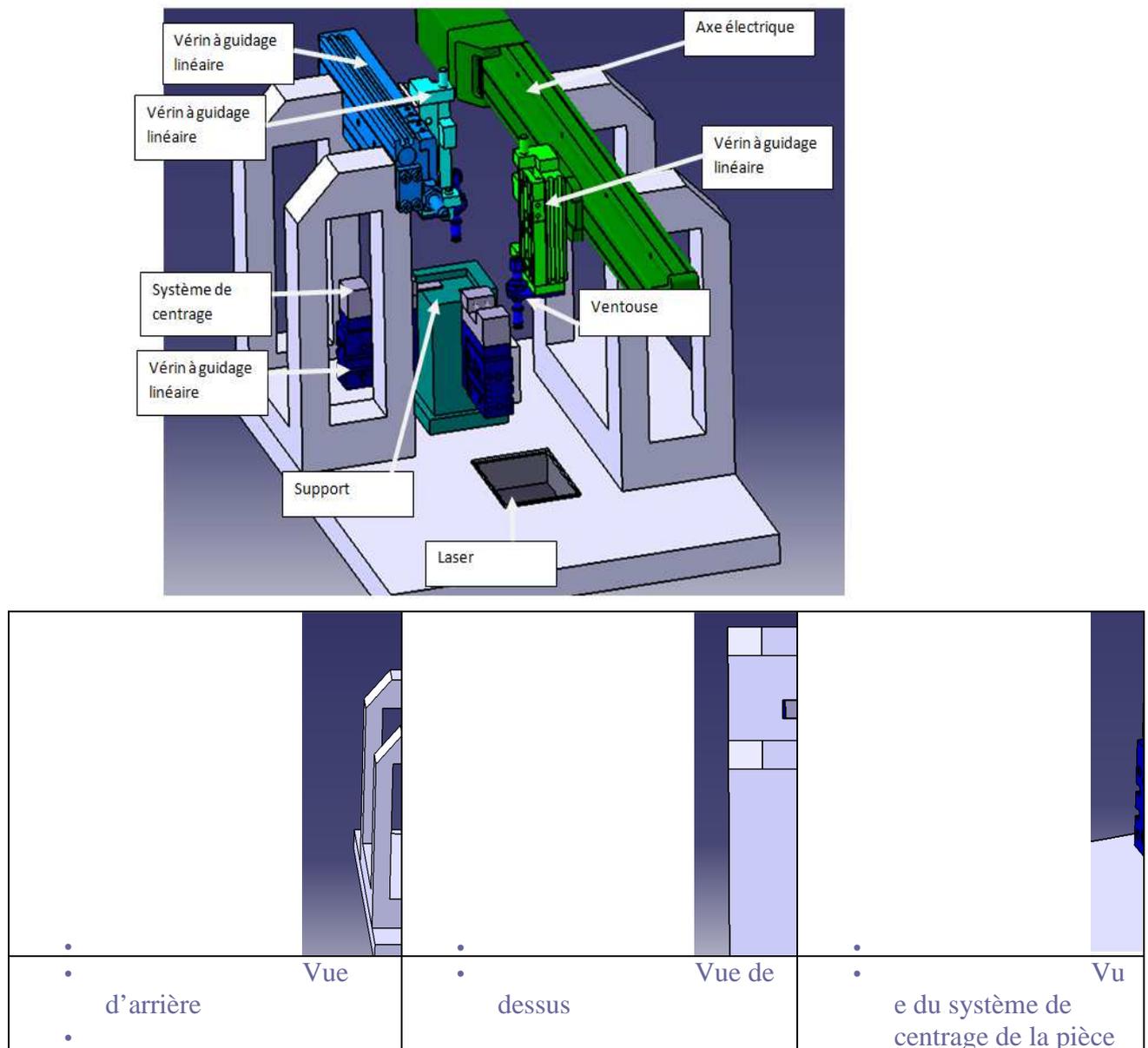


Figure 25 : conception de la station de mesure de coplanarité sur Catia V5

La conception de chaque composant est disponible en Annexes page 72,73,74.

III-2-1) Description du système :

Le système utilise une tête de balayage laser qui revoie à une application, les données balayées aux alentours des pattes de la pièce. Le laser va être situé au-dessous de la pièce (Figure 26).

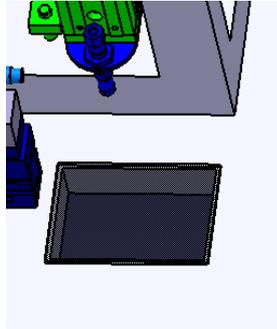


Figure 26 : Emplacement du Laser

Le programme analyse les données et procède au calcul de la coplanarité de chaque pièce en se basant sur l'algorithme de plan de régression selon le standard JEDEC (développé dans le chapitre précédant) et fournit un résultat de jugement et une mesure de coplanarité en mm.

III-2-2) Procédure de fonctionnement :

- 1) la 1^{ère} étape consiste à contrôler les pièces dans le poste d'inspection latéral (avant le test de coplanarité) et de collecter les pièces jugé Nok et de ne laisser que les pièces qui ont un aspect visuelle Ok.
- 2) la 2^{ème} étape consiste à scraper les pièces jugé Nok.
- 4) la 3^{ème} étape consiste à faire passer les pièces visuellement Ok dans le test de coplanarité au convoyeur d'entrée de la machine et scraper immédiatement les pièces Nok.

Nous proposons la liste des éléments de la partie opérative suivante (tableau 2) pour compléter la réalisation de la station :

Tableau 2: Liste des outils utilisés

• Système automatique Laser	• OMRON	•
• Automate	• JETTER	• NANO B
• Module d'entrée	• JETTER	• JX2-DI8
• Module de sortie	• JETTER	• JX2-DO8
• Système de centrage en Inox	• PROSAIN	• ----
• Axe électrique P&P	• SMC	• LEFS16A-300-R36P1
• Vérin à guidage linéaire	• SMC	• MXQ12-100B

• Vérin à guidage linéaire	• SMC	• MXQ8-30A
• Adaptateur de fibre optique+fibre	• OMRON	• EX3-DA8-S
• Vérin à guidage linéaire	• SMC	• MXH10-5 (Sys de centrage)
• Venteuse avec support	• SMC	• ZPT06UNK6-B5-A8
• Électrovanne d'aspiration	• SMC	• ZX1101-K15LOZ-E55CN-Q
• Bloc d'électrovanne	• SMC	• SS5Y3-41P-5-M5-Q
• Senseur Magnétique	• SMC	• DA-093
• PC (Unité+écran+clavier+souris+port série)	• ----	•
• Moteur Maxon 24 vdc + réducteur	• Maxon	•
• Convoyeur (bonde+support+polies) 40cm	•	•
• Boite 3 boutons poussoirs (R, V, N)	•	•
• Raccord standard M5 diamètre 4	•	•
• Raccord standard M5 diamètre 6	•	•
• Flexible (Tube) diamètre 6	•	•
• Jonction pour perfile + vise	•	•
• Flexible (Tube) diamètre 4	•	•
• Raccord réglable M5 diamètre 4	•	•

III-3) Automate JETTER [5]:

III-3-1) Introduction :

L'automatisation des processus au sein des entreprises est devenue une préoccupation fondamentale et a connu un intérêt remarquable, afin d'optimiser en ressources humaines, et donc diminuer leurs charges d'une part. D'autre part, cette approche a été menée pour augmenter la productivité tout au long des lignes de fabrication des produits.

En effet, l'objectif est d'automatiser le système de mesure de coplanarité des antennes 3D par vision artificielle, nous proposons l'automate JETTER NANO-B (Figure 28) pour automatiser le système. Les caractéristiques de JETTER NANO-B sont disponibles en Annexes pages 74.



Figure 27: l'automate JETTER NANO –B

III-3-2) Particularités :

- Microcontrôleur offrant une évolutivité modulaire.
- Plage d'utilisation : Des applications d'E / S simples pour des applications avec 3 axes asservis.
 - Programmation en texte brut avec plusieurs programmes en parallèle (multitâches).
 - Un langage de programmation pour les fonctions API, de positionnement et de guidage de l'utilisateur.
 - Toutes les fonctions d'automatisation intégrés de manière transparente dans un contrôleur: contrôle, exploitation, positionnement, la visualisation, la gestion des données.

Description technique :

- **Processeur**
 - Processeur avec 16 Kb (nano B)
 - 8 entrées digitales
 - 8 sorties digitales
 - 4 entrées analogiques (10 bit)
 - 1 sortie analogique (8 bit)
 - 1 compteur 10 KHz
 - Horloge RTC
- **Interfaces :**
 - Jetway RS 485
 - HMI RS 422
 - Port PC RS 232
 - Port RS 232 programmable

III-3-3) Les types d'E/S de l'automate :

a) Entrées numériques

Sur le contrôleur de base, 8 bornes ont été fournis pour les entrées numériques (24 V). Le signal de 0 V doit être relié à la borne 0 V de l'armoire électrique. Plus de données techniques des entrées numériques sont présentées dans le tableau 3 :

Tableau 3: Données techniques des entrées

Technical Data of Digital Outputs	
Amount of outputs	8
Type of outputs	Transistor, pnp
Rated voltage	DC 24 V
Voltage range	20 .. 30 V
Load current	Max. 0.5 A per output
Electrical isolation	None
Protective circuit	Short-circuit, overload, overvoltage, overtemperature protection
Protection against inductive loads	Yes
Signal voltage ON	Typ. $V_{Supply} - 1.5 V$

numériques.

Le tableau 4 présente la numérotation des entrées numériques du contrôleur de l'automate:

Tableau 4: Système de numérotation des entrées du contrôleur de base.

Numbering System of Basic Controller Inputs^{*)}	
Input	Number
Input # 1	101
...	...
Input # 8	108

La figure 29 présente l'emplacement des entrées numériques de l'automate JETTER NANO-B :

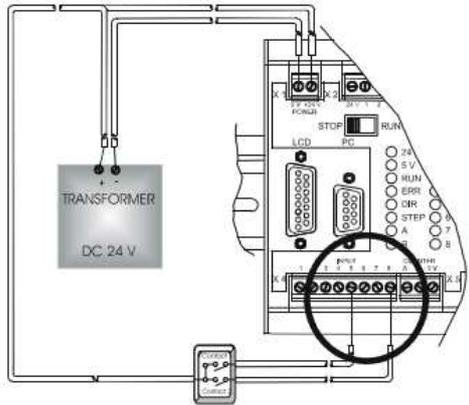


Figure 28: Détails de connexion des entrées numériques.
b) Sorties numériques

Sur le contrôleur de base, 8 bornes ont été fournies pour les sorties numériques (24 V). Le signal de 0 V doit être relié à la borne 0 V de l'armoire électrique. Le tableau 5 présente les données techniques des sorties numériques :

Tableau 5: Données techniques des sorties

Technical Data of Digital Outputs	
Amount of outputs	8
Type of outputs	Transistor, pnp
Rated voltage	DC 24 V
Voltage range	20 .. 30 V
Load current	Max. 0.5 A per output
Electrical isolation	None
Protective circuit	Short-circuit, overload, overvoltage, overtemperature protection
Protection against inductive loads	Yes
Signal voltage ON	Typ. $V_{Supply} - 1.5 V$

numériques.

Le tableau 6 présente la numérotation des sorties numériques du contrôleur de l'automate :

Tableau 6: Système de numérotation des sorties du contrôleur de base.

Numbering system of Basic Controller Outputs ^{*)}	
Output	Number
Output # 1	101
...	...
Output # 8	108

La figure 30 présente l'emplacement des sorties numériques de l'automate JETTER NANO-B :

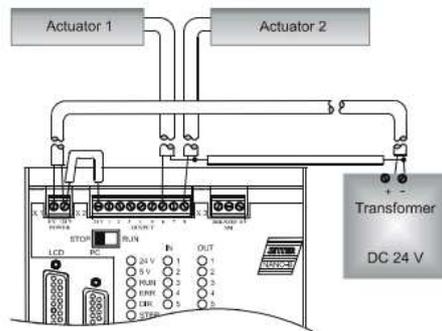


Figure 29: Connexion des sorties numériques.

c) Entrées analogiques

Sur le contrôleur de base, quatre bornes pour signaux de tension et une borne 0 V a été fournis pour les entrées analogiques. Le tableau 7 présente les données techniques des entrées analogiques :

Tableau 7 : Données techniques des entrées analogiques.

Technical Data of Analog Inputs	
Amount of Analog Inputs	4 (IN 1 through IN 4)
Ground	0 V (IN 0 V)
Voltage Range	0 .. 10 V
Input Resistance	20 kΩ
Resolution	10 Bit
Accuracy	1%
Delay Time	< 10 ms ¹⁾

La figure 31 présente l'emplacement des entrées analogiques de l'automate JETTER NANO-B :

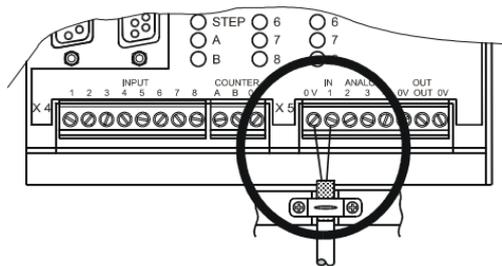


Figure 30: Détails de connexion des entrées analogiques.

d) Sorties analogiques

Sur le contrôleur de base, un terminal pour les signaux de tension et une borne 0 V a été fourni pour les sorties analogiques. Le tableau 8 présente les données techniques des sorties analogiques :

Tableau 8 : Données techniques des sorties numériques.

Technical Data of Analog Outputs	
Number of Analog Outputs	1 (OUT)
Ground	0 V (OUT 0 V)
Voltage Range	0 .. 10 V
Frequency	0.5 Hz
Ripple	±10 mV
Resolution	8 Bit
Delay Time	< 120 ms
Load Current Carrying Capability	10 mA

La figure 32 présente l'emplacement des sorties analogiques de l'automate JETTER NANO-B :

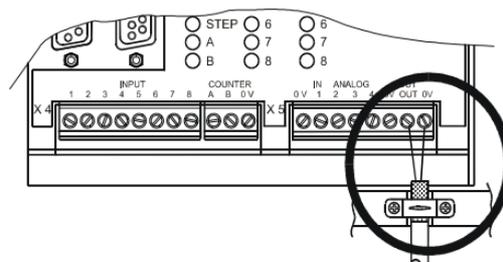


Figure 31: Détails de connexion des sorties analogiques

III-3-4) Port de communication :

L'automate peut communiquer selon deux types de ports de communication soit avec :

- Une communication directe avec PC/HMI/console **interface série intégrée RS422.**
- Une communication directe avec PC/HMI/console **interface série intégrée RS232.**

Pour ce cas nous avons choisi le port série RS232 comme port de communication.

Critères de choix :

En dépit de son design très compact, le système de contrôle de la NANO est très intelligent. Les performances du processeur évolutif et le nombre de modules spéciaux font de ce système de commande un bon choix pour presque toutes les tâches d'automatisation : une programmation en texte brut qui peut être facilement comprise, une intégration sans interface de toutes les fonctions d'automatisation, ainsi une exécution simultanée de programmes parallèles, sont les caractéristiques de ce système.

Les systèmes de contrôle de la NANO-B sont particulièrement aptes pour les petites et moyennes applications à grande échelle. En raison de leur connectivité, ils peuvent également être utilisés pour des applications distribuées à grande échelle.

III-4) Laser OMRON [6]:

III-4-1) Principe de fonctionnement et description de LASER:

Le laser de numérisation est une méthode servant à l'acquisition d'un profil d'objet. Le laser de numérisation est un dispositif dit comme « actif », du fait qu'il émet lui-même l'éclairage perçu par le capteur, ici un faisceau laser. Il est constitué de deux grandes parties qu'on va détailler, la source et le récepteur.

En début de fonctionnement, le laser émet un faisceau lumineux, pour un souci de rapidité et de précision, il est nécessaire de diffracter ce faisceau en nappe, de sorte à avoir une trace sur la longueur de l'objet. De cette façon on augmente le nombre de points par le capteur.

Une fois la trace sur l'objet, le capteur sensible à la longueur d'onde du laser va être en mesure de prendre l'image de la trace et par conséquent la surface de l'objet.

Le dispositif étant fixe, l'objet ayant un mouvement rectiligne uniforme, on est en mesure de prendre un profil de l'objet suivant une direction. En fonction de la forme de l'objet à numériser, on va déterminer le nombre de dispositifs nécessaires à l'acquisition de l'objet. Par exemple, si l'on a un cube deux caméras suffisent, mais si nous avons une sculpture ou une forme complexe on monte, au maximum, jusqu'à trois caméras.

Les informations de ces caméras sont transmises à un logiciel. Le logiciel est capable de reconstituer une image en 3D à l'aide d'une série de nuage de points représentant l'aspect de la

surface de l'objet. En évitant tous problèmes de collision des points dus aux nombre de caméras.

Le laser peut projeter un point ou un plan sur la surface de l'objet à numériser. Le système de projection est le même dans les deux cas, seule la quantité d'information change.

Le faisceau laser est envoyé sur un jeu de miroir avant d'être envoyé sur l'objet afin de fixé les angles. Pour obtenir un plan laser, on diffracte le laser grâce à une lentille cylindrique.

Le plan laser projeté sur l'objet est appelé « trace » et se traduit par une ligne lumineuse dont la géométrie varie selon la surface étudiée.

a) Le capteur CCD :

Généralement, le récepteur utilisé est une caméra CCD. On utilise plusieurs capteurs afin de réduire les zones aveugles du champ de vision. On peut trouver des systèmes de numérisation qui contiennent jusqu'à 3 capteurs.

Cependant, une lentille est présente dans le capteur afin de faire converger les rayons lumineux issus de la scène afin d'obtenir une image sur le capteur. Dans certains cas, On peut trouver jusqu'à quinze lentilles pour obtenir une meilleure image sur le capteur en éliminant les défauts liés à l'optique géométrique même. Ces lentilles sont placées de façon à ce que le système soit stigmat (l'image d'un point est un point).

Une fois l'image arrivée sur le capteur, le capteur CCD transforme un signal analogique en une image numérique. Cette démarche est schématisée dans la figure 32:

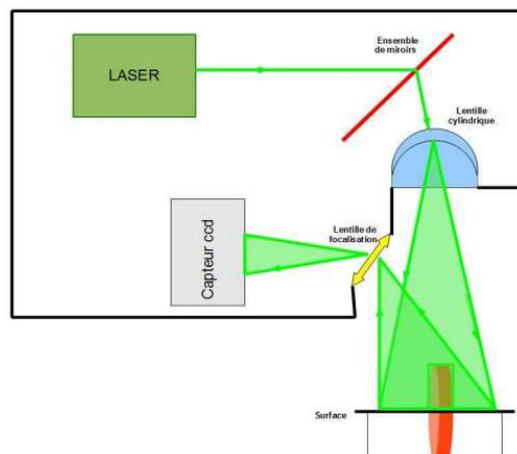


Figure 32 : Schéma du laser de numérisation

En résumé :

- un scanner laser émet un faisceau laser,
- le faisceau laser interagit avec des objets et est réfléchi,
- capteur (caméra) CCD réceptionne les ondes réfléchies,
- on obtient des informations de distance et d'angle entre les objets

levés et le scanner laser (nuage de points 3D en coordonnées relatives),

- connaissant les coordonnées d'émission du faisceau laser, les coordonnées absolues de chaque point du nuage sont calculées,
- le nuage de points peut ensuite être exploité.

III-4-2) LASER OMRON ZG2:

La série de ZG2 est un capteur de type non destructif qui mesure des formes de section transversale en émettant une large bande de lumière laser sur l'objet et capte la lumière réfléchiée par l'objet par un capteur CCD. Cette information de formation d'image CCD est utilisée pour générer un profil de la forme de l'objet, et des formes tridimensionnelles, telles que la hauteur, la largeur, la position des points d'intersection...

Une interface utilisateur simple et intuitive permet une installation, une configuration et un fonctionnement efficace. Un écran LCD intégré indique le résultat de la mesure en temps réel. Les caractéristiques du laser sont présentes dans l'annexe page 77 et 78.

