

Sommaire :

INTRODUCTION	1
CHAPITRE1 : PRÉSENTATION DE LA SOCIÉTÉ.....	2
I. Généralités sur la SMFN :	3
II. Fiche technique :	4
III. l'organigramme de la FM:	8
IV. Organisations techniques de la FM:	9
V. Généralité sur les disques de frein.....	10
1. Définitions du disque de frein :	10
2. Description du disque	11
3. Différence entre disque plein et ventilé	12
4. Processus de fabrication des disques.....	12
CHAPITRE2 : PRÉSENTATION DE DU SUJET	14
I. Cahier de charge :	15
1. Contexte et définition du problème :	15
2. Objectif du projet :	16
3. Analyse fonctionnelle :	16
• Diagramme SADT :	16
3-1Enoncé du besoin :	17
• Diagramme bête à corne :	17
3-2 Analyse de besoin :	18
• Diagramme pieuvre	18
4. Analyse fonctionnelle technique	19
• Diagramme FAST:	19
CHAPITRE 3 : LA CONCEPTION DU MONTAGE DE CONTRÔLE	21
I. Critères techniques pour la conception du système :	22
II. Description du montage :	22
III. Fonctionnement du système:	25
IV. Les différents composants :	25
1. Composantes standards :	25
2. Conception et dimensionnement des composantes fabriquées :	27
V. Système de réglage (planéité, horizontalité, parallélisme).....	45
• Fonctionnement du système de réglage:	46
CHAPITRE 4: ETUDE FINANCIÈRE	47
I. Objectif:	48
II. Estimation:	48
CONCLUSION :	49.
ANNEXES :	50

Introduction Générale

Le Maroc est un pays prometteur dans le secteur automobile. L'industrie automobile est l'un des principaux secteurs industriels du Maroc avec des exportations d'une valeur de 6 Milliards d'euros en 2017 soit 6.58% du PIB marocain ce qui en fait « le premier secteur exportateur » du royaume

Selon une étude du cabinet d'Oxford Business Group (OBG), qui cite un rapport de Price Water house coopers. Les regards des investisseurs se tournent vers le royaume, plateforme idéalement située pour inonder les marchés africains et européens.

Effectuer un stage technique au sein d'une entreprise qui s'intéresse à l'industrie des composants moteur automobile est une occasion pour nous de valider la connaissance acquise, par une nouvelle expérience qui nous permet de nous familiariser avec les méthodes utilisées en milieu professionnel et de développer ainsi de nouvelles techniques dans notre domaine de spécialité.

Pour ce faire, nous nous sommes adressées à la société marocaine des Fonderies du Nord –Floquet Monopole qui nous a accordé l'opportunité d'effectuer ce stage au service contrôle.

C'est dans ce dernier que nous étions chargées de créer un montage de contrôle unitaire des formes géométriques d'un disque de frein.

En vue de rendre compte de manière fidèle et analytique des 2 mois passés au sein de la société Floquet monopole il apparaît logique de présenter à titre préalable l'entreprise, son environnement, ses activités et son organisation (chapitre 1) puis la présentation du cahier de charge (chapitre 2).

Ensuite, nous proposerons une solution à notre problématique et il sera précisé les différentes missions et tâches que nous avons pu effectuer au sein du service contrôle, et les nombreux apports que nous avons pu en tirer (chapitre 3). Enfin nous allons faire une étude financière de notre système (chapitre 4)

Chapitre 1 :

Présentation de la société

Dans ce chapitre nous présentons la Société Marocaine De Fonderie du Nord(SMFN) qui a comme activité principale la production des disques de frein de deux types ventilé et plein, de tambours, de chemises et d'axes pour automobiles. Nous allons parler de l'historique, la structure, les facteurs de production les postes de l'atelier de fabrication des disques de frein et les processus de la fabrication employés par la société.