Donc le test de coplanarité sera effectué en plaçant un objet de mesure standard OMRON (série ZG2) à la distance du centre de la mesure et en déterminant la hauteur moyenne de la ligne du faisceau.

a) Ecran de profil

Sur la série ZG2, les points de mesure de la hauteur et de la largeur sont mesurés sur l'axe Z vertical et horizontal (axe X) axes, respectivement. Les valeurs de mesure sont affichées sous forme de valeurs numériques préfixées avec un + (plus) ou - (moins) en fonction de la position de coordonnées (figure 34).

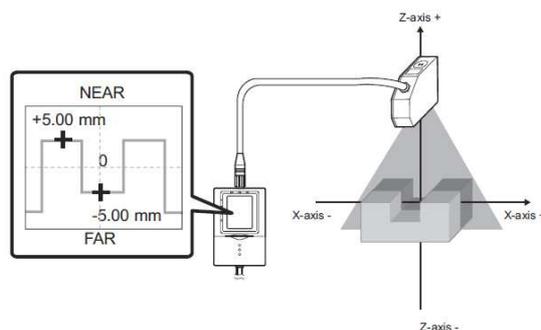
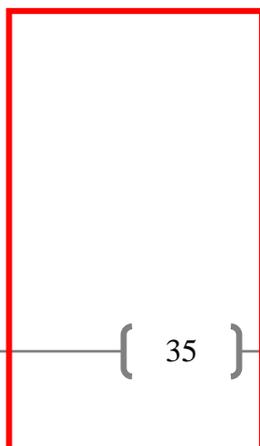


Figure 33 : exemple de profil d'un objet.

La figure 35 présente la désignation de la tête de capteur de déplacement :



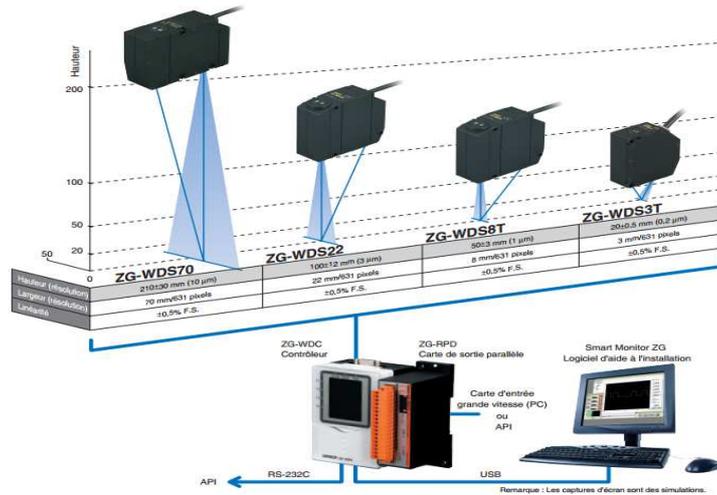


Figure 34 : configuration de base de la tête de capteur.

La figure 36 schématise le câblage du capteur avec le contrôleur ainsi la longueur du câble qui lie les deux (le guide de l'utilisation du laser est disponible en Annexes pages 75-76-77):

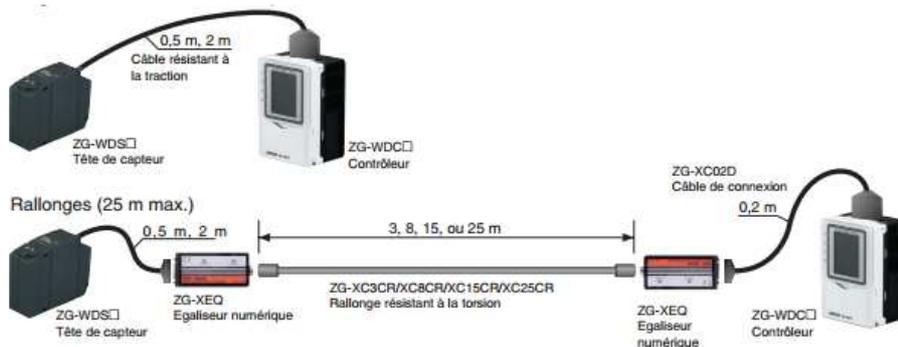


Figure 35: Longueur du câble entre la tête de capteur et le contrôleur.

b) **Format de sortie des valeurs de mesure :**

Les valeurs de mesure sont traitées comme des entiers et sont converties en un nombre binaire de 16 bits (complément à 2) avant d'être sortie. Les expressions binaires sont affichées en utilisant la logique de moins ("1" lorsque la sortie est ouverte ON). La figure 37 donne le format binaire de la mesure :

<Output Format>

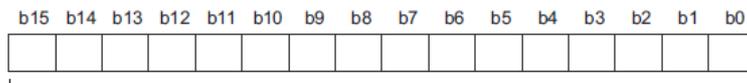


Figure 36 : Les données binaires de la valeur de mesure.

c) **Méthode de commande et réponse**

Par ce procédé, le traitement de commande est exécuté quand une commande est envoyée au contrôleur depuis un dispositif externe, et une réponse est renvoyée vers le dispositif externe à partir du contrôleur quand le traitement de la commande se termine (Schéma dans la figure 38). Une réponse d'erreur est renvoyée lorsque la commande envoyée par le dispositif externe est une erreur, ou si une erreur se produit au cours du traitement de la commande sur le contrôleur.

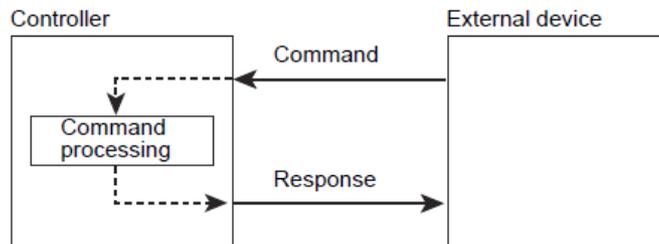


Figure 37 : Méthode de commande et réponse.

d) Connexion à un PC

Nous allons utiliser le câble USB pour relier le PC au contrôleur (figure 39). La connexion USB permet de capturer facilement les données de mesure sur un PC. En outre, le contrôleur peut être contrôlé à partir d'un PC (par exemple commutation / changement de configuration des données et les entrées de déclenchement de mesure).

Les valeurs de mesure et les résultats de jugement peuvent être émis à grande vitesse de l'interface parallèle.

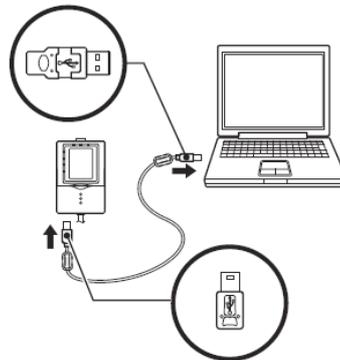


Figure 38 : connexion du capteur à un PC par un câble USB

e) Connexion à un automate

Nous allons utiliser le câble RS-232 pour relier le PC à un automate (figure 40).

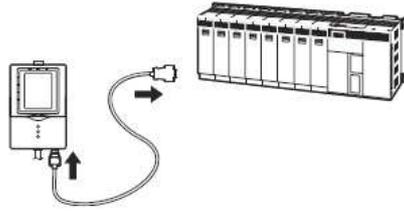


Figure 39 : connexion de laser à un automate.

Nous allons utiliser un câble avec le schéma des broches suivant (figure41):

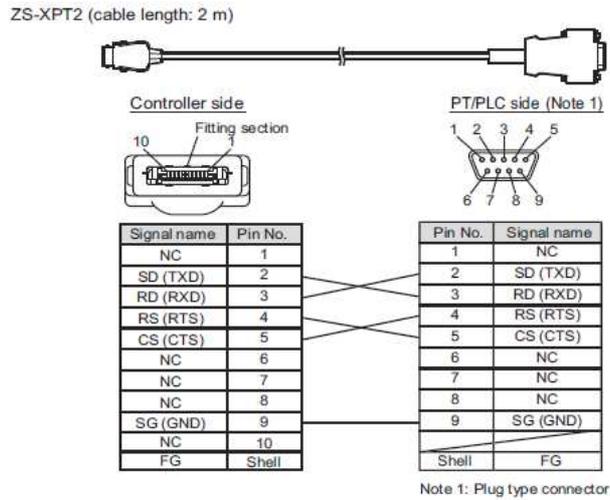


Figure 40: schéma des broches.

f) Format de commande/réponse

<Commande>

• data	Command	• delimiter
--------	---------	-------------

<Réponse>

Lorsque le traitement se termine avec succès

• data	Response	• delimiter
--------	----------	-------------

• O	• K	• delimiter
-----	-----	-------------

Lorsque le traitement échoue

• E	• R	• delimiter
-----	-----	-------------

• data	Command	• Spécifie la commande et les paramètres.
• data	Response	• Stocke les données acquises
• delimiter		• Ce code de contrôle indique la fin des données.

g) Acquérir Profil <profile command>

Cette commande acquiert le profil, le type d'acquisition est présenté dans la figure 42 :



Figure 41: type d'acquisition.

Le tableau 9 présente le nombre de lignes envoyées :

Tableau 9 : Type et taille des données acquises.

<ul style="list-style-type: none"> • Type d'acquisition 	<ul style="list-style-type: none"> • Indique le type d'acquisition. • 0: ASCII • 1: Binary
<ul style="list-style-type: none"> • Nombre de lignes envoyées 	<ul style="list-style-type: none"> • C'est le nombre de lignes dans le profil qui est envoyé. (0 à 630)

Critères de choix :

- Facile d'utilisation – interface utilisateur intuitive.
- Live – écran LCD intégré pour la configuration et l'affichage immédiat du profil.
- Polyvalent – 18 outils de mesure.
- Précis – résolution de 5 µm (3 mm / 631 pixels).
- Profils larges – jusqu'à 70 mm.

III-5) Système de centrage : vérin MXH10-5 : [7]

La figure 43 présente les possibilités de raccordement du vérin ainsi les éléments du vérin :

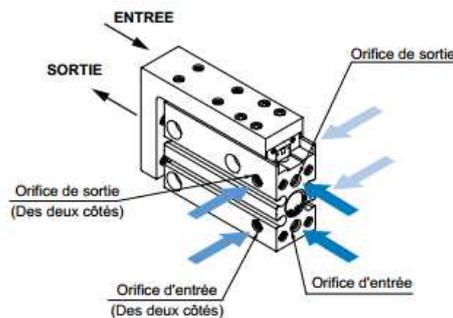


Figure 42: Raccordement possible dans 3 directions.

Les caractéristiques du vérin à guidage linéaire sont présentées dans le tableau 10 (le tableau de l'effort théorique que peut subir un tel vérin est présent dans l'annexe page 79):

Tableau 10: caractéristiques du vérin MXH10-5.

Alésage (mm)	6	10	16	20
Largeur du rail de guidage (mm)	5	7	9	12
Fluide	Air			
Action	Double effet			
Raccord	M5			
Pression d'utilisation mini	0.15 MPa	0.06 MPa		0.05 MPa
Pression d'utilisation maxi	0.7 MPa			
Pression d'épreuve	1.05 MPa			
Température d'utilisation	Sans détecteur : -10 à 70°C (sans gel) Avec détecteur : -10 à 60°C (sans gel)			
Vitesse de déplacement	50 à 500 mm/s			
Energie cinétique admissible (J)	0.0125	0.025	0.05	0.1
Lubrification	Sans lubrification			
Amortissement	Amortissement élastique à chaque extrémité			
Tolérance sur la course	+1.0 0			
Détecteur (Option)	Détecteur Reed : D-A9□ Détecteur statique : D-M9□, D-F9□W			

Le schéma pneumatique du vérin est présenté dans la figure suivante :

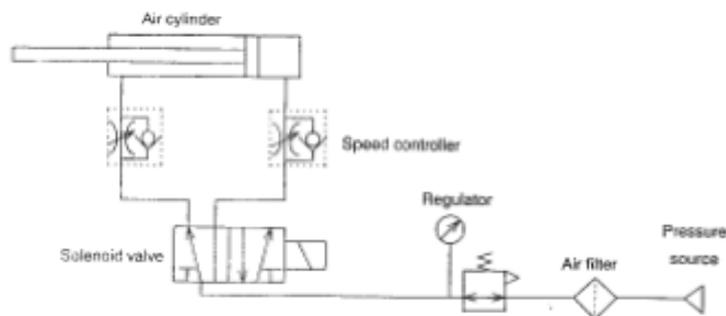


Figure 43: Schéma pneumatique.

III-6) Vérins à guidage linéaire MXQ12-100B et MXQ8-30A: [8][9]

Les vérins pneumatiques convertissent l'énergie développée par la pression en énergie cinétique ; ce procédé implique le transfert et la transmission de forces. La figure 44 présente le vérin à guidage linéaire :

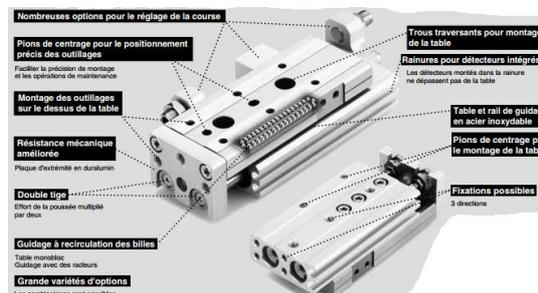


Figure 44: vérin à guidage linéaire intégré.

Le schéma pneumatique du vérin est présenté dans la figure suivante :

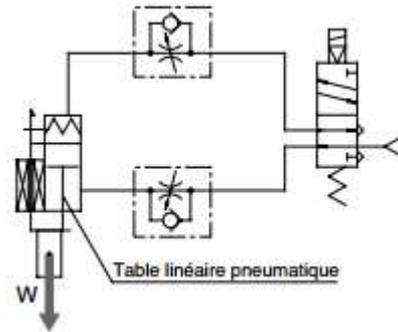


Figure 45 : circuit pneumatique recommandé.

Le tableau 11 présente les caractéristiques du vérin à guidage linéaire :

Tableau 11 : caractéristiques du vérin horizontal ou vertical.

Alésage (mm)	6	8	12	16	20	25
Orifice de raccordement	M5				Rc(PT)1/8	
Fluide	Air					
Type	Double effet					
Pression d'utilisation	0.15 à 0.7MPa					
Pression d'épreuve	1.05MPa					
Température d'utilisation	-10 à 60°C					
Plage de vitesse	50 à 500mm/s (ajustage de la course/butée métallique: 50 à 200mm/s)					
Amortissement	Butées élastiques Butées métalliques Amortisseur de chocs					
Lubrification	Non requise					
Détecteur	Détecteur Reed (2 fils) Détecteur statique (2 fils, 3 fils NPN et PNP)					
Tolérance sur la course	* $\frac{1}{2}$ mm					

Critères de choix :

Les possibilités de l'utilisation du vérin suivant l'axe vertical et horizontal (figure 46):

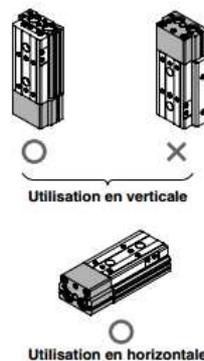


Figure 46: positionnement du vérin.

Cela justifie le choix de ce vérin pour une utilisation suivant l'axe horizontal. Et aussi pour l'utilisation suivant l'axe vertical à condition de le placer dans la bonne position. On va utiliser le vérin MXQ12-100B pour la translation Horizontal et nous allons utiliser le vérin MXQ8-30A pour la translation vertical.

III-7) Axe électrique LEFS16A-300-R36P1: [10]

L'actionneur électrique se pilote comme un vérin pneumatique et dispose de la contrôlabilité d'un actionneur électrique. Les figures 48 et 49 présentent l'axe électrique utilisé (les données technique de l'axe sont disponible dans l'annexe page 79):



• **Figure 47 : Axe électrique LEFS16A-300-R36P1**



• **Figure 48 : Actionneur vis à billes.**

Il est constitué d'un (figure 50 schématise l'axe électrique):

Servomoteur : est un système motorisé capable d'atteindre des positions prédéterminées, puis de les maintenir. La position est une valeur d'angle et convertit à l'aide d'un système de conversion de mouvement « vis à billes » en translation.

Courseur vis à billes : est un mécanisme assurant la conversion d'un mouvement de rotation en un mouvement de translation (liaison hélicoïdale). C'est un équivalent du mécanisme de vis-écrou, où des billes sont intercalées entre les deux pièces.

La présence des billes permet de diminuer fortement le frottement qu'on rencontre dans un système vis-écrou simple.

Table en translation : est la table qui atteint les positions définies par le servomoteur à l'aide de système vis à billes.

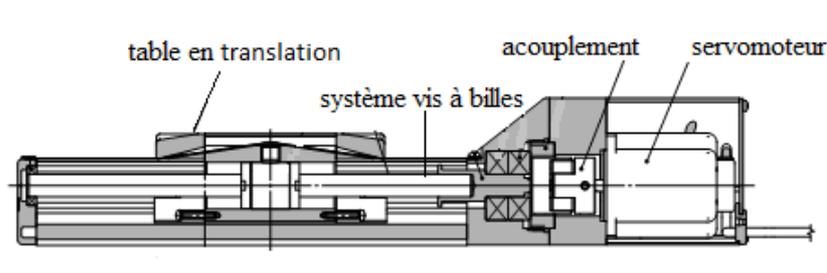


Figure 49: Présentation de l'axe électrique

Installation :

La figure 50 présente le câblage de l'axe avec le PC et l'API :

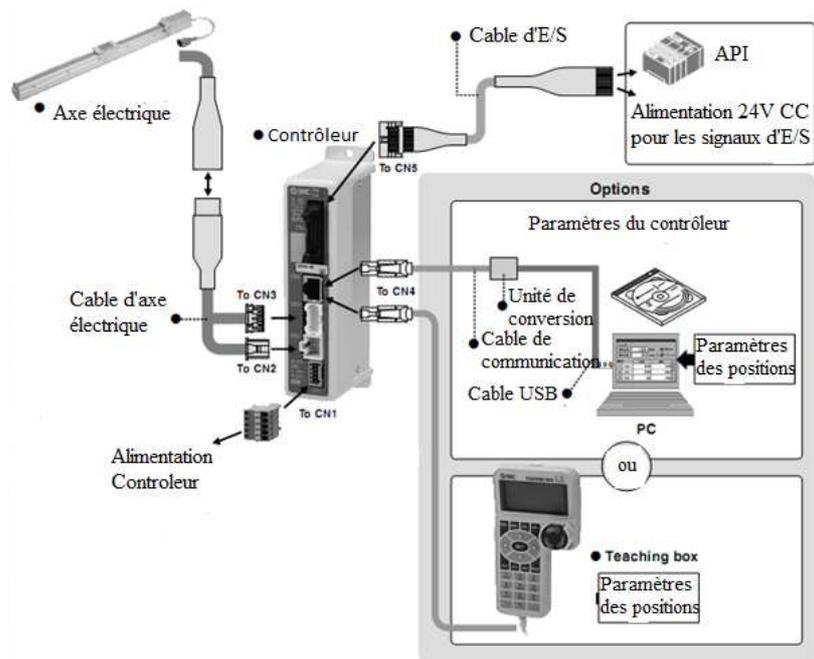


Figure 50: installation de l'axe électrique avec l'API.

Les tableaux 12 et 13 présentent le nom et le contenu des signaux d'entrée et de sortie :

Tableau 12: Signal d'entrée.

Nom	Contenu
COM+	Alimentation 24 V pour les entrées / sorties
COM-	Alimentation 0 V pour les entrées / sorties
IN0 à IN5	N bit spécifié dans les données de positionnement (indication de l'entrée dans la combinaison IN0 à 5)
SETUP	Consigne pour revenir à la position d'origine
HOLD	Maintien
DRIVE	Consigne de déplacement
RESET	Réinitialisation de l'alarme et interruption de l'opération
SVON	Instruction servo ON

Tableau 13: Signal de sortie.

Nom	Contenu
OUT0 à OUT5	Indique le N des données de positionnement pendant le fonctionnement
BUSY	Valide quand l'actionneur est en mouvement.
AREA	Valide dans la plage de position paramétrée.
SETON	Valide au retour à la position initiale.
INP	Valide quand la position ou la force ciblées sont atteintes (s'active quand le positionnement ou la poussée sont terminés)
SVRE	Valide quand le servo est activé.
*ESTOP Note)	Aucun signal en cas d'arrêt EMG
*ALARM Note)	Aucun signal quand l'alarme se déclenche.

Note) Ces signaux sont validés quand le contrôleur est sous tension. (N.F.)

Critères de choix :

Actionneur avec guidage à billes.

- Réglages simples et temps de démarrage rapide.
- La bande d'étanchéité intégrée empêche la pénétration de corps étrangers.
- Simple comme la pneumatique, flexible comme l'électrique : Jusqu'à 64 positions peuvent être définies et paramétrées.

- Faible consommation: Économie d'énergie automatique après l'arrêt du chariot.

III-8) Ventouse ZPT06UNK6-B5-A8: [11]

Générer et utiliser un vide industriel permet de saisir par ventouse des objets et matériaux pour les manipuler. La figure 51 présente la ventouse de la société SMC :



Figure 51 : Ventouse ZPT06UNK6-B5-A8 de la société SMC.

Les dispositifs à ventouse, sont des éléments de préhension souples destinés à être utilisés avec un générateur de vide. De manière, de forme et de diamètre différents, les ventouses permettent de répondre pratiquement à de nombreuses applications de manutention, comme la prise des pièces dans notre cas. La série ZPT présente des ventouses qui utilise le principe d'effet venturi.

Principe de fonctionnement :

Comme la montre la figure au-dessous, un étranglement (P) prévu à l'intérieur du générateur de vide provoque une accélération du flux d'air comprimé vers orifice (A). Il résulte une dépression suffisante pour permettre à la ventouse de déplacer la pièce plate placée à proximité.

Basés sur le principe de l'effet venturi, ces appareils permettent d'obtenir à partir d'une source d'air comprimé, un vide correspondant à 87% de la pression atmosphérique. Avec le développement de l'automatisation, les opérations de transfert et d'assemblage nécessitent couramment de saisir une pièce et d'employer ce dispositif.

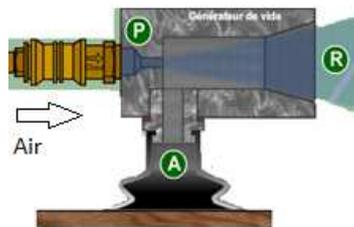


Figure 52 : principe de l'effet venturi.

Critères de choix

Le diamètre de la ventouse est obtenu en calculant son effort de préhension. La valeur calculée devrait servir de référence et, lorsque c'est nécessaire, être confirmée par des tests pratiques de préhension. Pour calculer cet effort, il faut prendre en compte la masse de la pièce, les accélérations lors du mouvement (élévation, arrêt, rotation, etc.) ainsi qu'une

certaine marge de sécurité. Il faut également évaluer une marge de sécurité lors de la détermination du nombre de ventouses et leur position.

Effort de préhension théorique :

L'effort de préhension peut être obtenu soit en effectuant le calcul soit par le tableau de l'effort de préhension théorique.

Calcul

$$W = P \times S \times 0.1 \times \frac{1}{t}$$

W : Effort de préhension (N)
 P : Pression du vide (kPa)
 S : Surface de la ventouse (cm²)
 t : Coefficient de sécurité

Elevation horizontale: 4 ou plus
Elevation verticale: 8 ou plus



Elévation horizontale



Elévation verticale

(Ce genre d'application est à éviter.)

$$\phi D = \sqrt{\frac{4}{3.14} \times \frac{1}{P} \times \frac{W}{n} \times t \times 1000}$$

φD : Diam. de ventouse (mm)
 n : Nombre de ventouses par pièce
 W : Force de préhension (N)

P : Pression du vide (kPa)
 t : Coefficient de sécurité

Elevation horizontale: 4 ou plus
Elevation verticale: 8 ou plus

L'effort théorique de préhension (sans tenir compte du coefficient de sécurité) découle du diamètre de la ventouse et de la pression du vide (tableau 12). L'effort de préhension nécessaire se calcule en divisant l'effort de préhension par le coefficient de sécurité.

Force de préhension = effort théorique de préhension + t
 (Effort de préhension théorique = P x S x 0.1)

Tableau 14 : Effort théorique de préhension

Diam. de ventouse (mm)	φ2	φ4	φ6	φ8	φ10	φ13	φ16	φ20	φ25	φ32	φ40	φ50	
Surface de la ventouse cm²	0.031	0.126	0.283	0.503	0.785	1.33	2.01	3.14	4.91	8.04	12.6	19.6	
Pression du vide kPa	-85	0.264	1.07	2.41	4.28	6.67	11.3	17.1	26.7	41.7	68.3	107	167
	-80	0.248	1.01	2.26	4.02	6.28	10.6	16.1	25.1	39.3	64.3	101	157
	-75	0.233	0.945	2.12	3.77	5.89	9.98	15.1	23.6	36.8	60.3	94.5	147
	-70	0.217	0.882	1.98	3.52	5.50	9.31	14.1	22.0	34.4	56.3	88.2	137
	-65	0.202	0.819	1.84	3.27	5.10	8.65	13.1	20.4	31.9	52.3	81.9	127
	-60	0.186	0.756	1.70	3.02	4.71	7.98	12.1	18.8	29.5	48.2	75.6	118
	-55	0.171	0.693	1.56	2.77	4.32	7.32	11.1	17.3	27.0	44.2	69.3	108
	-50	0.155	0.630	1.42	2.52	3.93	6.65	10.1	15.7	24.6	40.2	63.0	98.0
	-45	0.140	0.567	1.27	2.26	3.53	5.99	9.05	14.1	22.1	36.2	56.7	88.2
	-40	0.124	0.504	1.13	2.01	3.14	5.32	8.04	12.6	19.6	32.2	50.4	78.4

III-9) Electrovanne d'aspiration ZX1101-K15LOZ-E55CN: [12]

On utilise le distributeur d'air ZX1101-K15LOZ-E55CN de la société SMC (figure 53):



Figure 53 : Système de génération du vide de SMC

Les caractéristiques de débit dépendent de la pression du vide du générateur et du débit d'aspiration (figure 55). Si le débit d'aspiration varie, la pression du vide variera également. En règle générale, ce rapport apparaît lors de l'utilisation standard du générateur. Dans le graphique, P_{max} correspond à la pression du vide maxi et Q_{max} au débit d'aspiration maxi. Les distributeurs sont spécifiés selon leur utilisation. Ordre des variations de la pression du vide:

- 1) Si l'orifice d'aspiration du générateur est étanche à l'air, le débit d'aspiration est de 0 et la pression du vide est à sa valeur maxi (P_{max}).
- 2) Si l'orifice d'aspiration est ouvert progressivement, l'air peut s'y introduire, (fuite d'air), le débit d'aspiration augmente, et la pression du vide diminue. (P_1 et Q_1)
- 3) Lorsque l'orifice est ouvert davantage, le débit d'aspiration atteindra la valeur maxi (Q_{max}), tandis que la pression du vide restera proche de 0 (pression atmosphérique).

Lorsque le raccordement du vide ne présente pas de fuites, la pression du vide atteindra sa valeur maxi et diminuera au fur et à mesure que les fuites augmentent. Lorsque la valeur de fuite est identique à la valeur du débit d'aspiration maxi, la pression du vide est proche de 0. Lors de l'adsorption de pièces non étanches, la pression du vide n'est pas élevée.

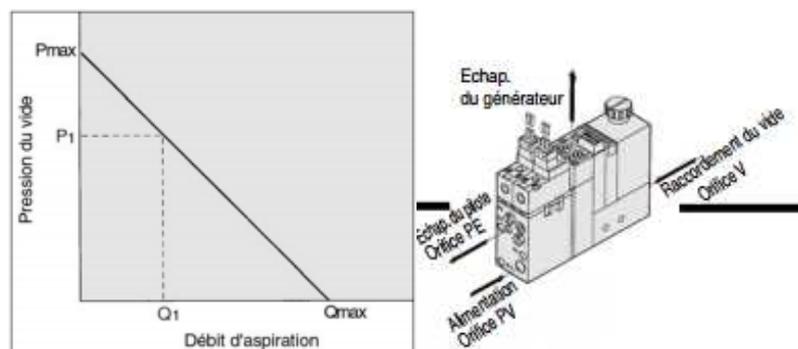


Figure 54 : Caractéristiques du débit.

III-10) Bloc d'électrovanne SS5Y3-41P-5-M5-Q: [13]

Un électrodistributeur est un élément d'automatisme permettant à partir d'une information électrique (appliquée à une électrovanne) le passage d'un fluide air ou huile actionnant des vérins, moteurs, pompes ou tout autres organes de puissance.

Nombre d'experts de l'automatisation conviendraient que les API (automates programmables) sont le cerveau qui se trouve derrière la majorité des processus automatisés des électrodistributeurs intégrés et les embases représentant le cœur d'une machine contrôlant efficacement l'alimentation pour entraîner les pièces mobiles de la machine.

Les électrodistributeurs 5/2 et 5/3 de la série SQ ont été conçus pour les applications demandant une vitesse et une fréquence élevée, une durée de service longue et un temps de réponse précis. La série utilisée offre un débit élevé et une faible consommation électrique, le tout dans une conception compacte. La série SY est disponible avec montage en ligne ou sur embase et les électrovannes peuvent être utilisées individuellement ou sur une barrette. La figure 56 schématise l'électrodistributeur de SMC :

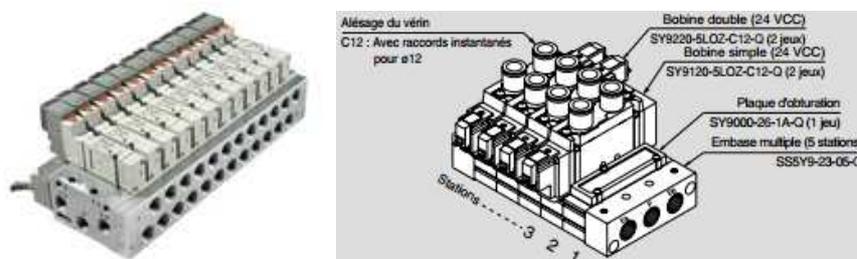


Figure 55 : Electro-distributeur SS5Y3-41P-5-M5-Q de SMC.

III-11) Adaptateur de fibre optique E3X-DA8-S : [14]

Amplificateur numérique à fibres optiques haute fonctionnalité (figure 56) muni de deux grands afficheurs pour une excellente visibilité, même à distance. C'est un capteur utilisé pour détecter la présence des pièces, il est adéquat pour l'utilisation avec les pièces de petites dimensions. Les caractéristiques de l'adaptateur sont disponibles en annexes pages 79.

- Fonctions de traitement du signal, de puissance des LED et temporisation avancée.
- Haute résolution pour une longue portée des détections et des paramétrages précis.
- Contrôle automatique de la puissance pour la stabilité à long terme.



Figure 56 : Amplificateur numérique à fibres optiques E3X-DA8-S d'OMRON.

III-12) Raccord standard M5 :

Les raccords permettent de faire des liaisons de tubes (ou de flexibles à tubes) sur un adaptateur. Les raccords pneumatiques sont adaptés à diverses applications dans plusieurs domaines industriels, ces raccords permettent de réaliser très rapidement des circuits qui transportent l'air comprimé, les gaz dans une large gamme de pression, de température ou de

nature de fluide. Le démontage et la modification du circuit sont immédiats et sans outils. La figure 58 présente un raccord standard de diamètre 6.



Figure 57 : Raccord standard M5 diamètre 6.

III-13) Senseur magnétique D-A093: [15]

Les détecteurs Reed (figure 58) sont des détecteurs mécaniques qui réagissent à la présence de champs magnétiques (aimants). Ils constituent fréquemment une alternative économique aux détecteurs magnétiques électroniques.

Les détecteurs Reed sont constitués de contacts métalliques très fins qui se déforment et se touchent sous l'influence d'un champ magnétique, de manière à fermer le contact. Les caractéristiques du senseur sont présentes dans l'annexe page 80.



Figure 58 : Détecteur Reed D-A093 de SMC.

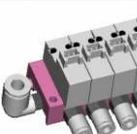
III-14) Liste de matériels et budget :

Nous avons présenté dans le tableau suivant le prix de chaque élément de la station de mesure de coplanarité pour estimer le budget total du projet :

Tableau 15 : Liste des prix des matériels.

• Composant	• Désignation	• Quantité	• Prix U	• Prix T
• 	• Automate JETTER NANO-B	• 1	• 130.00€	• 130.00€
• 	• Laser OMRON ZG2	• 1	• 4804.22 €	• 4804.22 €

Chapitre III : partie opérative : conception mécanique et choix des composants

	<ul style="list-style-type: none"> Vérin à guidage linéaire MXH10-5 	<ul style="list-style-type: none"> 2 	<ul style="list-style-type: none"> 221.5050€ 	<ul style="list-style-type: none"> 443.01€
	<ul style="list-style-type: none"> Vérin à guidage linéaire MXQ12-100B 	<ul style="list-style-type: none"> 1 	<ul style="list-style-type: none">  	<ul style="list-style-type: none"> 
	<ul style="list-style-type: none"> Vérin à guidage linéaire MXQ8-30A 	<ul style="list-style-type: none"> 2 	<ul style="list-style-type: none">  	<ul style="list-style-type: none"> 
	<ul style="list-style-type: none"> Axe électrique LEFS16 A-300-R36P1 	<ul style="list-style-type: none"> 1 	<ul style="list-style-type: none"> 1741.3€ 	<ul style="list-style-type: none"> 1741.3€
	<ul style="list-style-type: none"> Ventouse ZPT06 UNK6-B5-A8 	<ul style="list-style-type: none"> 2 	<ul style="list-style-type: none"> 31,61 € 	<ul style="list-style-type: none"> 63.22€
	<ul style="list-style-type: none"> Electrovanne d'aspiration ZX1101-K15LOZ-E55CN-Q 	<ul style="list-style-type: none"> 1 	<ul style="list-style-type: none">  	<ul style="list-style-type: none"> 
	<ul style="list-style-type: none"> Adaptateur de fibre optique OMRON E3X-DA8-5 	<ul style="list-style-type: none"> 2 	<ul style="list-style-type: none">  	<ul style="list-style-type: none"> 270.12€
	<ul style="list-style-type: none"> Raccord standard M5 	<ul style="list-style-type: none"> 3 	<ul style="list-style-type: none">  	<ul style="list-style-type: none"> 

	<ul style="list-style-type: none"> • Senseur magnétique D-A093 	<ul style="list-style-type: none"> • 6 	<ul style="list-style-type: none"> •  • ① 	<ul style="list-style-type: none"> • 141.36①
<ul style="list-style-type: none"> • Budget total 	<ul style="list-style-type: none"> • 9156.9€=101824.728DH 			

III-15) Conclusion :

Dans cette partie, on a décrit la station de test proposé comme moyen de test de coplanarité ensuite on a mis le point sur les éléments traités dans le cadre de ce travail qui ont été développé suivant une méthode logique et structurée. Puis nous avons établi une liste de matériels avec leurs prix. L'utilité de ce projet se manifeste dans :

- Limitation des erreurs manuelles de l'opérateur.
- Optimisation au maximum la durée du test.
- Réduction des heures de service des opérateurs.
- Augmentation de la productivité.

Chapitre IV

Partie commande : Programmation

Dans ce chapitre, après avoir donnée quelques informations sur les composants de la station. Nous allons détailler :

- ❖ Les étapes de l'automatisation du test de coplanarité sur le logiciel JETSYM.
- ❖ la procédure du calcul de coplanarité avec le logiciel Visual Basic.

IV-1) Introduction :

A l'aide du langage de programmation, en texte structuré, orienté vers le contrôle de procès, les applications les plus complexes peuvent être résolues. Des instructions pour le calcul arithmétique, le contrôle de mouvement ou la communication réseau rendent la programmation beaucoup plus aisée. C'est dans cette partie que nous allons automatiser la station de mesure sur JETSYM et la conception de l'interface VB pour la gestion des produits.

IV-2) Programmation de l'automate JETTER sur JETSYM [17]:

IV-2-1) Introduction à JETSYM :

JetSym est le logiciel de programmation pour tous les automates de JETTER (JetControl, Nano et Delta). L'interface utilisateur a l'apparence et la facilité d'utilisation d'un programme moderne tournant sous Windows.

La possibilité d'accéder à tous les paramètres du système complet à tout moment permet d'implémenter des fonctions complexes.

IV-2-2) Partie visuelle :

JetSym, par exemple, dispose d'instructions efficaces pour le positionnement intégré de mouvement des axes. Ces instructions simplifient la programmation et ouvrent de nouvelles possibilités pour la mise en œuvre des fonctions complexes. Le système d'aide fournit à l'utilisateur un soutien optimal. Les instructions peuvent être classées comme suit :

- Déclaration des tâches,
- Déclaration des variables,
- Instructions de gestion des tâches,
- Instructions de séquence, comme WHEN, IF, CASE, FOR ou WHILE,
- Expressions booléennes (Flags, inputs, outputs and numerical values),
- Les opérations arithmétiques,
- Comparaisons, comme $\langle \rangle =$,
- Diverses opérations de temporisation,
- Pointeurs,
- Fonctions,
- Objets,
- Instructions de réseau permettant la communication via Ethernet,

- Instructions de traitement de texte,
- Instructions pour les opérations de fichiers, telles que le chargement, l'enregistrement et la suppression de fichiers.

La figure 60 présente l'interface du logiciel JETSYM :

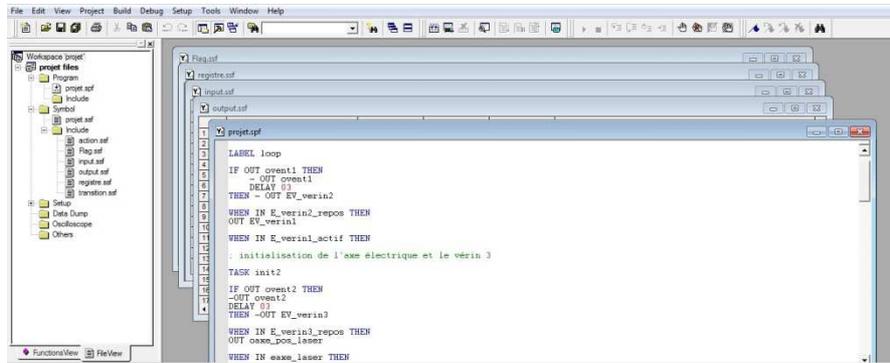


Figure 59 : Interface de JETSYM.

Instruction

Une instruction est un ordre élémentaire que va exécuter le processeur.

Task

Chaque programme doit contenir au moins une tâche avec <task numéro>. Si le programme atteint la END_TASK; instruction, il passera automatiquement au début de la tâche.

TASK <task name or number>;

Source text for program flow

END_TASK;

Flag

Un "flag" est un drapeau ou sémaphore. C'est un bit privilégié, contenu dans un registre, qui peut être mis à l'état haut ou bas par programme. Il sert d'indicateur pour les divers programmes qui l'utiliseront comme un aiguillage de décision.



Goto

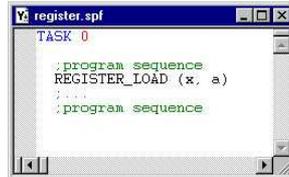
Saut définitif à une nouvelle adresse, souvent en fonction d'une condition. Cette instruction est un vieux reste du basic, elle est maintenant d'un usage rare en langage C. Exemple : Si "valeur contenue dans un registre" plus grande que "valeur immédiate", alors "goto" (équivalent à : <aller à >) "telle adresse", sinon continuer.

LABEL<label name>[= <label number>]:

GOTO<label name>;

Register

Un registre est une case mémoire qui bénéficie de possibilités supplémentaires, d'accès rapide et (ou) de manipulations au niveau bits. L'accumulateur est le plus privilégié des registres. Un port est un des registres.



IV-2-3) Grafcet :

Description du grafcet :

La figure 60 présente l'emplacement des principaux éléments de la station de mesure de coplanarité.