I. Généralités sur la SMFN :

La Société Marocaine de Fonderie du Nord dont le siège se situe dans le quartier industriel de Sidi Brahim depuis 1981, lot 59 rue 813 de Fès, Le nouveau partenaire dans le cycle de vente de la marque Renault n'est autre que le premier fabriquant de pièces à moteurs de la ville de Fès. Mohammed Laraki est à la tête du groupe Floquet Monopole. Ledit groupe est connu sous le nom de Société marocaine des fonderies du Nord (SMFN). Son usine couvre une superficie de 10.600 m², dont 6.500 m² couverts. L'entreprise est spécialisée dans la production des composants automobiles. Les responsables de la SMFN qualifient leur unité de «leader» dans la fabrication de pièces à moteurs en Afrique et dans les pays arabes, dont 98% de la production est destinée à l'export vers plusieurs pays. Depuis 2016, le groupe alimente les chaînes de montage de Renault, de l'usine de Tanger et de l'usine de Somaca pour les pièces de châssis, notamment les disques de freins.



Figure 1: l'entrée du Floquet monopole



Figure 2 : Vue partielle du Floquet Monopole

II. Fiche de présentation :

Activités

Le groupe Floquet Monopole industrie de précision -Fès est un Equipementier Automobile **Rang1** spécialisé dans :

- Conception, Développement et Fabrication de pièces automobiles équipant toutes les Véhicules routiers (pistons, Chemises en Fonte et Chemises en Acier, disque de frein Avant et arrière, tiges amortisseurs, raccords des pompes, coiffe moteur, axe de Piston...).
- Revêtements de surfaces (Chromage dur, étamage, graphitage, phosphatation, Anodisation, fer-zingage, geomet).
- Assemblage (système de freinage avant et arrière (roulements, moyeux, circlips, Codeur ABS, étrier, chape, piston frein, joints torique, joints d'étanchéité, pistons moteur avec Segments axe joncs d'arrêt d'axe,...).
- Fonderie d'aluminium (injection sous pression, moulage par gravité).

1-Moulage par gravité et sous pression des pièces mécaniques Fonderie d'aluminium



2-Conception, développement et fabrication des pièces Automobile d'origine ,1 ère monte

- Pistons en Aluminium,



- chemises en fonte



- Disques de frein avant



- Moyeux tambours



Historique :

- **SMFN 1981** : Création de la Société Marocaine des Fonderies du Nord, Spécialisée dans la fabrication des pistons en Aluminium.
- En 1999, rachat Nom commercial de Floquet Monopole, conception et développement.
Depuis Mai 1999, SMFN est devenu unique propriétaire de la marque de Floquet Monopole France.
- **À partir de 2015** : Diversification des activités hors pistons, chemises et axes vers des Métiers d'usinage et assemblage des éléments tournants Avant (disques de freins) et arrière (moyeux tambour et tambour). En parallèle.

Clients :

- Export : 95%
- OEM : KHD, PSA, Renault.
- OES : Mécanique et Environnement, SNVI, Faurecia.
- After Market : Europe, Pays du Maghreb, Afrique, Moyen orient...

Section Fonderie :

- Capacité :
 - 1 200 000 Pistons par an coulés par gravité ; soit 1 200 tonnes d'Alu.
 - 1 000 000 pièces par an coulés par injection sous pression, soit 1000 tonnes d'Alu.



Usinage

Capacité :

- 1 200 000 Pistons par an ;
- 700 000 disques AV
- 800 000 disques AR ;
- 1 600 000 chemises ;
- 1 200 000 tiges d'amortisseurs.

Laboratoire Métrologie :

Appareil de mesure Profil mètre par palpation



Machine de mesure tridimensionnelle de la marque Zeiss



III. Organigramme de la société FLOQUET MONOPOLE

La société FLOQUET MONOPOLE est organisée selon plusieurs services dont chacun remplit des tâches bien précises et l'ensemble contribue à l'optimisation des conditions de production et de qualité du produit.