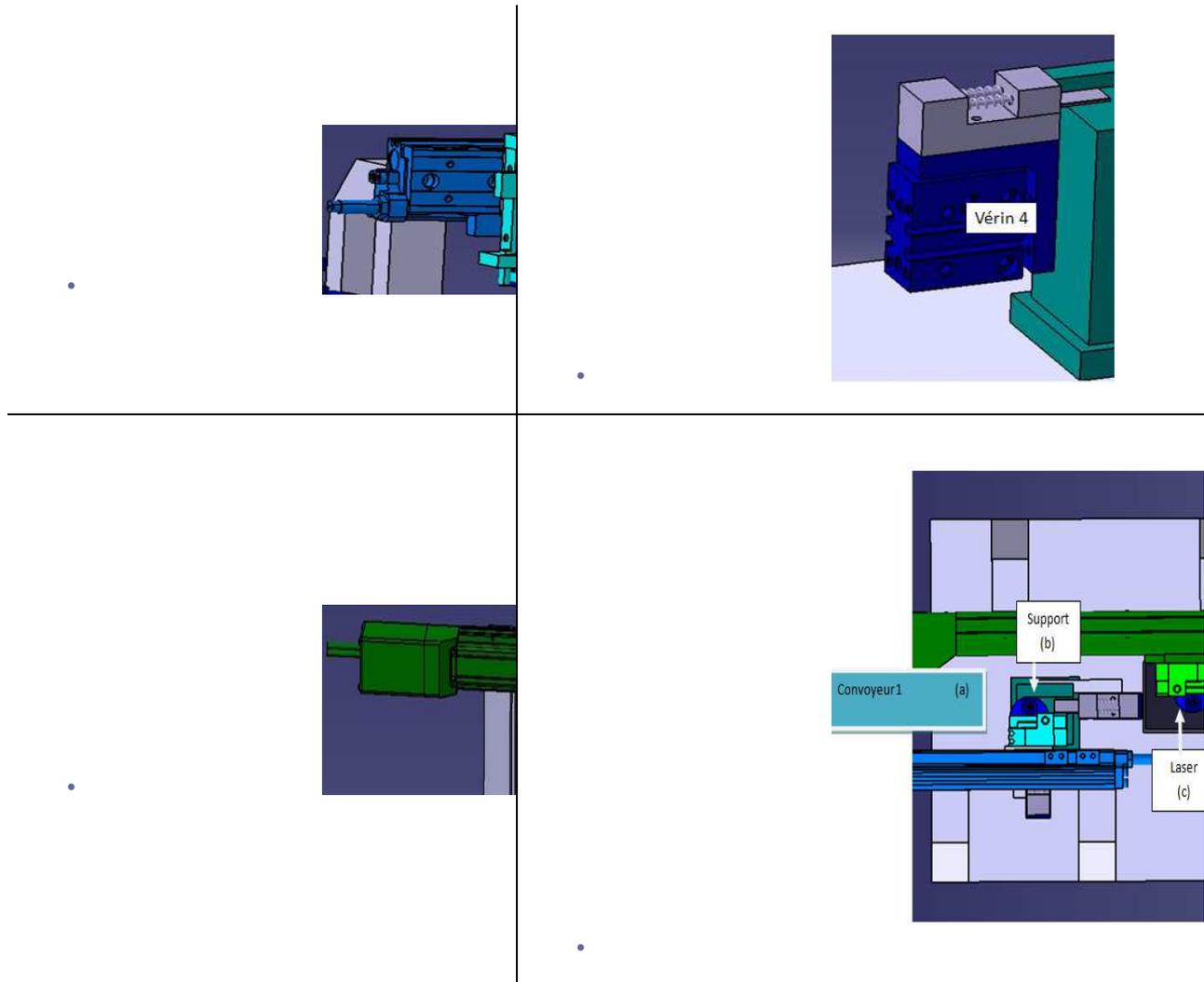


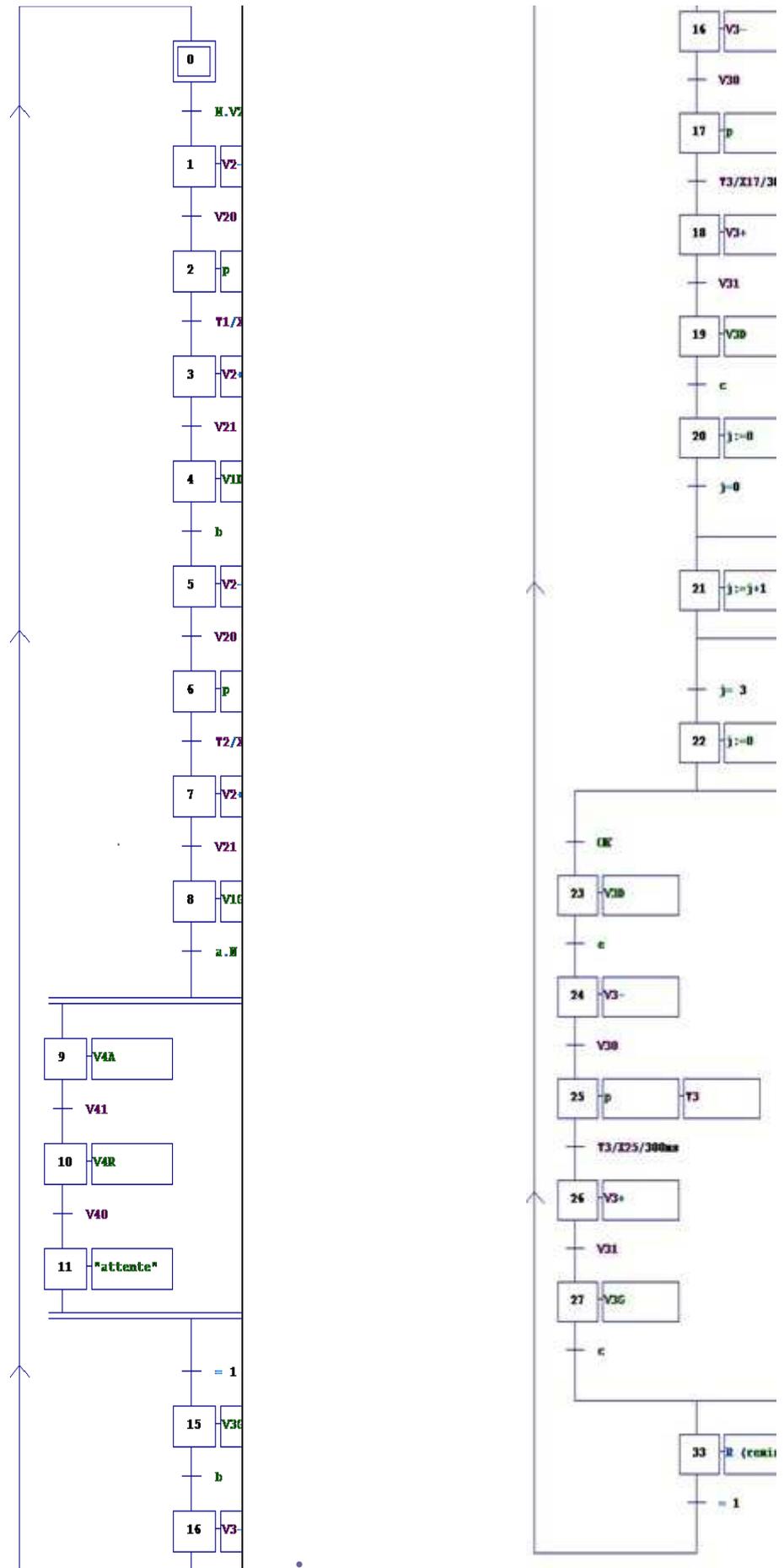
Figure 60 : Emplacement de certains composants

A l'état initial le vérin1 (V1) et le vérin 2 (V2) doivent être respectivement dans la position a et c, une fois le capteur M détecte la présence d'une pièce sur le convoyeur 1, la station commence son travail en prenant la pièce du convoyeur1 (position a) et la mettre sur le support (position b), cela se fait en rapprochant la ventouse de la pièce (après une avance de V1 vers le convoyeur et une décente de V2 vers le bas) , cette dernière crée un vide pour serrer la pièce. Le capteur N qui détecte la présence d'une pièce sur le support donne l'ordre au système de centrage de centrer la pièce à l'aide des vérins V4 et V5, une fois la pièce est centrée le couple vérin V3 + ventouse prend la pièce du support et l'amène vers le laser (position c). Le laser prend son temps pour faire son test pour valider la pièce ou non. Si la pièce est OK le couple vérin3+ventouse se déplace pour la mettre sur le convoyeur2 (position e), sinon il la met dans le Scrap (position d). Le tableau suivant présente la signification des capteurs et des actionneurs utilisés dans le grafcet :

Tableau 16 : capteurs et actionneurs utilisés dans le grafcet.

•	•	•	•
•	•	•	•
•	•	•	•
•	•	•	•

•	<p>               </p>	<p>               </p>
•	<p>               </p>	<p>               </p>
•	<p>               </p>	<p>               </p>
•	<p>               </p>	<p>               </p>
•	<p>               </p>	<p>               </p>
•	<p>               </p>	<p>               </p>
•	<p>               </p>	<p>               </p>
•	<p>               </p>	<p>               </p>
•	<p>               </p>	<p>               </p>
•	<p>               </p>	<p>               </p>
•	<p>               </p>	<p>               </p>
•	<p>               </p>	<p>               </p>
•	<p>               </p>	<p>               </p>
•	<p>               </p>	<p>               </p>
•	<p>               </p>	<p>   </p>



Le programme complet et est disponible en Annexes page 81.

En premier lieu nous avons défini la position initiale de chaque éléments de la station, en activant le servomoteur de l'axe électrique qui convertit la rotation du vis en fin en translation du vérin et en activant la source d'air qui crée le vide dans les vérins et la ventouse quand il faut, afin de prendre la pièce (pick) ou la lâcher (place). Ensuite l'automate établit une communication avec l'interface VB pour qu'elle reçoive les ordres et les applique en envoyant le même caractère. Dès que le capteur de présence de pièce détecte une pièce sur le convoyeur la station suit la démarche du test expliquée précédemment.

IV-3) Interface VISUAL BASIC [17]:

IV-3-1) Introduction à Visual Basic:

Visual Basic est un langage de programmation événementielle qui permet de réaliser des applications pour Windows. Il est particulièrement adapté pour assurer la liaison et la communication entre les logiciels sous Windows. Il permet d'interroger des bases de données éventuellement distantes. Il permet aussi de développer rapidement une ébauche d'un projet logiciel et est donc assimilé à un outil de maquettage et de prototypage. Les intérêts majeurs de Visual Basic sont sa facilité de programmation et l'intégration des techniques et concepts propres à Windows.

Les instructions ne seront plus exécutées les unes à la suite des autres, mais un événement déterminé déclenchera l'exécution d'une suite d'instructions, c'est ce qu'on appelle la programmation événementielle.

En effet, dans les systèmes d'exploitation tel que Windows, les programmes doivent être capable d'interagir graphiquement avec l'écran, le clavier, la souris et au besoin l'imprimante.

L'objectif de cette étape est donc de réaliser une interface graphique, facile d'utilisation, qui va permettre à l'utilisateur de définir les différents paramètres relatifs au test de hauteur (test de coplanarité). En plus d'envoyer ces paramètres nécessaires au Laser, cette interface va recueillir toutes les mesures envoyées par le Laser OMRON et va utiliser ces données.

Nous allons procéder également à une représentation graphique des cycles en cours, afin de voir le bon déroulement du test de coplanarité.

Afin de programmer efficacement et d'obtenir rapidement des résultats, il est intéressant de respecter une certaine marche à suivre pour la réalisation de notre interface :

1. Déterminer ce que notre application doit faire.
2. Créer la partie visuelle de notre interface.
3. Ajouter le code associé aux éléments visuels, celui-ci automatisera d'une certaine manière notre application.
4. Tester l'application afin d'éliminer les erreurs éventuelles.
5. Une fois que le fonctionnement correct est assuré, on peut compiler le programme et en extraire un fichier exécutable afin de l'utiliser facilement.

IV-3-2) Partie visuelle [18]:

Dans cette étape, nous allons élaborer la partie visible du programme à laquelle l'utilisateur sera confronté.

Au départ, nous disposons d'une feuille vide, cette feuille constitue l'espace sur lequel on viendra ajouter tous des éléments. Ceux-ci peuvent être visibles ou invisibles à l'utilisateur lors de l'exécution du programme. Ces éléments ajoutés portent le nom de contrôle. On peut citer, pour exemple, les boutons, cases à cocher etc. comme contrôle visible et les contrôles tel que le Timer ou encore le contrôle MSCComm comme contrôle invisible.

Voici à quoi ressemble la feuille vierge de tout contrôle (figure 61). Il s'agit du point de départ de l'application :

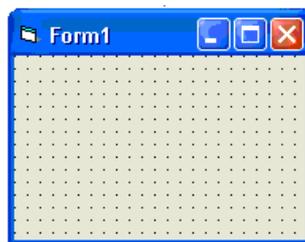


Figure 61 : feuille vide

A chaque contrôle est associé une série de propriétés utiles pour en définir les différents états. Il est inutile de toutes les détailler sauf celle qui nous concerne.

Le contrôle Communications**MSComm** donne accès à une série de commandes de communication standard. Il vous permet de vous connecter à un port série ou à un autre périphérique de communication (un modem, par exemple), d'émettre des commandes, d'échanger des données, et de contrôler et traiter divers événements et erreurs pouvant se produire au cours d'une connexion série.



Une fois que vous avez précisé le port à ouvrir et le mode de traitement de la communication, vous utilisez la propriété **PortOpen** pour établir la connexion. Celle-ci correspond à une valeur de type Booléen prenant la valeur True ou False. Cependant, si le port n'est pas opérationnel, si la propriété CommPort n'est pas définie correctement ou si le périphérique ne gère pas les paramètres spécifiés, une erreur sera générée ou le périphérique externe ne fonctionnera pas correctement. L'affectation de la valeur False à la propriété PortOpen entraîne la fermeture du port. Le tableau 17 décrit les propriétés de communication avec le port :

Tableau 17 : la liste des propriétés de communication avec le port.

• Propriétés	• Description
• CommPort	• Définit et renvoie le numéro de port de communication.
• Settings	• Définit et renvoie le débit en bauds, la parité, les bits de données et les

	bits d'arrêt sous forme de chaîne.
• PortOpen	• Définit et renvoie l'état d'un port de communications. Ouvre et ferme également un port.

Lors de l'ouverture d'un port, des tampons de réception et d'émission sont créés. Pour gérer ces tampons, le contrôle Communications offre un certain nombre de propriétés pouvant être définies au moment de la création à l'aide du page de propriétés du contrôle.

Gestion des tampons de réception et d'émission :

Comme il a été indiqué plus haut, des tampons de réception et d'émission sont créés lors de l'ouverture d'un port. Ces tampons servent à stocker les données entrantes et à émettre les données sortantes. Le contrôle Communications permet de gérer ces tampons avec un certain nombre de propriétés assurant le placement et la récupération de données, le renvoi de la taille de chaque tampon et le traitement des données texte et binaires.

1) Le tampon de réception :

La propriété Input est utilisée pour stocker et récupérer des données dans le tampon de réception. Par exemple, si vous souhaitez récupérer des données du tampon de réception et les afficher dans une zone de texte, vous pouvez utiliser le code suivant :

```
TxtDisplay.Text = MSComm1.Input
```

2) Le tampon d'émission

La propriété Output est utilisée pour envoyer des commandes et des données au tampon d'émission.

Comme la propriété Input, les données peuvent être envoyées sous forme de données texte ou binaires. Cependant, la propriété Output doit envoyer des données texte ou binaires en spécifiant une chaîne ou un Variant de type tableau d'octets.

' Envoie une chaîne texte

```
MsComm1.Output = "Chaîne de texte"
```

Timer

Les Timers sont des compteurs indispensables au fonctionnement d'un microcontrôleur. Ils fonctionnent sous deux modes différents :

En horloges programmables, ils déclenchent des évènements (programme, changement d'état de sorties) à des périodes données, par mécanisme d'interruptions. Ils peuvent réveiller le circuit mis en sommeil pour économiser l'énergie.

En compteurs, déclenchés par un évènement extérieur. Un niveau ou transition sur une entrée de déclenchement provoque le stockage d'un temps (nombre de cycles) dans un registre et une action (sous-programme d'interruption). L'exemple le plus simple est le comptage de temps entre déclenchements.



Communication entre ordinateur et périphérique

Deux ordres sont nécessaires pour pouvoir écrire et lire une case mémoire d'adresse connue dans le domaine des entrées/sorties.

Pour remplir une case mémoire d'adresses connue avec un contenu donné ou calculé, on utilise la commande basic OUT dont la syntaxe est :

OUT adresse, L'opération réciproque de l'écriture d'une donnée est la lecture du contenu d'une case mémoire. On utilise la commande basic INP () dont la syntaxe est :

INP (adresse).

ACQ = INP (&H378) : donne la valeur du contenu de la case mémoire d'adresse &H378 à la variable ACQ.

⇒ En résumé **OUT** permet l'écriture et **INP ()** la lecture.

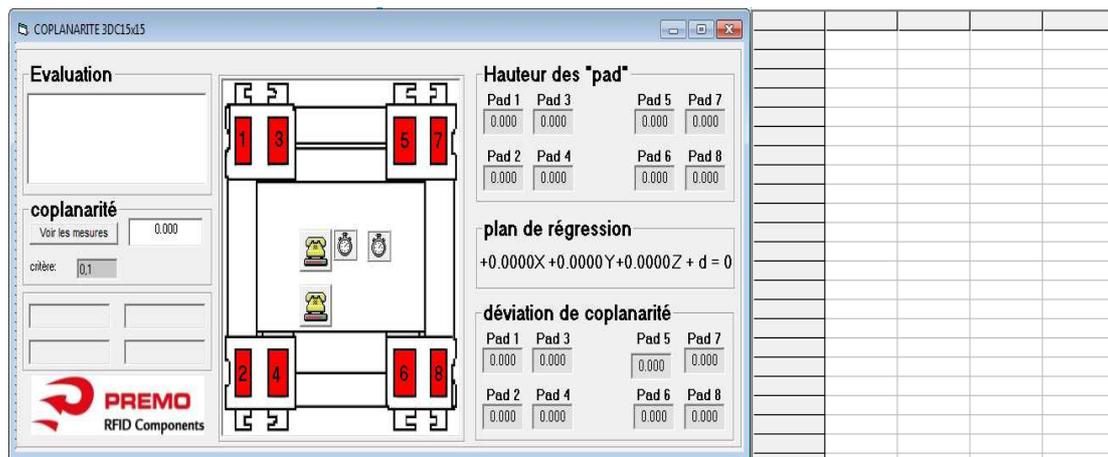
OUT &H378, 1est une commande basic qui permet d'envoyer un ordre sur le port parallèle (port imprimante) de votre ordinateur.

Lorsqu'un capteur est actif, un code spécifique apparaît à l'adresse &H379 (Le code dépend du branchement sur la prise parallèle). L'instruction qui permet de lire le code sur le port // est :

```
" Code = INP (&H379) "
```

IV-3-3) Algorithme :

Le programme complet et commenté est disponible en Annexes page 89, La figure 62 présente une vue de l'interface VB :



Fig

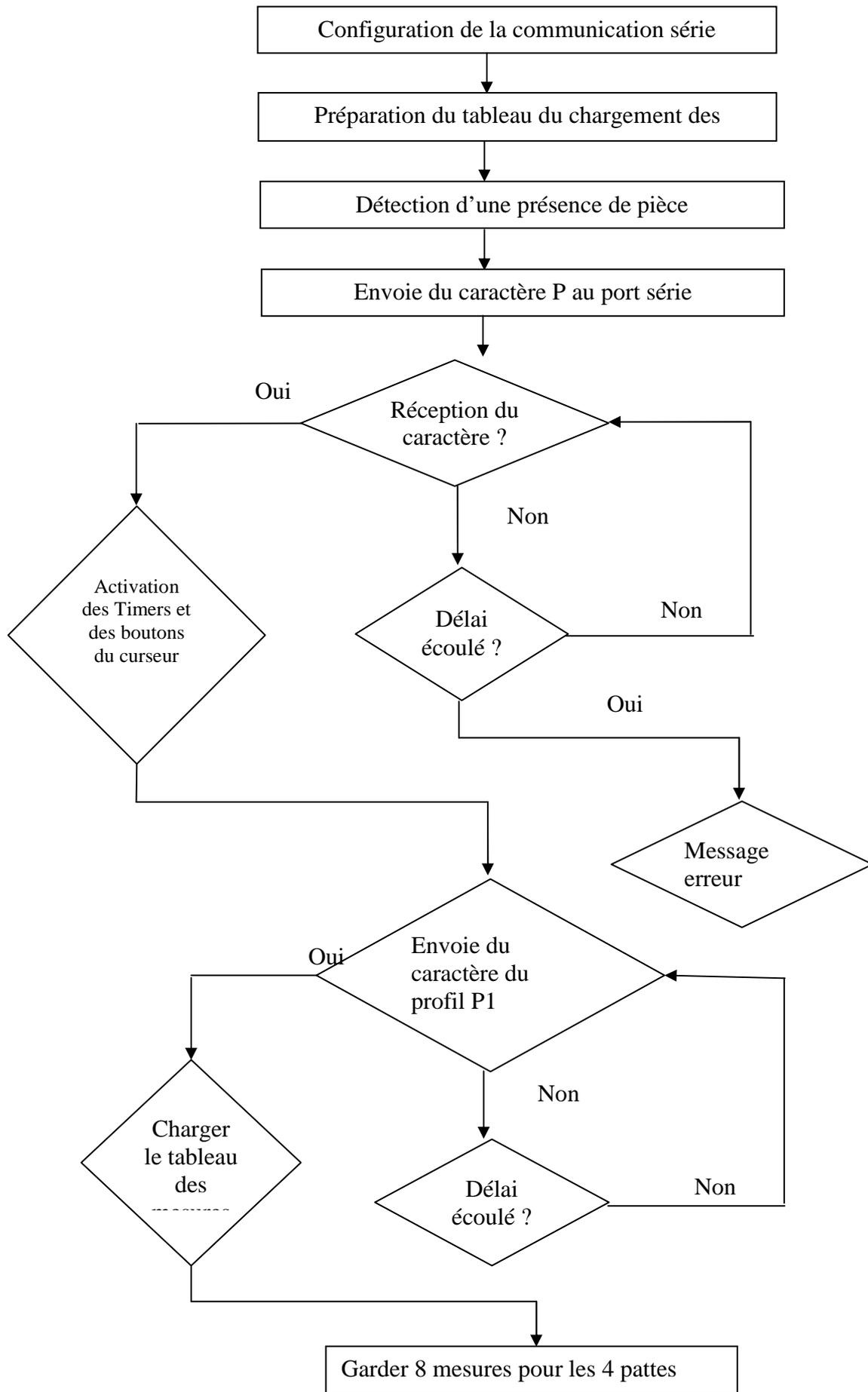
ure 62: Vue de l'interface VB

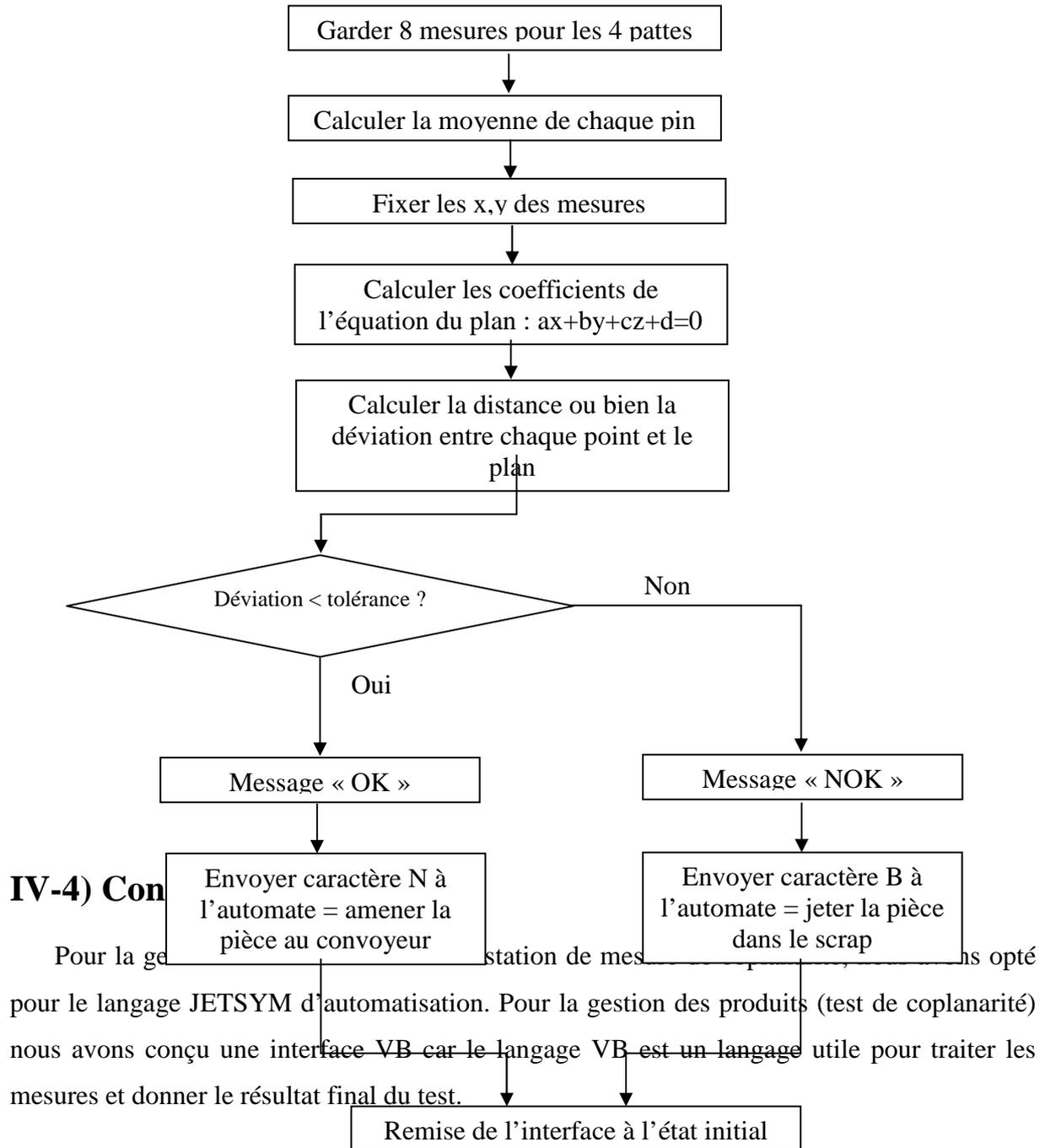
Lors du chargement de l'application, l'utilisateur doit, en premier lieu, tester si tout est prêt pour commencer le test. Il le fera au travers du bouton Communication Test.

Lorsque l'utilisateur clique sur ce bouton, Visual Basic configure la communication série suivant le port choisi (1 ou 2). Il envoie ensuite un caractère à l'automate.

Si celle-ci est prête il renverra à l'interface le même caractère. Dans le cas contraire, il ne renverra rien ou un caractère différent de celui envoyé.

Afin de ne pas attendre indéfiniment, nous utilisons un Timer qui va permettre à Visual Basic d'attendre au maximum cinq secondes pour que l'automate renvoie quelque chose. Nous pouvons illustrer cette procédure à l'aide d'un organigramme :





Conclusion & perspectives

Conclusion générale

Le présent rapport présente la synthèse de mon stage de fin d'études qui s'est déroulé au sein de la société « PREMO méditerranée », qui consistait à la conception et la réalisation d'une station de vision artificielle pour la mesure et le test de coplanarité des antennes RFID 3DC15x15.

Pour réaliser ce projet, nous avons tout d'abord défini les besoins et les objectifs à atteindre selon les spécifications du cahier des charges, puis nous avons cherché les différentes solutions techniques à ce projet.

Pour la coplanarité, nous avons utilisé la norme internationale qui répond à notre besoin. Il s'agit de la norme JEDEC JESD22-B108A « Coplanarity Test for Surface-Mount Semiconductor Devices ».

Vu l'importance de ce test pour les antennes RFID nous avons opté pour la conception d'une station de vision artificielle pour la mesure et le test de coplanarité des RFID.

Pour la conception mécanique de la partie opérative de la station, le logiciel Catia V5 a été utilisé.

Pour l'automatisation des mouvements de la station de mesure, nous avons implanté le logiciel qui traduit les spécifications du cahier des charges sur l'automate JETTER NANO-B à l'aide du logiciel JETSYM.

Pour la gestion des rebuts nous avons réalisé une interface à l'aide de Visual Studio (VB) pour traiter les mesures et communiquer le résultat final du test à l'automate.

Nous avons mené plusieurs tests avec les différents algorithmes de traitement de profil pour atterrir finalement sur l'algorithme basé sur la soustraction de profil de la pièce et le traitement de ce dernier afin de tester la coplanarité.

Concernant la réalisation pratique, surtout dans la partie automatisation et la partie opérative, nous nous étions adaptés à la disponibilité de matériel, pour minimiser le budget du projet.

Perspectives

Notons que pour la partie conception il reste à faire l'assemblage des composants et le test du système.

Pour la partie commande, le programme Grafcet est implanté sur l'automate, reste à faire le câblage de l'automate JETTER NANO-B.

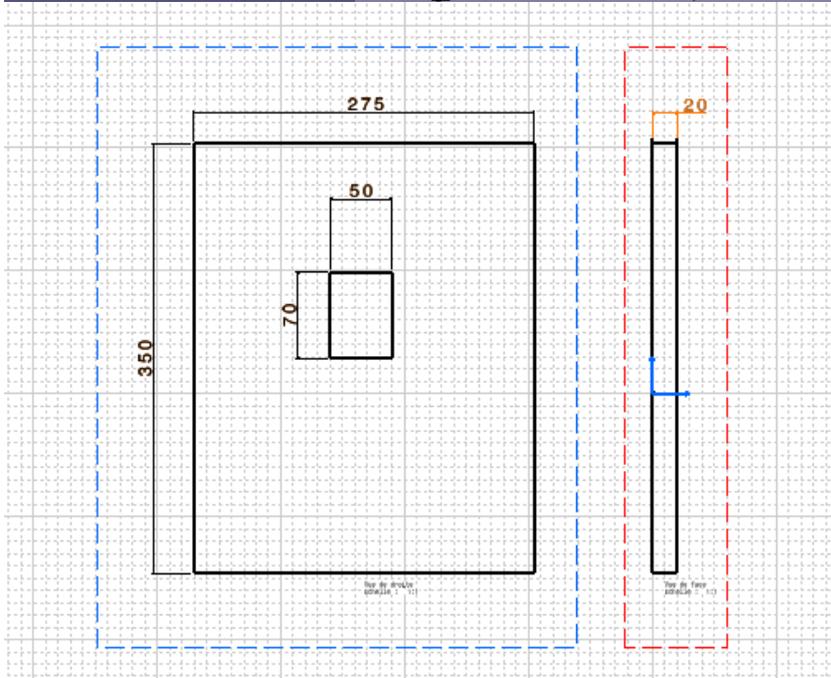
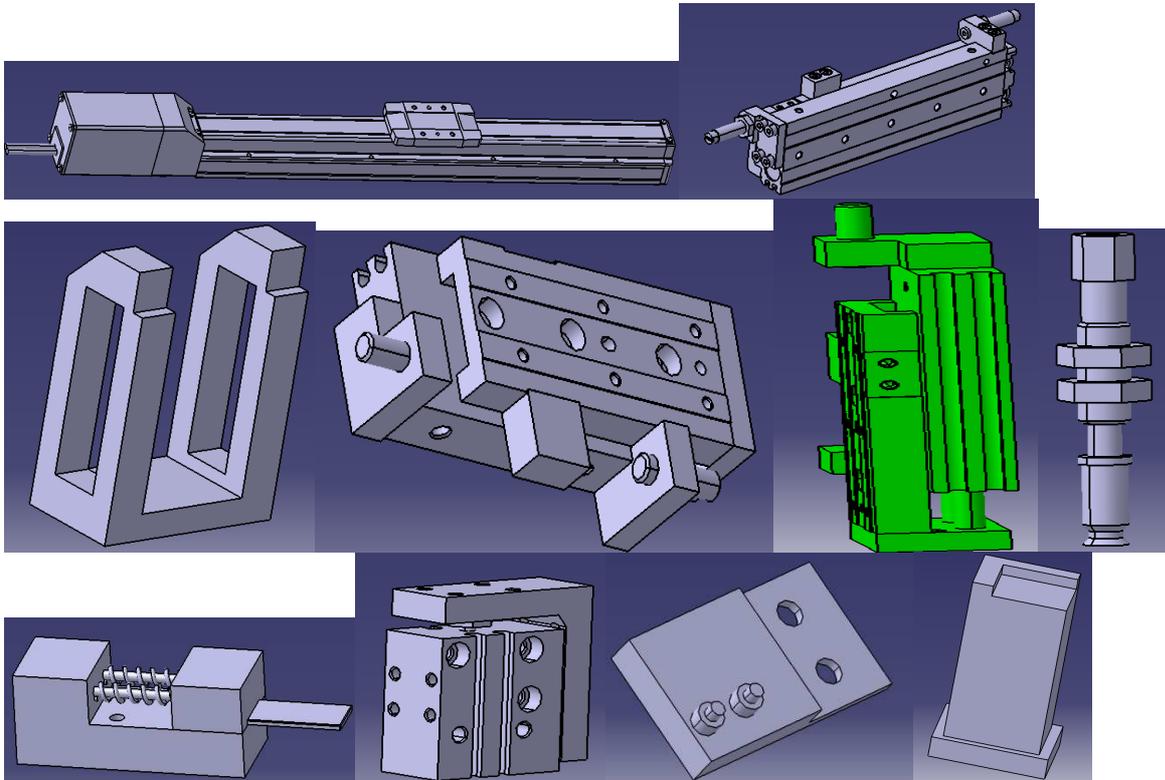
Notons que le temps du traitement d'une pièce peut être diminué en utilisant le parallélisme dans les mouvements des vérins pour le déplacement des pièces ou en utilisant juste l'axe électrique pour faire tout le travail de déplacement de la pièce en respectant ses dimensions ou changer l'axe par un autre de grandes dimensions.

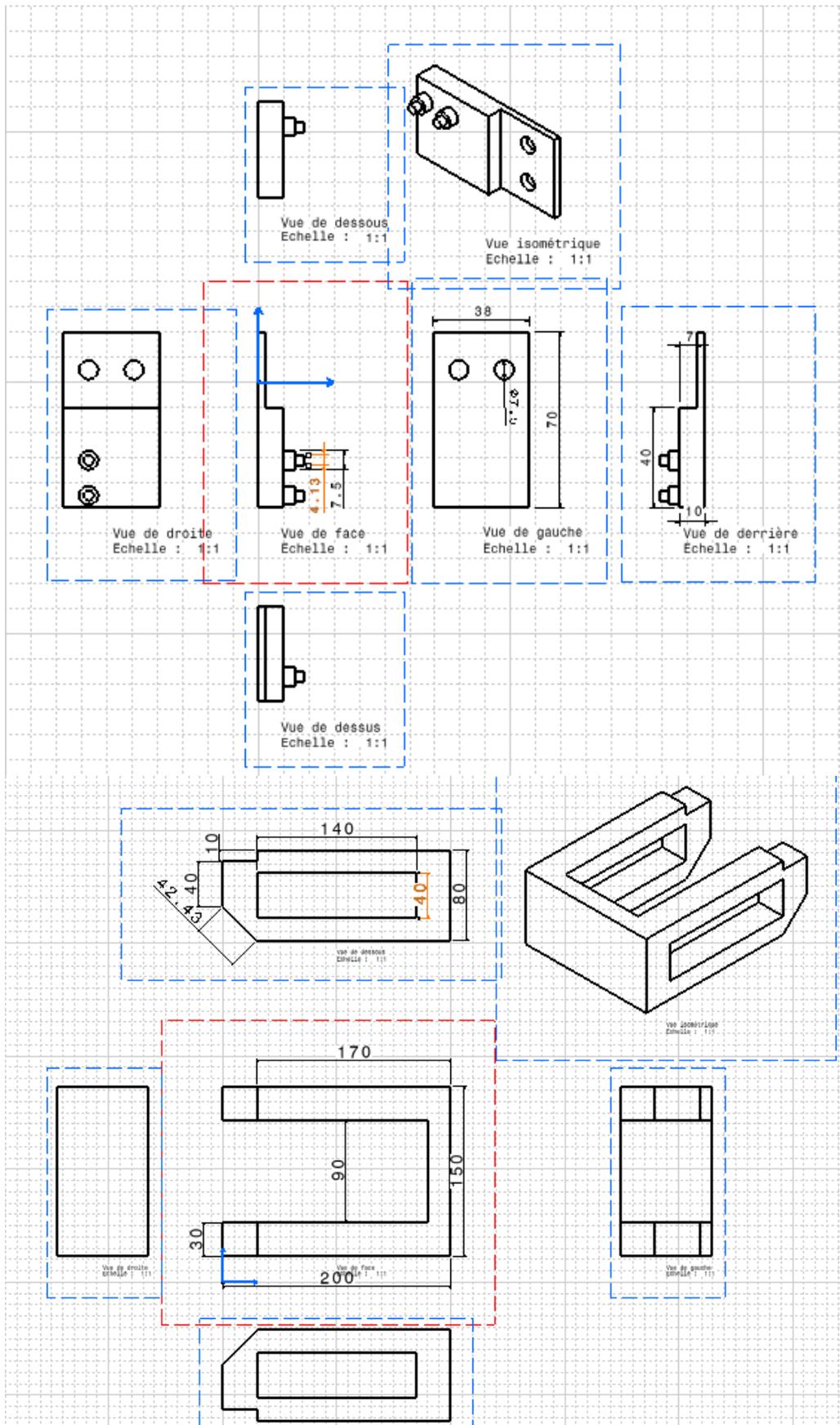
Références Bibliographiques

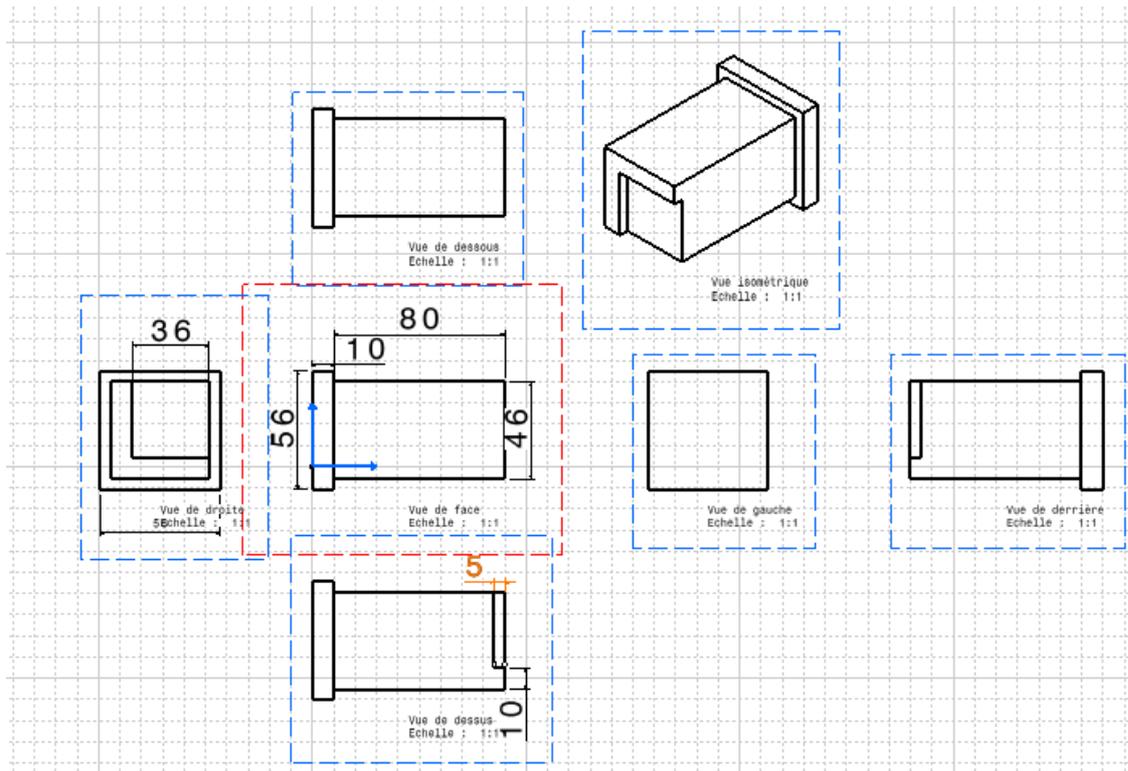
- [1] : <http://www.grupopremo.com/>
- [2] : [http://www.grupopremo.com/fr/product/153/features/rfid/3-axe-transponder-inductors\(3dcoils\)/3dc15smd3dcoil17.5x15.5x3.8mm\(2.47mh-10mh\).html](http://www.grupopremo.com/fr/product/153/features/rfid/3-axe-transponder-inductors(3dcoils)/3dc15smd3dcoil17.5x15.5x3.8mm(2.47mh-10mh).html)
- [3] : www.jedec.org/sites/default/files/docs/22b108a.pdf
- [4] : http://www.ces.univ-paris1.fr/membre/Sevestre/plan_cours_M1_Paris1.pdf
- [5] : <http://www.jetter.de/en/industrial-automation/products/controllers/nano/nano-b.html>
- [6] : http://www.omron-ap.co.nz/data_pdf/cat/zg2_q167-e1_3_1_csm2085.pdf
- [7] : http://content2.smcetech.com/pdf/MXH-B_FR.pdf
- [8] : http://content2.smcetech.com/pdf/MXQ_FR.pdf
- [9] : http://content2.smcetech.com/pdf/MXQ_FR.pdf
- [10] : http://content2.smcetech.com/pdf/LEF-D_FR.pdf
- [11] : http://content2.smcetech.com/pdf/ZP_FR.pdf
- [12] : http://content2.smcetech.com/pdf/ZX_FR.pdf
- [13] : http://content2.smcetech.com/pdf/SY_FR.pdf
- [14] : http://content2.smcetech.com/pdf/D_FR.pdf
- [15] : https://www.ia.omron.com/data_pdf/cat/e3x-das-mdas-e15-1-csm430.pdf?id=1322
- [16] : <http://www.jetter.de/en/industrial-automation/products/software/programming/jetsym.html>
- [17] : [http://msdn.microsoft.com/fr-fr/library/aa231237\(v=vs.60\).aspx](http://msdn.microsoft.com/fr-fr/library/aa231237(v=vs.60).aspx)
- [18] : <http://www.pise.info/vb/intro.htm#I3>

Annexes :

❖ La conception des éléments de la station







❖ Caractéristiques de l'automate JETTER NANO-B

Condition	
Ambient Temperature	0 .. 50 °C
Storage temperature	-25 °C .. 70 °C
Air Humidity	5% - 95% No condensing
Pollution Degree	2
Corrosion Immunity / Chemical Resistance	No special protection against corrosion. Ambient air must be free from higher concentrations of acids, alkaline solutions, salts, metal vapours, or other corrosive or electroconductive contaminants.
Operating Altitude	Up to 2,000 m above sea level.