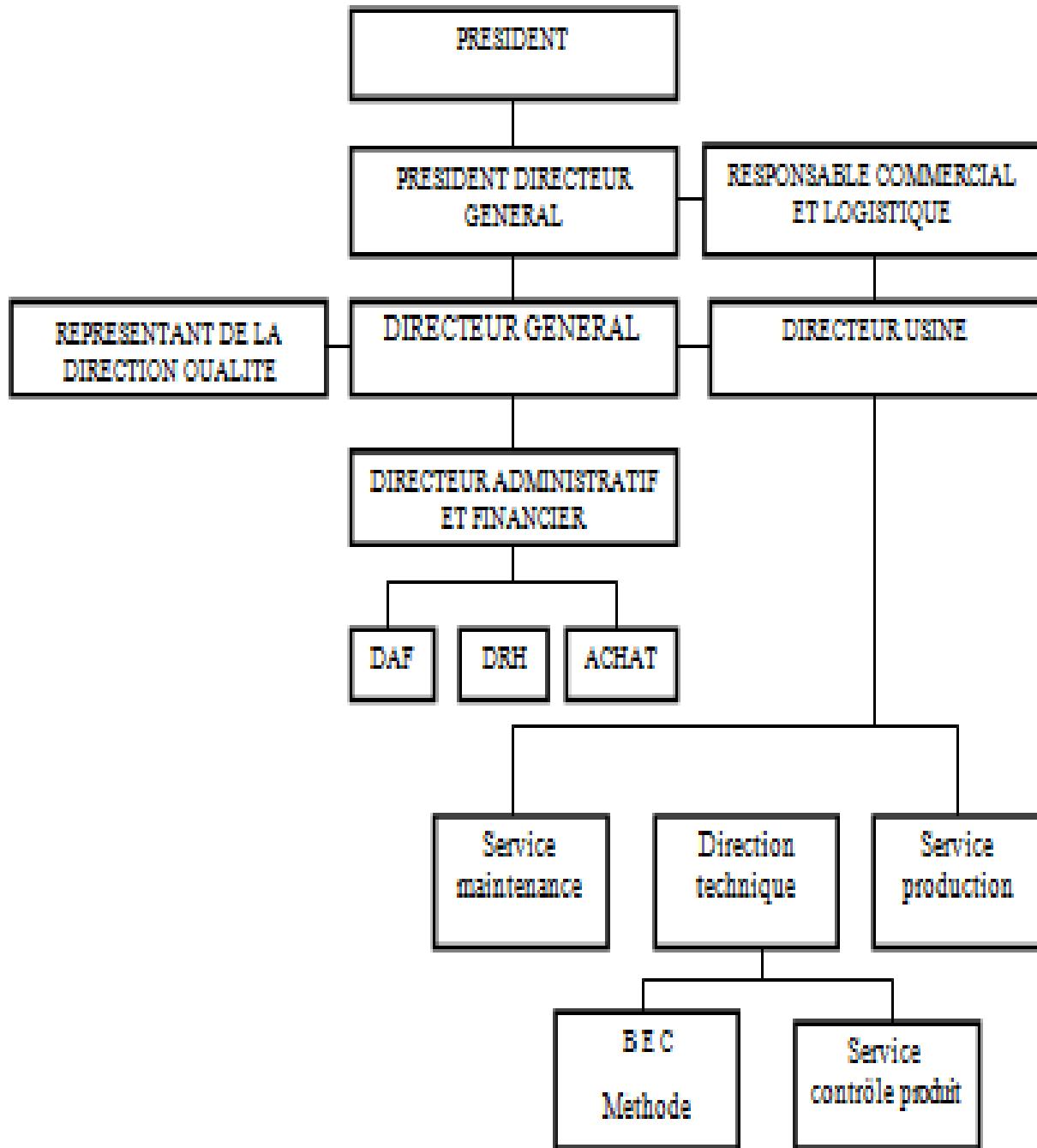


Figure 1.1: L'organigramme de l'entreprise

□

IV. Organisations techniques de la FM:

La société Floquet Monopole se constitue de plusieurs services qui contribuent au bon déroulement des procédés de production de contrôle et d'exportation ce qui entraîne ainsi un bon fonctionnement de l'entreprise ; parmi ces services on discerne :