Vibration Resistance	<ul style="list-style-type: none"> • 10 Hz ... 57 Hz: with an amplitude of 0.0375 mm for continuous operation and a peak amplitude of 0.075 mm • 57 Hz ... 150 Hz: 0,5 g constant acceleration for continuous operation and 1.0 g constant acceleration as peak value • 1 octave per minute, 10 frequency sweeps (sinusoidal), all three spatial axes
Free Falls Withstanding Test	Height of fall (units within packing): 1 m
Shock Resistance	15 g occasionally for 11 ms
Degree of Protection	<ul style="list-style-type: none"> • IP 20 • IP 10 (bottom side of enclosure)
Mounting Position	Any position, snapped on DIN Rail
Class of Protection	III
Dielectric Test Voltage	Functional ground is connected to chassis ground internally.
Oversvoltage Category	II
Power Loss	<ul style="list-style-type: none"> • Time period ≤ 10 ms • Time interval between two voltage dips ≥ 1 s • Severity level PS2

❖ Guide d'utilisation de laser.

[ZG2-WDS8T/WDS22]

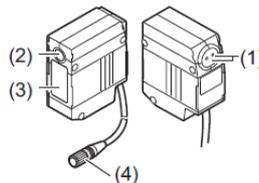
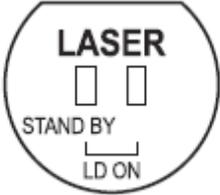


Figure 63: tête de capteur ZG2-WDS22.
Tableau 17 : Les composants de tête de capteur.

Nom	Fonction
<ul style="list-style-type: none"> • (1) Indicateur laser 	<ul style="list-style-type: none"> • Ce sont des indicateurs d'alerte de faisceau laser. Le "indicateur de veille (STANDBY)" indique que le faisceau laser est prêt pour l'émission, et l'indicateur "sous tension du laser (LD ON)" indique que le laser est mis sous tension. • Les deux indicateurs sont éteints jusqu'à ce que le démarrage du contrôleur soit achevé après la mise sous tension.

		
(2)	Emetteur de laser	<ul style="list-style-type: none"> Il émet le faisceau lumineux pour la mesure.
(3)	Récepteur de laser	<ul style="list-style-type: none"> Celle-ci reçoit la lumière laser réfléchi par la cible de mesure.
(4)	Connecteur	<ul style="list-style-type: none"> C'est le connecteur pour le raccordement au contrôleur.

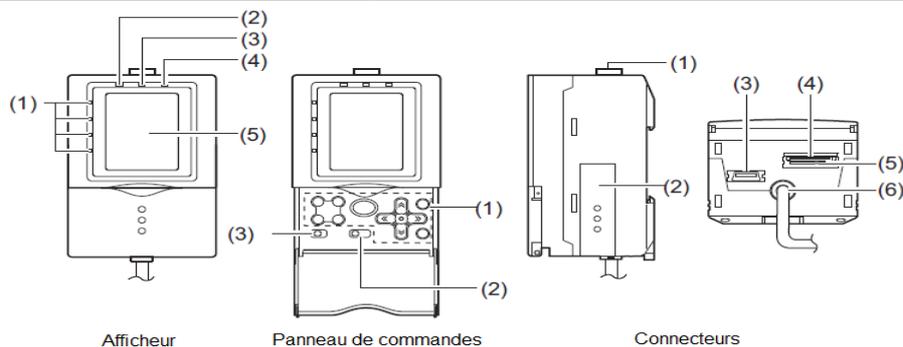


Figure 64 : Contrôleur ZG2-WDC41A.

Tableau 18 : Les composants de l'afficheur.

Nom	Fonction
(1) Indicateur de jugement	<ul style="list-style-type: none"> L'indicateur s'allume lorsque le résultat du jugement de la tâche est OK, et s'éteint quand un paramètre n'est pas fait, la mesure est sur OFF, ou une erreur se produit.
(2) Indicateur de laser	<ul style="list-style-type: none"> L'indicateur de laser s'allume quand la tête de capteur émet un faisceau laser.
(3) Indicateur de remise à Zéro	<ul style="list-style-type: none"> L'indicateur de remise à zéro est activé lorsque la fonction de remise à zéro est activée.
(4) Indicateur de déclenchement	<ul style="list-style-type: none"> L'indicateur de déclenchement s'allume quand un signal de déclenchement est entré.
(5) Ecran LCD	<ul style="list-style-type: none"> L'écran LCD affiche les menus de configuration et les images capturées à partir de la tête du capteur.

Tableau 19 : Panneau de commandes.

Nom	Fonction
(1) Les touches de contrôle	<ul style="list-style-type: none"> Ces touches sont utilisées pour fixer les conditions de mesure ou de commutation de l'affichage.
(2) Sélecteur de	<ul style="list-style-type: none"> Ce commutateur sélectionne

mode	<ul style="list-style-type: none"> le mode de fonctionnement. FUN: Sélectionnez ce mode lors de la création des conditions de mesure. ADJ: Sélectionnez ce mode pour ajuster la valeur de seuil du jugement. RUN: Sélectionnez ce mode lorsque vous effectuez la mesure. Les résultats de mesure et les résultats de jugement ne sont émis que lorsque le mode RUN est actuellement sélectionné.
(3) Menu de commutateur	<ul style="list-style-type: none"> Ce commutateur permet de sélectionner le menu de configuration. EXP: Menu Expert. Sélectionnez cette option pour obtenir une configuration plus détaillée.

Tableau 20 : connecteurs.

Nom	Fonction
(1) Connecteur de la tête de capteur	Ce connecteur connecte la tête de capteur.
(2) Connecteur d'Extension des fonctions	Insérez ce connecteur dans l'unité de liaison de contrôleur lors du montage de bande des unités de stockage des données et des contrôleurs.
(3) Port USB	Branchez le câble USB (mini-B) au port USB pour se connecter à un ordinateur personnel.
(4) Connecteur RS-232C	Branchez le câble RS-232C (produit exclusif) lorsque vous connectez le contrôleur à un automate, terminal programmable ou un ordinateur personnel.
(5) Tension / commutateur actuel	<ul style="list-style-type: none"> Ce commutateur permet de sélectionner la tension de sortie ou le courant de sortie en tant que sortie analogique. (valeur par défaut: tension de sortie)
(6) Câble d'E / S	Le câble d'E / S connecte le contrôleur à la source de courant et les périphériques externes tels que des capteurs de synchronisation ou des contrôleurs programmables.



Caractéristiques de tête de détection du laser OMRON

Élément		ZG2-WDS70	ZG2-WDS22	ZG2-WDS8T	ZG2-WDS3VT			
Système optique		Réflexion diffuse		Réflexion diffuse	Réflexion régulière	Réflexion régulière		
Plage de mesure	Hauteur	210±48 mm (en mode haute précision)	100±12 mm	94±10 mm	50±3 mm	44±2 mm	22,3±0,5 mm	10,6±0,4 mm
	Largeur (type)	70 mm	22 mm	8 mm	3 mm			
Résolution	Hauteur ^{*1}	6 µm	2,5 µm	1 µm	0,25 µm			
	Largeur	111 µm (70 mm / 631 pixels)	35 µm (22 mm / 631 pixels)	13 µm (8 mm / 631 pixels)	5 µm (3 mm / 631 pixels)			
Linéarité (en hauteur) ^{*2}		±0,1 % pleine échelle						
Caractéristiques thermiques ^{*3}		0,02 % pleine échelle / °C		0,03 % pleine échelle / °C	0,08 % pleine échelle / °C			
Source lumineuse	Type	Laser à semi-conducteur visible						
	Longueur d'onde	658 N-m						
	Sortie	Sortie 5 mW max., exposition 1 mW max. (sans l'utilisation d'instruments optiques)					1 mW max.	
	Classe laser	Classe 2M selon EN 60825-1 / IEC 60825-1 Classe IIIB selon FDA (21CFR 1040.10 et 1040.11)				Classe 2 selon EN 60825-1 / IEC 60825-1 Classe II selon FDA (21CFR 1040.10 et 1040.11)		
Forme du faisceau (à la distance du centre de la mesure) ^{*4}		120 µm × 75 mm (type)	60 µm × 45 mm (type)	30 µm × 24 mm (type)	25 µm × 4 mm (type)			
LED		VEILLE : s'allume lorsque la préparation d'irradiation laser est terminée (couleur du voyant : vert) LD_ON : s'allume lors de l'irradiation laser (couleur du voyant : vert)						
Objet mesuré		Surface d'objets non transparents / Surface d'objets non transparents / objets transparents						
Résistance à l'environnement	Intensité lumineuse ambiante	Luminosité sur la surface de réception de la lumière : 7 000 lx max. (lampe à incandescence)						
	Température ambiante	Fonctionnement : 0 à 50 °C, stockage : -15 à 60 °C (sans givre ni condensation)						
	Humidité ambiante	Fonctionnement et stockage : 35 à 85 % (sans condensation)						
	Classe de protection	IP 66 (IEC 60529)				IP 67 (IEC 60529)		
	Résistance aux vibrations (destruction)	10 à 150 Hz avec une amplitude simple de 0,35 mm pendant 80 min chacun dans les directions X, Y et Z						
	Résistance aux chocs (destruction)	150 m / s ² , 3 fois chacun dans les six directions (haut / bas, gauche / droite, avant / arrière)						
Matériaux		Boîtier : aluminium moulé, capot avant : verre, isolation du câble : polychlorure de vinyle (PVC) thermorésistant, Connecteur : alliage de zinc ou laiton						
Longueur de câble		0,5 m, 2 m (câble souple)						
Poids		Environ 650 g		Environ 500 g		Environ 300 g		
Accessoires		Étiquettes laser (anglais : 2 étiquettes, FDA : 3 étiquettes), noyau en ferrite (1), manuel d'instructions						

^{*1} Obtenue en plaçant un objet de mesure standard Omron à la distance du centre de la mesure et en déterminant la hauteur moyenne de la ligne du faisceau. Les conditions sont indiquées dans le tableau ci-dessous. Cependant, une résolution satisfaisante ne peut pas être obtenue dans les champs électromagnétiques puissants. La résolution minimum du ZG2-WDS8T / WDS3VT est de 0,25 fEm, même lorsque le nombre moyen d'opérations augmente. La résolution ne baisse pas davantage.

Modèle	Mode CCD	Nombre moyen d'opérations	Objet mesuré	
			Réflexion régulière	Réflexion diffuse
ZG2-WDS70 / WDS22 / WDS8T	Mode standard	64	Objet Omron standard en céramique d'alumine blanche	
ZG2-WDS3VT	Mode standard		Objet Omron standard réfléchissant	Objet Omron standard à Réflexion diffuse

^{*2} La tolérance pour une ligne droite idéale obtenue en déterminant la hauteur moyenne d'un objet de mesure Omron standard pour la ligne du faisceau. Le mode CCD haute résolution est utilisé. La linéarité varie en fonction de l'objet mesuré.

Modèle	Objet mesuré	
	Réflexion régulière	Réflexion diffuse
ZG2-WDS70 / WDS22 / WDS8T	Objet Omron standard en céramique d'alumine blanche	
ZG2-WDS3VT	Objet Omron standard réfléchissant	Objet Omron standard à Réflexion diffuse

^{*3} Valeur obtenue en utilisant un gabarit en aluminium pour fixer la distance entre la tête de détection et l'objet mesuré. Le mode standard CCD est utilisé.

^{*4} Défini comme $1 / e^2$ (13,5 %) de l'intensité lumineuse centrale. Cela peut être influencé par une fuite lumineuse en dehors de la zone définie et lorsque la réflectivité de la lumière autour de l'objet mesuré est supérieure à celle de l'objet mesuré.



Caractéristiques des contrôleurs de capteur

Contrôleurs de capteur

Élément		ZG2-WDC11 / WDC11A	ZG2-WDC41 / WDC41A
Type d'entrée/Sortie		NPN	PNP
Nombre de têtes de capteur connectable		1 par contrôleur	
Nbre de contrôleurs connectables		2	
Cycle de mesure ^{*1}		16 ms (mode haute précision), 8 ms (mode standard), 5 ms (mode haute vitesse)	
Unité d'affichage min.		10 nm	
Plage d'affichage		-999,99999 à 999,99999	
Tête	Moniteur LCD	LCD couleur TFT 1,8 pouces (557×234 pixels)	
	Voyants	<ul style="list-style-type: none"> Voyants de jugement pour chaque tâche (couleur : orange) : T1, T2, T3, T4 Voyant laser (couleur : vert) : LD_ON Voyant de remise à zéro (couleur : vert) : ZERO Voyant de déclenchement (couleur : vert) : TRIG 	
Interface externe	Entrée/Sortie lignes de signaux	Sorties analogiques	<ul style="list-style-type: none"> Sélectionnez tension ou courant (à l'aide de l'interrupteur coulissant sur la surface intérieure) Sortie tension : -10 à 10 V, impédance de sortie : 40 Ω Sortie courant : 4 à 20 mA, résistance de charge maximum : 300 Ω
		Sortie de jugement (ALL-PASSING / ERROR)	NPN collecteur ouvert 30 Vc.c., 50 mA max.
		Sortie auxiliaire du déclencheur (EN ABLE / GATE)	Tension résiduelle : 1,2 V max.
		Entrée d'arrêt laser (LD-OFF)	ON : court-circuité au 0 V ou 1,5 V max. OFF : ouverte (courant de fuite : 0,1 mA max.)
		Entrée de remise à zéro (ZERO)	
		Entrée de déclenchement de mesure (TRIG)	
E/S série	USB2.0	1 port, full speed (12 Mbps), MINI-B	
	RS-232C	1 port, 115 200 bps max.	
Sortie parallèle ^{*2}	Sortie	Borne 18	
Fonctions principales	Nombre de banques de configuration	16	
	Réglage de sensibilité	Multi, multi haute vitesse, auto, fixe	
	Éléments mesurés	Hauteur, différence de hauteur sur 2 points, différence de hauteur sur 3 points, position de contour, largeur de contour, angle, coordonnées d'intersection, coordonnées d'angle, section (jusqu'à huit objets peuvent être mesurés simultanément)	
	Fonctions auxiliaires	Filtre, réglage de la puissance du laser, correction de la position (hauteur, position, anse), opération de liaison, point de mesure d'inflexion	
	Profils enregistrés	16 profils (1 profil par banque)	
	Modes de déclenchement	Déclencheur externe / continu	
	Valeurs nominales	Tension d'alimentation	21,6 à 26,4 Vc.c. (ondulation comprise)
Consommation		0,8 A max. (par tête de détection)	
Résistance d'isolement		20 MΩ à 250 V entre les fils conducteurs et le boîtier du contrôleur	
Rigidité diélectrique		1 000 Vc.a., 50 / 60 Hz pendant 1 min entre les fils conducteurs et le boîtier du contrôleur	
Résistance à l'environnement	Température ambiante	Fonctionnement : 0 à 50 °C, stockage : -15 à 60 °C (sans givre ni condensation)	
	Humidité ambiante	Fonctionnement et stockage : 35 à 85 % (sans condensation)	
	Classe de protection	IP 20 (CEI 60529)	
	Résistance aux vibrations (destruction)	Fréquence des vibrations : 10 à 150 Hz, amplitude simple : 0,35 mm, accélération : 50 m / s ²	
	Résistance aux chocs (destruction)	150 m / s ² , 3 fois chacun dans les six directions (haut / bas, gauche / droite, avant / arrière)	
Matériau	Boîtier : Polycarbonate (PC). Isolation du câble : polychlorure de vinyle (PCV) résistant à la chaleur		
Longueur de câble	2 m		
Poids	Environ 300 g (câble compris) (poids emballé : environ 450 g)		
Accessoires	ZG2-WDC_1 : Grand noyau en ferrite (1), manuel d'instructions ZG2-WDC_1A : Grand noyau en ferrite (1), petit noyau en ferrite (2), manuel d'instructions, logiciel d'aide à la configuration (CD-ROM), câble USB (1 m)		

^{*1} Les périodes d'entrée d'image indiquées ici correspondent à une sensibilité fixe / auto. La période d'entrée d'image sera plus longue en cas d'utilisation de multi-sensibilité haute vitesse ou d'autres paramètres. Si le mode puissance élevée est sur ON, la période d'entrée d'image la plus courte est de 95 ms indépendamment du réglage du mode CCD. Utiliser le moniteur ECO en mode RUN pour déterminer la période d'entrée d'image réelle.

^{*2} si ZG-RPD est installé



Effort théorique du vérin à guidage linéaire MXH10-5 :

Tableau 20 : Effort théorique du vérin à guidage linéaire MXH10-5

Alésage (mm)	Diamètre de la tige (mm)	Sens d'utilisation	Surface du piston (mm ²)	Pression d'utilisation (MPa)		
				0.3	0.5	0.7
6	3	Sortie	28.3	8.49	14.2	19.8
		Entrée	21.2	6.36	10.6	14.8
10	4	Sortie	78.5	23.6	39.3	55.0
		Entrée	66.0	19.8	33.0	46.2
16	6	Sortie	201	60.3	101	141
		Entrée	172	51.6	86.0	121
20	8	Sortie	314	94.2	157	220
		Entrée	264	79.2	132	185



Caractéristiques de l'axe électrique :

Tableau 21 : Données techniques.