➤ Le Bureau d'Etudes et de Développements :

Se chargeant de la conduite des études de produits de l'entreprise, les projets sont développés au sein de ce bureau. Après une étude approfondie du produit à fabriquer notamment le mécanisme, les matériaux et les formes, le bureau va fournir les dessins techniques ainsi que la nomenclature du produit afin de passer à la fabrication à grande échelle.

➤ Le bureau de méthodes :

Ce service a pour fonctions la préparation et le suivi de la production de l'entreprise. Il fournit les outils nécessaires pour garder une production optimale c'est-à-dire il définit les moyens, les temps ainsi que les coûts de production. Ce service collabore avec les autres services en particulier avec le Bureau d'Etudes et de Développements.

➤ le service ordonnancement :

Il organise dans le temps le fonctionnement de l'atelier afin de respecter les délais fixés. En plus de l'organisation des tâches, ce service prend en main le suivi de la production et définit à partir des données recueillies les plans destinés à corriger les écarts éventuels pouvant amener au non respect des programmes établis.

➤ le service qualité :

Il a deux rôles principaux :

- Surveiller la qualité de la production et déceler les facteurs ayant causé les fluctuations de la qualité des produits. A partir de cette analyse, ce service détermine les actions correctives nécessaires ;
- Assurer la mise en application et le maintien du système de management de la qualité ainsi que la tenue à jour des normes et certificats de la société.

➤ le service contrôle :

Ce service se charge de :

- La vérification de la conformité des échantillons avant de donner le feu vert pour l'élancement d'une série ;

- Contrôler suivant un plan de surveillance la production. Ainsi, ce service réagit au moindre écart par rapport aux spécifications du produit ;
- Contrôler les pistons en sortie des postes d'usinage.

➤ **le service maintenance :**

La maintenance s'occupe de l'entretien de tous les équipements de la société et garantit à ces derniers un bon état de fonctionnement surtout aux machines servant à la production. Pour cela, les différentes politiques de maintenance : corrective, systématique et préventive sont adoptées par le service et appliquées en fonction des situations qui peuvent se présenter.

➤ **le service atelier mécanique :**

Il est chargé de réaliser des pièces unitaires d'après les dessins de définition fournis par le Bureau d'Etudes et de Développements et le Bureau de Méthodes ainsi que les pièces demandées par le service Maintenance.

➤ **le service gestion des produits finis :**

Comme son nom l'indique, ce service gère les produits qui sortent de la production et qui vont être livrés aux clients.

➤ **le service ressources humains :**

Jouant un rôle important dans la société, ce service gère tout ce qui concerne le personnel de la société afin que cette dernière puisse disposer des ressources nécessaires garantissant ainsi son bon fonctionnement.

V. Généralité sur les disques de frein :

1. **Définition du disque de frein :**

Le disque de frein est un élément clé du système de freinage, la plupart des véhicules utilisant ce système. Le disque de frein est fixé sur le moyeu, qui fait lui-même le lien entre la roue et le véhicule. C'est par l'action de frottement des plaquettes de frein contre le disque frein que les roues sont ralenties lorsque la pédale de frein est enclenchée par l'utilisateur du véhicule. On trouve notamment des disques de frein pleins et des disques de frein ventilés.



Figure 3: types de disques de frein automobile

Le système de frein à disque fonctionne de la manière suivante : **le disque frein (4)** est fixé au moyeu de roue qui fait le lien entre la roue et le véhicule. De leur côté, les **plaquettes (3)** de frein sont fixées en général par des **étriers (1)** sur ce véhicule. La pression sur le frein appliquée par **des pistons (2)** est transformée en pression hydraulique étant transmise à travers plusieurs pistons qui poussent sur les plaquettes de frein du véhicule. Les plaquettes viennent alors frotter sur le disque frein, le frottement ainsi créé permettant le ralentissement de la roue et le freinage progressif du véhicule.

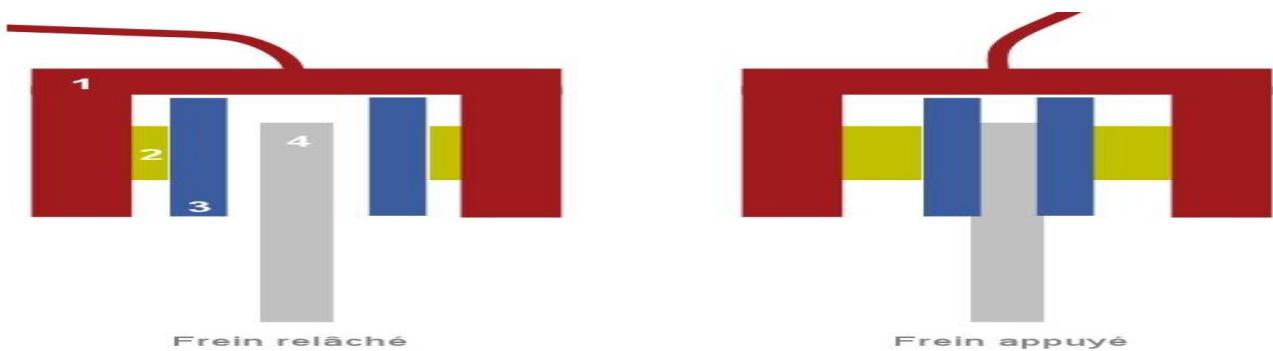


Figure 4 : Fonctionnement du disque de frein

La matière le plus fréquemment utilisée pour la fabrication des disques de frein automobile est **la fonte**. Bien que plus lourde et plus disposée à la rouille par rapport à l'acier, la fonte coûte moins chère et fournit une meilleure friction pour le freinage. L'utilisation de la fonte pour les disques de frein dans l'industrie automobile est généralisée à tel point que les vendeurs ne se donnent plus la peine de l'indiquer dans leurs fiches produit.

2 Description d'un disque :

Le disque est constitué d'un anneau plein avec deux pistes de frottement (Figure 5), d'un bol qui est fixé sur le moyeu et sur lequel est fixée la jante, d'un raccordement entre les pistes et le bol. Les pistes de frottement sont dites extérieures quand elles se situent du côté de la jante et intérieures quand elles se situent du côté de l'essieu.

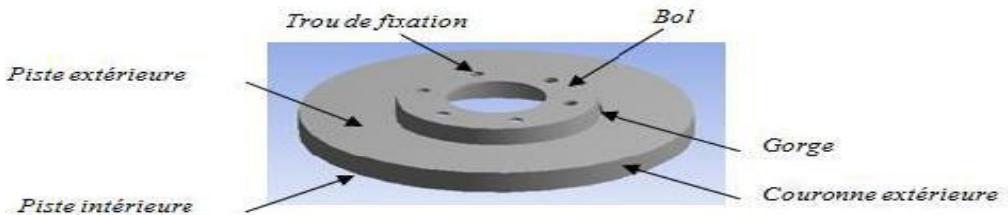


Figure 5: Composants du disque

3 Différences entre disque plein et ventilé:

- Les disques pleins, de géométrie simple et donc de fabrication simple, sont généralement placés sur l'essieu arrière de la voiture. Ils se composent tout simplement d'une couronne pleine reliée à un "bol" qui est fixé sur le moyeu de la voiture.
- Composés de deux couronnes – appelées flasques – séparées par des ailettes, ils refroidissent mieux que les disques pleins grâce à la ventilation entre les ailettes qui, en plus, favorisent le transfert thermique par convection en augmentant les surfaces d'échange. Le disque ventilé comporte plus de matière que le disque plein ; sa capacité d'absorption calorifique est donc meilleure.