Modèle		LEFB16	LEFB25	LEFB32	LEFS16		
Course ^{Note 1)}	[mm]	(300), 500, (600, 700), 800, (900), 1000 à partir de LEFB25: (1200, 1500, 1800, 2000)			100, 200, 300, (400)		
Charge utile ^{Note 2)}	horizontale	[kg]	1	5	14	9	10
	verticale	[kg]	–	–	–	2	4
Vitesse ^{Note 2)}		[mm/s]	48 à 1100	48 à 1400	48 à 1500	10 à 500	5 à 250
Précision de positionnement		[mm]	±0,1	±0,1	±0,1	±0,02	±0,02
Pas équivalent, pas de vis		[mm]	48	48	48	10	5
Résistance aux chocs / vibrations ^{Note 3)}		[mm/s ²]	50/20				
Type			Courroie			Entraînement par vis à billes	
Type de guidage			Guidage linéaire				
Plage de température d'utilisation		[°C]	5 à 40				
Humidité de l'air		[%]	35 à 85 (sans condensation, sans gel)				
Taille moteur			□28	□42	□56,4	□28	
Moteur			Moteur pas à pas				
Encodeur			Phase incrémentale A/B (800 impulsions/tour)				
Tension nominale		[V DC]	24 ±10%				
Consommation électrique ^{Note 4)}		[W]	24	32	52	22	
Consommation électrique en veille à l'état opérationnel ^{Note 5)}		[W]	18	16	44	18	
Consommation électrique maxi ^{Note 6)}		[W]	51	60	127	51	
Poids du contrôleur		[kg]	0,15 (montage vissé), 0,17 (montage sur rail DIN)				
Verrouillage, type ^{Note 7)}			Fonctionnement hors tension				
Verrouillage, effort de maintien ^{Note 7)}		[N]	4	19	36	20	39
Verrouillage, consommation électrique ^{Note 7) Note 8)}		[W]	3,6	5	5	3,6	
Verrouillage, tension nominale		[V DC]	24 ±10%				

Note 1) Les courses entre () sont produites sur commande.

Note 2) La vitesse dépend de la charge utile. Voir «Diagramme de charge-vitesse (guide)» des catalogues spécifiques.

Note 3) Résistance aux vibrations : Pas de dysfonctionnement lors du test de 45 à 2000 Hz. L'essai a été réalisé dans le sens axial et perpendiculaire à la vis d'entraînement. (L'essai a été réalisé avec l'actionneur à l'état initial)

Résistance aux chocs : Pas de dysfonctionnement dans l'essai de chute du chariot dans le sens axial et perpendiculaire à la vis d'entraînement. (L'essai a été réalisé avec l'actionneur à l'état initial)

Note 4) La consommation électrique (contrôleur compris) est valable lorsque l'actionneur est en service.

Note 5) La consommation électrique en veille à l'état opérationnel (contrôleur compris) est valable lorsque l'actionneur est maintenu dans une position alors qu'il est en service.

Note 6) La consommation électrique (contrôleur compris) est valable lorsque l'actionneur est en service. Cette valeur peut être utilisée en vue de la sélection de l'alimentation électrique.

Note 7) Uniquement pour versions avec verrouillage

Note 8) Pour les actionneurs avec verrouillage, ajoutez l'alimentation électrique pour verrouillage.



Caractéristiques de l'adaptateur de fibre optique

Tableau 22 : caractéristiques de l'adaptateur.

Élément		Modèles standard		Modèles à double sortie	Modèles à entrée externe	
		Sortie NPN	E3X-DA11-S, E3X-DA6-S	E3X-DAH11-S, E3X-DAH6-S	E3X-DA11TW-S, E3X-DA6TW-S	E3X-DA11RM-S, E3X-DA6RM-S
		Sortie PNP	E3X-DA41-S, E3X-DA8-S	E3X-DAH41-S, E3X-DAH8-S	E3X-DA41TW-S, E3X-DA8TW-S	E3X-DA41RM-S, E3X-DA8RM-S
Source lumineuse (longueur d'onde)		LED rouge (650 nm)		LED infrarouge	LED rouge (650 nm)	
Tension d'alimentation		12 à 24 V c.c. ±10 %, ondulation (c-c) 10 % max.				
Circuits de protection		Protection contre l'inversion de polarité de l'alimentation, protection contre les courts-circuits de sortie et prévention des interférences mutuelles				
Temps de réponse	Mode Très grande vitesse	NPN	48 µs pour le fonctionnement et 50 µs pour la réinitialisation		80 µs pour le fonctionnement et la réinitialisation	48 µs pour le fonctionnement et 50 µs pour la réinitialisation
		PNP	53 µs pour le fonctionnement et 55 µs pour la réinitialisation			53 µs pour le fonctionnement et 55 µs pour la réinitialisation
	Mode Standard		1 ms pour le fonctionnement et la réinitialisation respectivement			
	Mode Haute résolution		4 ms pour le fonctionnement et la réinitialisation respectivement			
Sélection de sensibilité		Touches de direction (haut/bas) numériques et apprentissage				
Fonctions	Réglage de la puissance	Puissance d'émission de lumière et gain de réception, méthode de contrôle numérique				
	Temporisation	Sélectionner temporisation à l'ouverture, à la fermeture ou temporisation à une impulsion. 1 ms à 5 s (1 à 20 ms réglé par incréments de 1 ms, 20 à 200 ms réglé par incréments de 10 ms, 200 ms à 1 s réglé par incréments de 100 ms et 1 à 5 s réglé par incréments de 1 s)				
	Paramètres d'E/S	-		Paramètres de sortie (sortie du canal 2, sortie de zone ou autodiagnostic)	Paramètre de l'entrée externe (apprentissage, réglage de la puissance, réinitialisation à zéro, voyant OFF ou remise à zéro du compteur)	
Affichages numériques		Niveau de lumière incidente + seuil ou spécifique à l'utilisateur				



Caractéristiques du capteur magnétique

Tableau 23 : caractéristiques du détecteur.

D-A93/D-A93V/D-A96/D-A96V (avec indicateur lumineux)			
Réf. du détecteur	D-A93/D-A93V		D-A96/D-A96V
Charge admissible	Relais, API		Circuit CI
Tension d'alimentation	24 Vcc	100 Vca	4 à 8 Vcc
Plage de courant de charge et courant de charge maxi	5 à 40 mA	5 à 20 mA	20 mA
Circuit de protection	Sans		
Chute de tension interne	D-A93 — 2.4 V maxi (à 20 mA)/3 V maxi (à 40 mA) D-A93V — 2.7 V maxi		0.8 V maxi
Indicateur lumineux	ON : LED rouge s'active		

Note 1) Lorsque le courant est inférieur à 5mA, la lisibilité de l'indicateur lumineux décroît et peut même devenir totalement illisible en dessous de 2.5mA. Cependant, si la sortie de contact est supérieure à 1mA, aucun problème ne devrait survenir.



Programme de l'automate sur JetSym :
 Déclaration des E/S, des Flags, des tâches et des registres

	Name	Value	Type
1	states flags		
2	F_mode_init	1	flag
3	F_mode_reset	2	flag
4	F_mode_stop	3	flag
5	F_mode_start	4	flag
6	F_reset_done	5	flag
7			
8	communication flags		
9	F_comm_init	6	flag
10	F_comm_send	7	flag
11	F_comm_recieve	8	flag
12			
13	coplanarity flags		
14	F_init	9	flag
15	F_reset	10	flag
16	F_dep_pick	11	flag
17	F_pick	12	flag
18	F_dep_laser	13	flag
19	F_test	14	flag
20	F_dep_place	15	flag
21	F_place	16	flag
22	F_pick_p1	17	flag
23	F_place_p1	18	flag
24	F_dep_safe	19	flag
25	F_pick_job	20	flag
26	F_test_job	21	flag
27	F_centrage_faite	22	flag

	Name	Value	Type
1	E_Reset	101	input
2	E_Start	102	input
3	E_Stop	103	input
4	E_out0	104	input
5	E_out1	105	input
6	E_out2	106	input
7	E_out3	107	input
8	E_out4	108	input
9	E_out5	201	input
10	E_occupé	202	input
11	E_seton	203	input
12	E_inp	204	input
13	E_svre	205	input
14	E_alarm	206	input
15	E_verin_vertical_repos	207	input
16	E_verin_vertical_Actif	208	input
17	E_cahrgement	301	input
18	E_verin_vertical_p1_repos	302	input
19	E_verin_vertical_p1_actif	303	input
20	E_verin_horizontal_p1_actif	304	input
21	E_verin_horizontal_p1_repos	305	input
22	E_verin_vertical_p2_actif	306	input
23	E_verin_vertical_p3_actif	307	input
24	E_verin_vertical_p2_repos	308	input
25	E_verin_vertical_p3_repos	309	input

	Name	Value	Type
1	S_in0	101	output
2	S_in1	102	output
3	S_in2	103	output
4	S_in3	104	output
5	S_in4	105	output
6	S_in5	106	output
7	S_setup	107	output
8	S_hold	108	output
9	S_drive	401	output
10	S_svon	402	output
11	S_verin_vertical	403	output
12	S_ventouse1	404	output
13	S_ventouse2	405	output
14	S_verin_vertical_p1	406	output
15	S_verin_horizontal_p1	407	output
16	S_verin_vertical_p2	408	output
17	S_verin_vertical_p3	409	output

	Name	Value	Type
1	R_state	10	register
2	R_SEND	10003	register
3	R_RECEAVE	10005	register
4	R_PROCESS_SEND	10004	register
5	R_PROCESS_RECEAVE	10006	register
6	R_COMMUNICATION	10000	register
7	R_BAUDERATE	10001	register
8	R_CONFIG	10002	register
9	R_Received_value	2	register
10	R_Sending_value	3	register
11	R_Cmp	4	register

	Name	Value	Type
1	states		
2	mode_stop_start	0	task
3	mode_reset	1	task
4	mode_stop	2	task
5	mode_start	3	task
6			
7	communication		
8	comm_init	10	task
9	comm_receive	11	task
10	comm_send	12	task
11			
12	coplanarity		
13	init	20	task
14	reset	21	task
15	dep_vers_pick	22	task
16	pick	23	task
17	dep_vers_laser	24	task
18	test	25	task
19	dep_vers_place	26	task
20	place	27	task
21	pick_p1	28	task
22	place_p1	29	task
23	dep_vers_safe	30	task
24	dep_verins	31	task

- Programme principal

```

;Step0 init communication
TASK comm_init

REGISTER_LOAD (R_COMMUNICATION,1)
REGISTER_LOAD (R_BAUDERATE, 6)
REGISTER_LOAD (R_CONFIG, 4)

LABEL loop
FLAG F_comm_init
WHEN REG R_state=0 THEN
GOTO loop

;étape1 envoyer les données

TASK comm_send
LABEL loop
WHEN FLAG F_comm_init THEN
IF NOT REGZERO R_Sending_value THEN
    REGISTER_LOAD (R_SEND,@R_Sending_value)
    REGISTER_LOAD (R_Sending_value, 0)
THEN GOTO loop

;étape2 recevoir les données

TASK comm_receive
LABEL loop
WHEN FLAG F_comm_init THEN

IF NOT REGZERO R_PROCESS_RECEAVE THEN
    REGISTER_LOAD (R_Received_value,@R_RECEAVE)
THEN GOTO loop

;étape0 stop/start
TASK mode_stop_start
LABEL loop
    IF IN E_Reset THEN REGISTER_LOAD (R_state, 0) THEN
    IF -IN E_Stop AND FLAG F_reset_done THEN REGISTER_LOAD (R_state, 1)
    IF IN E_Start AND FLAG F_reset_done THEN REGISTER_LOAD (R_state, 2)
    WHEN -IN E_Reset
    THEN GOTO loop
;étape0 initialisation*****

TASK init
REGISTER_LOAD (R_state, 0)
FLAG F_init
LABEL loop
-FLAG F_init
-FLAG F_reset
-FLAG F_dep_pick
-FLAG F_pick
-FLAG F_dep_laser
-FLAG F_test
-FLAG F_dep_place
-FLAG F_place
-FLAG F_pick_job
-FLAG F_test_job
-FLAG F_pick_pl
-FLAG F_place_pl
-FLAG F_dep_safe
    OUT S_svon
WHEN REG R_state=0 THEN
TASKRESTART dep_vers_laser
TASKRESTART dep_vers_pick
TASKRESTART dep_vers_place
TASKRESTART pick
TASKRESTART place
TASKRESTART test
TASKRESTART place_pl
TASKRESTART pick_pl
GOTO loop

```

```

;étape1 Reset *****
TASK reset
LABEL loop

WHEN FLAG F_init OR REG R_state=0 THEN
REGISTER_LOAD (R_state, 1)
-FLAG F_init
-FLAG F_reset_faite
REGISTER_LOAD (R_Received_value, 0)
REGISTER_LOAD (R_Sending_value, 0)
-OUT S_verin_vertical_p1

WHEN IN E_verin_vertical_p1_repos THEN
-OUT S_verin_horizontal_p1

WHEN IN E_verin_horizontal_p1_repos THEN
-OUT S_ventouse1
-OUT S_verin_vertical

WHEN IN E_verin_vertical_repos AND IN E_svre THEN
OUT S_setup

WHEN IN E_occupé THEN
-OUT S_setup

WHEN -IN E_occupé AND IN E_seton AND IN E_inp THEN
REGISTER_LOAD (R_Sending_value, 82) ; envoyer R à l'application VB pour reset
-OUT S_ventouse2

-OUT S_in0
-OUT S_in0
OUT S_in2
-OUT S_in3
-OUT S_in4
-OUT S_in5
WHEN -IN E_occupé AND IN E_svre AND IN E_seton THEN
OUT S_drive

WHEN IN E_occupé THEN
-OUT S_drive

WHEN -IN E_occupé AND IN E_svre AND IN E_seton AND IN E_inp THEN
DELAY 03
FLAG F_reset
FLAG F_reset_faite
FLAG F_pick_job
THEN GOTO loop
;étape3 deplacement vers la position voulue*****
TASK dep_vers_safe
LABEL loop
WHEN (FLAG F_reset OR FLAG F_place) AND REG R_state=2 THEN
-FLAG F_reset
-FLAG F_place

-OUT S_in0
-OUT S_in0
OUT S_in2
-OUT S_in3
-OUT S_in4
-OUT S_in5
WHEN -IN E_occupé AND IN E_svre AND IN E_seton AND REG R_state=2 THEN
OUT S_drive
WHEN IN E_occupé THEN
-OUT S_drive
WHEN -IN E_occupé AND IN E_svre AND IN E_seton AND IN E_inp AND REG R_state=2 THEN
DELAY 01
FLAG F_dep_safe
GOTO loop

```

```

;étape4 prise de la pièce du convoyeur*****
TASK pick_p1
LABEL loop
WHEN FLAG F_safe and FLAG F_pick_job AND REG R_state=2 THEN
-FLAG F_reset
-FLAG F_place_p1
-FLAG F_pick_job

WHEN IN E_chargement AND IN E_verin_horizontal_p1_repos THEN
OUT S_verin_vertical_p1

WHEN IN E_verin_vertical_p1_actif AND REG R_state=2 THEN
OUT S_ventouse1
DELAY 02
-OUT S_verin_vertical_p1

WHEN IN E_verin_vertical_p1_repos AND REG R_state=2 THEN
OUT S_verin_horizontal_p1

WHEN IN E_verin_horizontal_p1_actif AND REG R_state=2 THEN
FLAG F_pick_p1
GOTO loop

;étape5 la mettre dans le support *****
TASK place_p1
LABEL loop
WHEN FLAG F_pick_p1 AND REG R_state=2 THEN
-FLAG F_pick_p1
OUT S_verin_vertical_p1

WHEN IN E_verin_vertical_p1_actif AND REG R_state=2 THEN
-OUT S_ventouse1
DELAY 01
-OUT S_verin_vertical_p1

WHEN IN E_verin_vertical_p1_repos AND REG R_state=2 THEN
-OUT S_verin_horizontal_p1
DELAY 01

WHEN IN E_verin_horizontal_p1_repos AND REG R_state=2 THEN
FLAG F_test_job
GOTO loop

;étape6 système de centrage *****
TASK dep_verins
LABEL loop
WHEN FLAG F_pick_p1 AND REG R_state=2 THEN
-FLAG F_pick_p1
OUT S_verin_vertical_p2
OUT S_verin_vertical_p3

WHEN IN E_verin_vertical_p2_actif AND IN E_verin_vertical_p3_actif AND REG R_state=2 THEN
DELAY 02
-OUT S_verin_vertical_p2
-OUT S_verin_vertical_p3

WHEN IN E_verin_vertical_p_repos AND IN E_verin_vertical_p3_repos AND REG R_state=2 THEN
FLAG F_centrage_fait
GOTO loop

```

```

;étape7 déplacement de l'axe vers support*****
TASK dep_vers_pick
LABEL loop
WHEN FLAG F_dep_safe AND FLAG F_test_job AND F_centrage_faite AND REG R_state=2 THEN
-FLAG F_dep_safe
-FLAG F_test_job
-FLAG F_centrage_faite

  OUT S_in0
-OUT S_in1
-OUT S_in2
-OUT S_in3
-OUT S_in4
-OUT S_in5

WHEN -IN E_occupé AND IN E_svre AND IN E_seton AND REG R_state=2 THEN
  OUT S_drive
WHEN IN E_occupé THEN
-OUT S_drive
WHEN -IN E_occupé AND IN E_svre AND IN E_seton AND IN E_inp AND REG R_state=2 THEN
  DELAY 01
  FLAG F_dep_pick
GOTO loop

;étape8 prise de la pièce du support*****

TASK pick
LABEL loop
WHEN FLAG F_dep_pick AND REG R_state=2 THEN
-FLAG F_dep_pick
DELAY 02
OUT S_verin_vertical

WHEN IN E_verin_vertical_Actif AND REG R_state=2 THEN
DELAY 01
OUT S_ventouse2
DELAY 02
-OUT S_verin_vertical

WHEN IN E_verin_vertical_repos AND REG R_state=2 THEN
  REGISTER_LOAD (R_Cmp, 1)
  FLAG F_pick
GOTO loop

;étape9 déplacement de la pièce au dessus de laser*****

TASK dep_vers_laser
LABEL loop
WHEN FLAG F_pick AND REG R_state=2 THEN
-FLAG F_pick
LABEL STEP

IF REG R_Cmp=1 THEN
-OUT S_in0
-OUT S_in0
  OUT S_in2
-OUT S_in3
-OUT S_in4
-OUT S_in5
GOTO move

THEN
IF REG R_Cmp=2 THEN
  FLAG F_pick_job
  OUT S_in0
-OUT S_in1
  OUT S_in2
-OUT S_in3
-OUT S_in4
-OUT S_in5
GOTO move

```

```

THEN
IF REG R_Cmp=3 THEN
  OUT S_in1
  OUT S_in2
-OUT S_in3
-OUT S_in4
-OUT S_in5
GOTO move

THEN
IF REG R_Cmp=4 THEN
  OUT S_in0
  OUT S_in1
  OUT S_in2
-OUT S_in3
-OUT S_in4
-OUT S_in5
GOTO move
THEN

LABEL move
WHEN -IN E_occupé AND IN E_svre AND IN E_seton AND REG R_state=2 THEN
  OUT S_drive
WHEN IN E_occupé THEN
  -OUT S_drive
WHEN -IN E_occupé AND IN E_svre AND IN E_seton AND IN E_inp AND REG R_state=2 THEN
  DELAY 03
  FLAG F_pick_job
  FLAG F_dep_laser
  GOTO loop
;étape10 Test de coplanarité*****

TASK test
LABEL loop
WHEN FLAG F_dep_laser AND REG R_state=2 THEN
-FLAG F_dep_laser
REGISTER_LOAD (R_Sending_value, 80) ; envoyer P à l'app VB pour démarrer le process

WHEN REG R_Received_value = 78 THEN ; attendre l'ordre pour se déplacer au suivant
REGINC R_Cmp
IF REG R_Cmp < 4 OR REG R_Cmp =4 THEN
  FLAG F_pick
ELSE
  FLAG F_test
THEN GOTO loop
;étape11 déplacement de l'axe suivant le résultat du test*****

TASK dep_vers_place
LABEL loop
WHEN FLAG F_cop_test AND REG R_state=2 THEN
-FLAG F_test
  LABEL loop1
  IF REG R_Received_value = 66 THEN GOTO OK ;attendre "B"
  IF REG R_Received_value = 77 THEN GOTO NOK ;attendre "M"
  THEN GOTO loop1

LABEL OK
-OUT S_in0
  OUT S_in1
-OUT S_in2
-OUT S_in3
-OUT S_in4
-OUT S_in5
GOTO move