Processus de fabrication:

Les étapes pour la fabrication des disques de frein sont :

- Etape 1 : Réception des disques bruts.
- Etape 2 : stockage des disques bruts
- Etape 3 : Ligne de production.
- Etape 4 : Contrôle qualité.

Etape 1 : Réception des disques bruts : OP 10

Les disques bruts sont de la matière première Fonte GL.

Fonte GL11 est un alliage de fer et de carbone sous forme de lamelles constituant des pièces d'utilisations courantes obtenues par procédé de moulage (fonderie).

La fonte grise à graphite lamellaire est la plus communément utilisée dans l'industrie automobile. En effet, la fonte est peu chère, se fabrique aisément et peut être coulée facilement. Elle présente également une bonne conductivité, une assez bonne résistance mécanique, et une faible usure.

Etape 2 : stockage des disques bruts :

Après le contrôle visuel qui se fait lors de la réception des disques bruts, la société FMI spécifie des zones particulières pour le stockage de ces disques en faisant la différence entre les lots correspondants à chaque type des disques.

Etape 3 : Lignes de production.

Le service de la production de la FMI contient 4 lignes d'usinage des disques, chacune des ces ligne effectue les mêmes opérations suivantes :

OP 20 : tournage : cette opération consiste à dresser la première face du disque.

OP 30 : tournage : en effectuant la même opération sur la deuxième face du disque seul le Programme qui se diffère.

OP 40 : finition des deux faces.

OP 50 : perçage du disque : en réalisant 6 trous de diamètres différents simultanément.

OP 60 : ébavurage : chanfreiner les 6 trous.

OP 70 : lavage du disque en utilisant l'eau distillé et un produit

Etape 4 : Contrôle qualité.

OP 80 : équilibrage du disque : enlever la matière de la surface contenant les ailettes.

OP 90 : contrôle des dimensions du disque

OP100 : contrôle visuel 100%.

OP110 : peinture du disque.

OP120 : contrôle aspect 100% et mise en caisse.

Chapitre 2

Présentation du sujet

Dans ce chapitre nous présentons la problématique et le cahier de charge.

Introduction

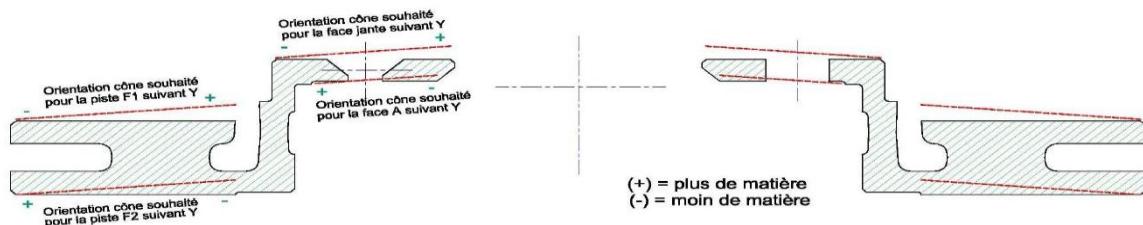
Le **système de contrôle** repose sur des mesures qui permettent d'évaluer les progrès réalisés afin de les comparer aux standards prédéterminés. L'analyse des écarts par rapport aux prévisions indique s'il y a lieu d'effectuer des corrections au niveau des opérations de base. C'est un processus nécessaire pour assurer le bon fonctionnement de disque de frein, c'est pour cela on a pensé d'améliorer ce système en haute précision pour mesurer le battement et la conicité du disque de frein.

I. Cahier de charge:

1- Contexte et définition du problème :

La Société Floquet Monopole a des problèmes au cours de la ligne d'usinage des disques de frein de deux types (ventilés, plein), les disques de frein passent par un ensemble d'opérations successives (op 10, op 20, op 30.....op 110) comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent. A cause des erreurs issues de la machine, et notamment dans **l'opération 30**, certains disques pourraient être mal usinés ce qui entraîne des défauts géométriques. Dans notre projet nous intéressons au défaut de battement axial simple et de conicité.