```

```

LABEL NOK
  OUT S_in0
  OUT S_in1
  -OUT S_in2
  -OUT S_in3
  -OUT S_in4
  -OUT S_in5
GOTO move

LABEL move
WHEN -IN E_occupé AND IN E_svre AND IN E_seton AND REG R_state=2 THEN
  OUT S_drive

WHEN IN E_occupé THEN
  -OUT S_drive

WHEN -IN E_occupé AND IN E_svre AND IN E_seton AND IN E_inp AND REG R_state=2 THEN
  DELAY 01
  FLAG F_dep_place
GOTO loop

;étape12 lacher la pièce suivant le résultat*****

TASK place
LABEL loop
WHEN FLAG F_dep_place AND REG R_state=2 THEN
  -FLAG F_dep_place
  OUT S_verin_vertical

WHEN IN E_verin_vertical_Actif AND REG R_state=2 THEN
  -OUT S_ventouse2
  DELAY 02
  -OUT S_verin_vertical

WHEN IN E_verin_vertical_repos AND REG R_state=2 THEN
  FLAG F_place
  GOTO loop

```

- ❖ Code principale de l'application sur Visual Basic :
 - Déclaration des variables

```

Option Explicit

Public txt_input() As Byte
Public txt_output As String

Public pad As Integer

Public données(3, 630) As Double
Public roi(7) As Double

Public K As Integer
Public chaine As String
Public regu As Integer

Public sum_roi(7) As Double
Public media_roi(7) As Double

Public X_pin(7) As Double
Public Y_pin(7) As Double
Public Z_pin(7) As Double

Public A(7, 2) As Double
Public trans_A(2, 7) As Double
Public tans_A_x_A(2, 2) As Double
Public Inv_tans_A_x_A(2, 2) As Double
Public t(7, 0) As Double
Public trans_A_x_t(2, 0) As Double
Public ABC(2, 0) As Double
Public ABC_parallele As Double
Public residus(7, 0) As Double

Public min As Integer
Public max As Integer

Public dis(7) As Double

```

- Programme principal

```

Public Declare Function ShellExecute Lib "shell32.dll" Alias "ShellExecuteA" (ByVal hwnd As Long, ByVal lpOperation As String, ByVal lpFile As S

Public Sub Record_Measured()
    Dim cn As ADODB.Connection
    Dim rs1 As ADODB.Recordset
    Dim Texto As String

    Set cn = New ADODB.Connection
    cn.ConnectionString = "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Data Source=" & App.Path & "\3DC15x15.mdb" & ";Persist Security Info=false"
    cn.Open
    Set rs1 = New ADODB.Recordset
    rs1.CursorLocation = adUseServer

    rs1.Open "SELECT * FROM Evaluated_Parts", cn, adOpenStatic, adLockOptimistic
    If (rs1.EOF Or rs1.BOF) = False Then
        rs1.MoveLast
    End If
    rs1.AddNew
    rs1!Pad_0 = Form1.pad_text(0)
    rs1!Pad_1 = Form1.pad_text(1)
    rs1!Pad_2 = Form1.pad_text(2)
    rs1!Pad_3 = Form1.pad_text(3)
    rs1!Pad_4 = Form1.pad_text(4)
    rs1!Pad_5 = Form1.pad_text(5)
    rs1!Pad_6 = Form1.pad_text(6)
    rs1!Pad_7 = Form1.pad_text(7)
    rs1!Cop = Form1.Text1
    rs1!Evaluation = Form1.text_evaluation
    rs1.Update
    rs1.Close

    Set rs1 = Nothing
    cn.Close
End Sub
Public Declare Function Inp Lib "inout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Public Declare Sub Out Lib "inout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
Private Sub Form_Load()
    Out &H378, 0 'Envoyer un ordre de commande sur le port du PC
    pad = 1 'integer

    Dim i As Integer

    For i = 0 To 3
        progres_mesure(i).Visible = False
    Next

    For i = 1 To 4
        Form2.Table.ColAlignment(i) = 4
        Select Case i
            Case 1: Form2.Table.TextMatrix(0, i) = "PAD 1"
            Case 2: Form2.Table.TextMatrix(0, i) = "PAD 2"
            Case 3: Form2.Table.TextMatrix(0, i) = "PAD 3"
            Case 4: Form2.Table.TextMatrix(0, i) = "PAD 4"
        End Select
    Next

    For i = 1 To 631
        Form2.Table.ColAlignment(0) = 4
        Form2.Table.TextMatrix(i, 0) = i
    Next

    If port.PortOpen = False Then
        port.PortOpen = True
    End If
    If CommAutomate.PortOpen = False Then
        CommAutomate.PortOpen = True
    End If
End Sub
Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)

    CommAutomate.PortOpen = False
    Out &H378, 0
    Unload Form1
    Unload Form2
End Sub

```

```

Private Sub Timer1_Timer() ' date et shift et heure
    Dim entrée As Integer

    entrée = Inp(&H379) 'l'instruction qui permet de lire le code du capteur sur le port du PC

    ' If (entrée And 8) <> 0 Then
    ' séquence.Enabled = True
    ' End If

    'modification avec port serie
    If CommAutomate.Input = "P" Then
        séquence.Enabled = True
    End If

    Label_date.Caption = Date
    Label_heure.Caption = Time
    Label_shift.Caption = shift
    Label_Semaine.Caption = "W " & Format(Now, "ww", vbMonday, vbFirstFourDays)
End Sub
Private Sub séquence_Timer()
    Voir_les_mesures.Enabled = True 'Voir_les_mesures=boutton
    reçu = 0 'reçu est un integer
    txt_input = "" ' as byte
    txt_output = "P 1" 'as string
    port.output = txt_output + Chr(13) + Chr(10)

    text_evaluation.Text = ""
    text_evaluation.BackColor = &HFFC0C0 'light blue

    If pad < 5 Then
        progres_mesure(pad - 1).Visible = True
        progres_mesure(pad - 1).BackColor = vbBlue
    End If

    While (reçu = 0)
        DoEvents 'Si votre code attend une entrée à partir de n'importe quel périphérique d'e/s
                'la fonction DoEvents accélère l'application en multitâche.
                'Par conséquent, l'ordinateur semble ne pas pauser ou cesse de répondre (se bloque)
                ' pendant l'exécution du code.
    Wend

    If reçu = 2 Then
        For i = 0 To 3
            progres_mesure(i).Visible = False
        Next
        text_evaluation.BackColor = vbWhite
        text_evaluation.Text = "ERROR"
    End If

    séquence.Enabled = False
End Sub
Private Sub port_OnComm()
    Dim i As Integer
    Dim t(1) As Byte

    Select Case port.CommEvent

        Case comEvReceive:
            If port.InBufferCount = 2529 And txt_output = "P 1" Then
                txt_input = port.Input
                Call enregistrer_entrée
            End If
    End Select
End Sub
Private Sub continuer_Click()
    Out &H378, 32
    pad = pad + 1
    If pad = 5 Then
        pad = 1
    End If
End Sub
Private Sub Voir_les_mesures_Click()
    Form2.Show
End Sub

```

```

Private Declare Sub CopyMemory Lib "KERNEL32" _
    Alias "RtlMoveMemory" (hpdDest As Any, _
        hpvSource As Any, _
        ByVal cbCopy As Long)

Option Explicit

Public Sub enregister_entrée() 'enregistrer les entrées
    Dim n As Integer
    Dim i As Integer
    Dim t(3) As Byte
    Dim output As Long

    i = 0

    For n = 0 To 630
        t(0) = txt_input(i)
        t(1) = txt_input(i + 1)
        t(2) = txt_input(i + 2)
        t(3) = txt_input(i + 3)
        i = i + 4
        CopyMemory output, t(0), 4

        données(pad - 1, n) = output
    Next

    t(2) = txt_input(i + 2)
    t(3) = txt_input(i + 3)

    chaine = Chr(t(2)) + Chr(t(3))

    If chaine = "OK" Then
        reçu = 1 ' OK
        charger_table
        Out &H378, 32

        'modification avec port serie

        Form1.CommAutomate.output = " "
        Form1.CommAutomate.output = "N"
        pad = pad + 1
        If pad = 5 Then
            pad = 1
        End If
    End If

    calculer_moyen ' appeler le calcul de coplanarité

    For i = 0 To 3
        Form1.progres_mesure(i).Visible = False
    Next
    End If
End If

If chaine = "ER" Then
    reçu = 2 ' ER
End If
End Sub

Public Sub charger_table() ' table de charge
    Dim ligne, colonne, j As Integer
    For j = 0 To 3
        For ligne = 1 To 631
            If données(pad - 1, ligne - 1) > 6890000 Then 'ou données(pad - 1, ligne - 1) < 7890000
                données(pad - 1, ligne - 1) = données(pad - 1, ligne - 1) / 1000000
            Else
                données(pad - 1, ligne - 1) = 0
            End If
            Form2.Table.TextMatrix(ligne, pad) = données(pad - 1, ligne - 1)
        Next
        j = j + 1
    Next
End Sub

```

```

Public Sub calculer_moyen()
    Dim ini(7), fin(7), n, i, j, t As Integer

    n = 0

    For i = 0 To 3

        For j = 0 To 630
r p ter:
            If données(i, j) > 2 And n < 8 Then
                ini(n) = j
                Do
                    j = j + 1
                Loop Until données(i, j) = 0
                fin(n) = j - 1
                roi(n) = ((fin(n) - ini(n)) / 2) + ini(n)

                If (fin(n) - ini(n)) < 50 Then
                    GoTo r p ter
                End If
                n = n + 1
                If j < 150 Then
                    j = j + 180
                End If
            End If
        Next
    Next

    n = 0
    'Nous calculons la moyenne des rois
    For n = 0 To 7
        sum_roi(n) = 0
        media_roi(n) = 0
    Next
    i = 0
    n = 0

    For n = 0 To 7

        Select Case n
            Case 0, 1: i = 0
            Case 2, 3: i = 1
            Case 4, 5: i = 2
            Case 6, 7: i = 3
        End Select

        t = 0

        For j = roi(n) - 30 To roi(n) + 30

            sum_roi(n) = sum_roi(n) + données(i, j)

            t = t + 1

        Next

        media_roi(n) = sum_roi(n) / t
        Z_pin(n) = media_roi(n)
        Form1.pad_text(n).Text = Round(media_roi(n), 3)
    Next

    attribuer_coordonnees      'attribuer les coordonnées de chaque pad
    matrice_A
    tans_A
    tans_A_x_A
    Inv_tans_A_x_A
    tans_A_x_t
    coeff_equation
    représenter_plan_correle    'représenter plan corrélé
    chercher_point_inf         'rechercher point le plus bas
    calculer_residus           'calculer les résidus
    plan_parallele             'calculer plan parallèle
    calculer_distance          'calculer les distances
    selectionner_max           'sélectionner sup
End Sub

```

```

Public Sub attribuer_coordonnees() ' donner à X et Y des valeurs
    Dim n As Integer

    For n = 0 To 7
        Select Case n
            Case 0:
                X_pin(n) = -6
                Y_pin(n) = 5.3
            Case 1:
                X_pin(n) = -6
                Y_pin(n) = -5.3
            Case 2:
                X_pin(n) = -4
                Y_pin(n) = 5.3
            Case 3:
                X_pin(n) = -4
                Y_pin(n) = -5.3
            Case 4:
                X_pin(n) = 4
                Y_pin(n) = 5.3
            Case 5:
                X_pin(n) = 4
                Y_pin(n) = -5.3
            Case 6:
                X_pin(n) = 6
                Y_pin(n) = 5.3
            Case 7:
                X_pin(n) = 6
                Y_pin(n) = -5.3
        End Select
        Z_pin(n) = media_roi(n)
    Next
End Sub

Public Sub matrice_A() 'chargement de la matrice par les coordonnées de 8 points
    Dim ligne, colonne As Integer

    For colonne = 0 To 2
        Select Case colonne
            Case 0:
                For ligne = 0 To 7
                    A(ligne, colonne) = X_pin(ligne)
                Next
            Case 1:
                For ligne = 0 To 7
                    A(ligne, colonne) = Y_pin(ligne)
                Next
            Case 2:
                For ligne = 0 To 7
                    A(ligne, colonne) = Z_pin(ligne)
                Next
        End Select
    Next
End Sub

Public Sub tans_A() ' transposé de A
    Dim ligne, colonne As Integer

    For colonne = 0 To 2
        For ligne = 0 To 7
            trans_A(colonne, ligne) = A(ligne, colonne)
        Next
    Next
End Sub

Public Sub tans_A_x_A() ' transposé de A*matrice A ==> dim de la nouvel matrice est (2,2)
    Dim ligne, ligne2, colonne As Integer
    Dim som As Double

    som = 0

    For ligne2 = 0 To 2
        For colonne = 0 To 2
            For ligne = 0 To 7
                som = som + (trans_A(ligne2, ligne) * A(ligne, colonne))
            Next

            tans_A_x_A(ligne2, colonne) = som
            som = 0
        Next
    Next
End Sub

```

```

Public Sub Inv_tans_A_x_A()
    Dim ligne, colonne As Integer
    Dim determinant As Double

    'D'abord on calcule le déterminant de tans_A_x_A
    determinant = tans_A_x_A(0, 0) * tans_A_x_A(1, 1) * tans_A_x_A(2, 2)
    determinant = determinant + (tans_A_x_A(0, 1) * tans_A_x_A(1, 2) * tans_A_x_A(2, 0))
    determinant = determinant + (tans_A_x_A(0, 2) * tans_A_x_A(1, 0) * tans_A_x_A(2, 1))
    determinant = determinant - (tans_A_x_A(2, 0) * tans_A_x_A(1, 1) * tans_A_x_A(0, 2))
    determinant = determinant - (tans_A_x_A(2, 1) * tans_A_x_A(1, 2) * tans_A_x_A(0, 0))
    determinant = determinant - (tans_A_x_A(2, 2) * tans_A_x_A(1, 0) * tans_A_x_A(0, 1))

    'co matrice
    Inv_tans_A_x_A(0, 0) = (tans_A_x_A(2, 1) * tans_A_x_A(1, 2)) - (tans_A_x_A(1, 1) * tans_A_x_A(2, 2))
    Inv_tans_A_x_A(0, 1) = (tans_A_x_A(1, 0) * tans_A_x_A(2, 2)) - (tans_A_x_A(2, 0) * tans_A_x_A(1, 2))
    Inv_tans_A_x_A(0, 2) = (tans_A_x_A(2, 0) * tans_A_x_A(1, 1)) - (tans_A_x_A(1, 0) * tans_A_x_A(2, 1))
    Inv_tans_A_x_A(1, 0) = (tans_A_x_A(0, 1) * tans_A_x_A(2, 2)) - (tans_A_x_A(2, 1) * tans_A_x_A(0, 2))
    Inv_tans_A_x_A(1, 1) = (tans_A_x_A(2, 0) * tans_A_x_A(0, 2)) - (tans_A_x_A(0, 0) * tans_A_x_A(2, 2))
    Inv_tans_A_x_A(1, 2) = (tans_A_x_A(0, 0) * tans_A_x_A(2, 1)) - (tans_A_x_A(2, 0) * tans_A_x_A(0, 1))
    Inv_tans_A_x_A(2, 0) = (tans_A_x_A(1, 1) * tans_A_x_A(0, 2)) - (tans_A_x_A(0, 1) * tans_A_x_A(1, 2))
    Inv_tans_A_x_A(2, 1) = (tans_A_x_A(0, 0) * tans_A_x_A(1, 2)) - (tans_A_x_A(1, 0) * tans_A_x_A(0, 2))
    Inv_tans_A_x_A(2, 2) = (tans_A_x_A(1, 0) * tans_A_x_A(0, 1)) - (tans_A_x_A(0, 0) * tans_A_x_A(1, 1))

    'on multiplie co matrice par l'inverse de determinant
    'signe
    For ligne = 0 To 2
        For colonne = 0 To 2
            Inv_tans_A_x_A(ligne, colonne) = (-1 / determinant) * Inv_tans_A_x_A(ligne, colonne)
        Next
    Next
End Sub

Public Sub tans_A_x_t()
    Dim ligne, colonne As Integer
    Dim som As Double

    'Nous définissons d'abord t, qu'il s'agit d'une matrice d'une colonne avec tous les éléments égaux à -1
    For ligne = 0 To 7
        t(ligne, 0) = -1
    Next

    'Maintenant, on fait la multiplication de trans_A * t
    For colonne = 0 To 2
        For ligne = 0 To 7
            som = som + (trans_A(colonne, ligne) * t(ligne, 0))
        Next

        trans_A_x_t(colonne, 0) = som
        som = 0
    Next
End Sub

Public Sub coeff_equation()
    Dim ligne, colonne As Integer
    Dim som As Double

    som = 0

    'on va générer la solution de vecteur ABC résoudre Inv_tans_A_x_A * (trans_A * t)
    For ligne = 0 To 2
        For colonne = 0 To 2
            som = som + (Inv_tans_A_x_A(ligne, colonne) * trans_A_x_t(colonne, 0))
        Next

        ABC(ligne, 0) = som
        som = 0
    Next
End Sub

```

```

Public Sub représenter_plan_correle() 'représentation de plan corrélée

    Form1.A.Caption = Round(ABC(0, 0), 4)
    Form1.B.Caption = Round(ABC(1, 0), 4)
    Form1.C.Caption = Round(ABC(2, 0), 4)

    If Form1.A.Caption > 0 Then
        Form1.A.Caption = "+" + Form1.A.Caption
    End If
    If Form1.B.Caption > 0 Then
        Form1.B.Caption = "+" + Form1.B.Caption
    End If
    If Form1.C.Caption > 0 Then
        Form1.C.Caption = "+" + Form1.C.Caption
    End If
End Sub
Public Sub chercher_point_inf() 'rechercher point inf
    Dim i As Integer

    min = 0

    For i = 0 To 7
        If Z_pin(i) < Z_pin(min) Then
            min = i
        End If
    Next
End Sub
Public Sub calculer_residus() 'calculer les déchets
    Dim ligne, colonne As Integer
    Dim som As Double

    som = 0

    'Nous allons calculer les résidus de chaque point par la résolution A * X-t
    'A est la matrice (8x3) contenant les X, Y, Z des points
    'X est la matrice des inconnues qui ont appelé ABC
    't est la matrice de la colonne (8x1) avec tous les termes -1
    For ligne = 0 To 7
        For colonne = 0 To 2
            som = som + (A(ligne, colonne) * ABC(colonne, 0))
        Next

        residus(ligne, 0) = som + 1
        som = 0
    Next
End Sub
Public Sub plan_parallele() 'calculer plan parallèle
    ABC_parallele = ABC(0, 0) * X_pin(min) + ABC(1, 0) * Y_pin(min) + ABC(2, 0) * Z_pin(min)
    ABC_parallele = -ABC_parallele
End Sub
Public Sub calculer_distance()
    Dim i As Integer

    For i = 0 To 7
        dis(i) = Abs((ABC(0, 0) * X_pin(i)) + (ABC(1, 0) * Y_pin(i)) + (ABC(2, 0) * Z_pin(i)) + ABC_parallele)
        dis(i) = dis(i) / (Sqr((ABC(0, 0) ^ 2) + (ABC(1, 0) ^ 2) + (ABC(2, 0) ^ 2)))
        Form1.cop_text(i).Text = Round(dis(i), 3)
    Next
End Sub

```

```

Public Sub selectionner_max()
    Dim i As Integer

    max = 0

    For i = 0 To 7
        If dis(i) > dis(max) Then
            max = i
        End If
        Form1.cop_text(i).BackColor = vbWhite
    Next

    If Form1.cop_text(max).Text > Form1.Text2.Text Then '0.1
        Form1.cop_text(max).BackColor = vbRed
        Form1.Text1.Text = Form1.cop_text(max)
        Form1.Text1.BackColor = vbRed
        Form1.text_evaluation.Text = "NOK"
        Form1.text_evaluation.BackColor = vbRed
        Out &H378, 1 'pin 1 = pièce défectueuse
        'modification avec port serie
        Form1.CommAutomate.output = "M"
    Else
        Form1.cop_text(max).BackColor = vbGreen
        Form1.Text1.Text = Form1.cop_text(max)
        Form1.Text1.BackColor = vbGreen
        Form1.text_evaluation.Text = "OK"
        Form1.text_evaluation.BackColor = vbGreen
        Out &H378, 2 'pin 2 = bonne pièce
        'modification avec port serie
        Form1.CommAutomate.output = "B"
    End If

    Call Record_Measured
End Sub
Public Function shift() As String
    Dim heure As Variant
    heure = Format(Time, "hh:mm:ss")
    If ((heure >= "06:45:00") And (heure < "14:45:00")) Then
        shift = "Morning Shift"
    ElseIf ((heure >= "14:45:00") And (heure < "22:45:00")) Then
        shift = "Evening Shift"
    Else
        shift = "Night Shift"
    End If
End Function

```

3