Orientations cônes souhaités pour les disques



L'entreprise contrôle toutes les cotes géométriques dans la dernière phase (op 90 : contrôle total), ce qui entraîne une perte du temps et une accumulation des rebuts sachant que nous pouvons remarquer ces défauts géométriques pendant l'opération 30. Pour ce faire, on doit concevoir et réaliser un système simple à utiliser au bord de ligne qui permet de contrôler le battement et la conicité afin d'orienter l'opérateur, la production et minimiser les rebuts. ce système doit être précis pendant une durée de temps réduite.

2- Objectif de projet :

L'objectif du projet est d'établir un montage de contrôle des défauts géométriques de caractéristiques suivantes :

- Très bonne précision
- Sécurité
- Moins d'espace
- Moins coûteux
- Dispositifs modernes.
- Simplicité et flexibilité de l'utilisation.
- La facilité d'usinage et montage avec des outils existant dans l'atelier
- L'isostatisme de disques.
- Minimisation de la quantité des rebuts.
- Réduction du temps.
- Croissance de la rentabilité.

3-Analyse fonctionnelle :

L'analyse fonctionnelle externe consiste à analyser le besoin auquel devra répondre le produit, les fonctions de service qu'il devra remplir, les contraintes auxquelles il sera soumis. C'est la base de l'élaboration du Cahier des charges fonctionnel.

- **Diagramme SADT :**

La méthode **SADT**, ou méthode d'analyse fonctionnelle descendante, est une méthode graphique qui part du général pour aller au particulier.

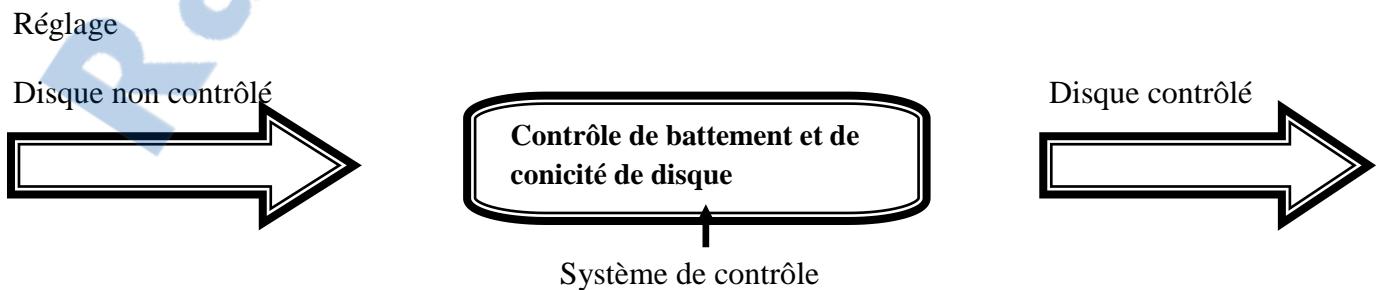
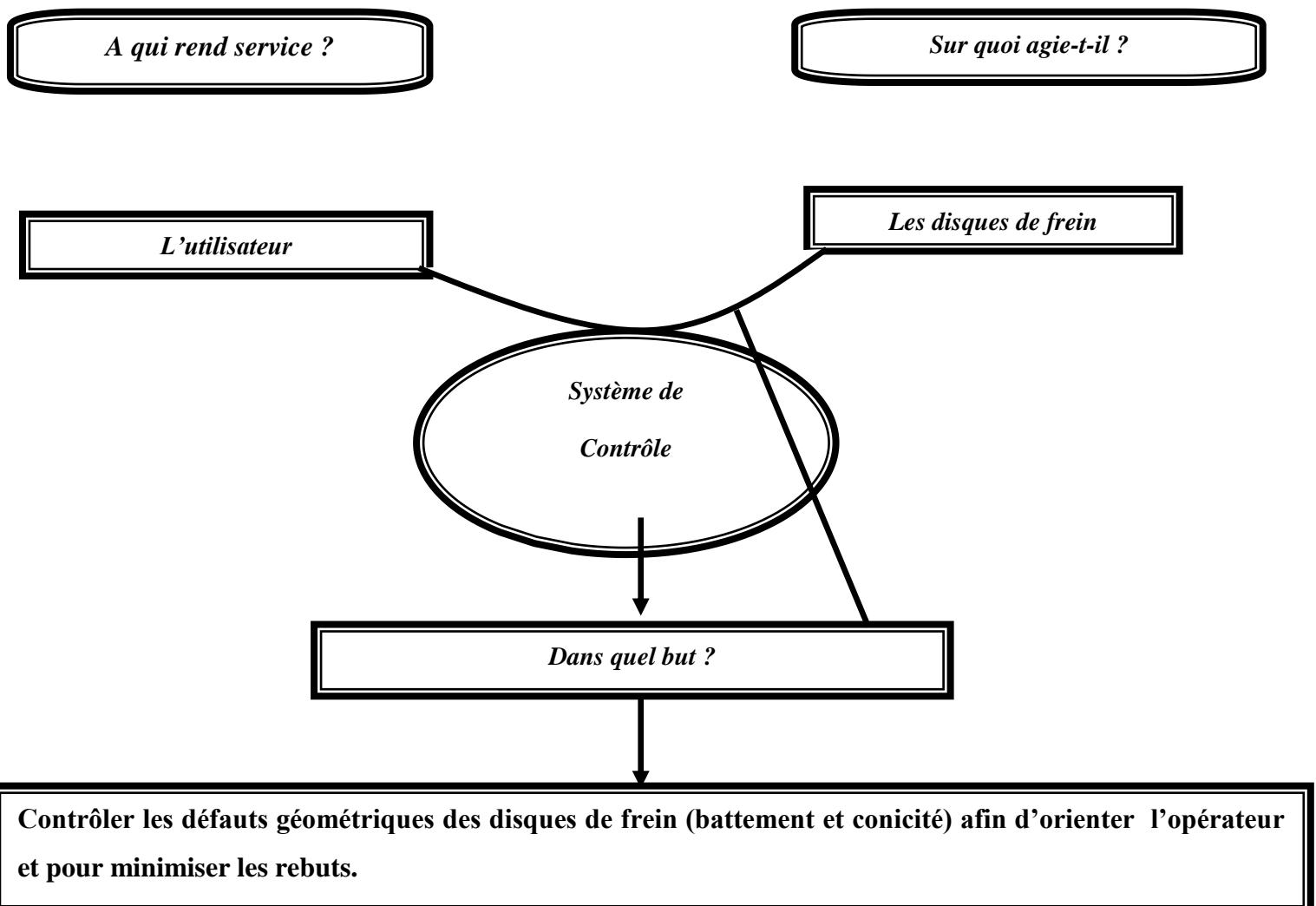


Figure 6: diagramme SADT

3-1 Enoncé du besoin :

- Diagramme bête à corne :

La **bête à corne** est un outil d'**analyse fonctionnelle du besoin**. En matière d'innovation, il est tout d'abord nécessaire de formuler le besoin sous forme de fonctions simples (dans le sens de « fonctions de bases ») que devra remplir le produit ou le service innovant.



3-2 Analyse du besoin :

- Diagramme Pieuvre :

L'outil “diagramme pieuvre” est utilisé pour **analyser les besoins et identifier les fonctions de service d'un produit**. Le diagramme “pieuvre” met en évidence les relations entre les différents éléments du milieu environnant et le produit. Ces différentes relations sont appelées les fonctions de service qui conduisent à la satisfaction du besoin : Changer la position de la toile en fonction des conditions météorologiques.

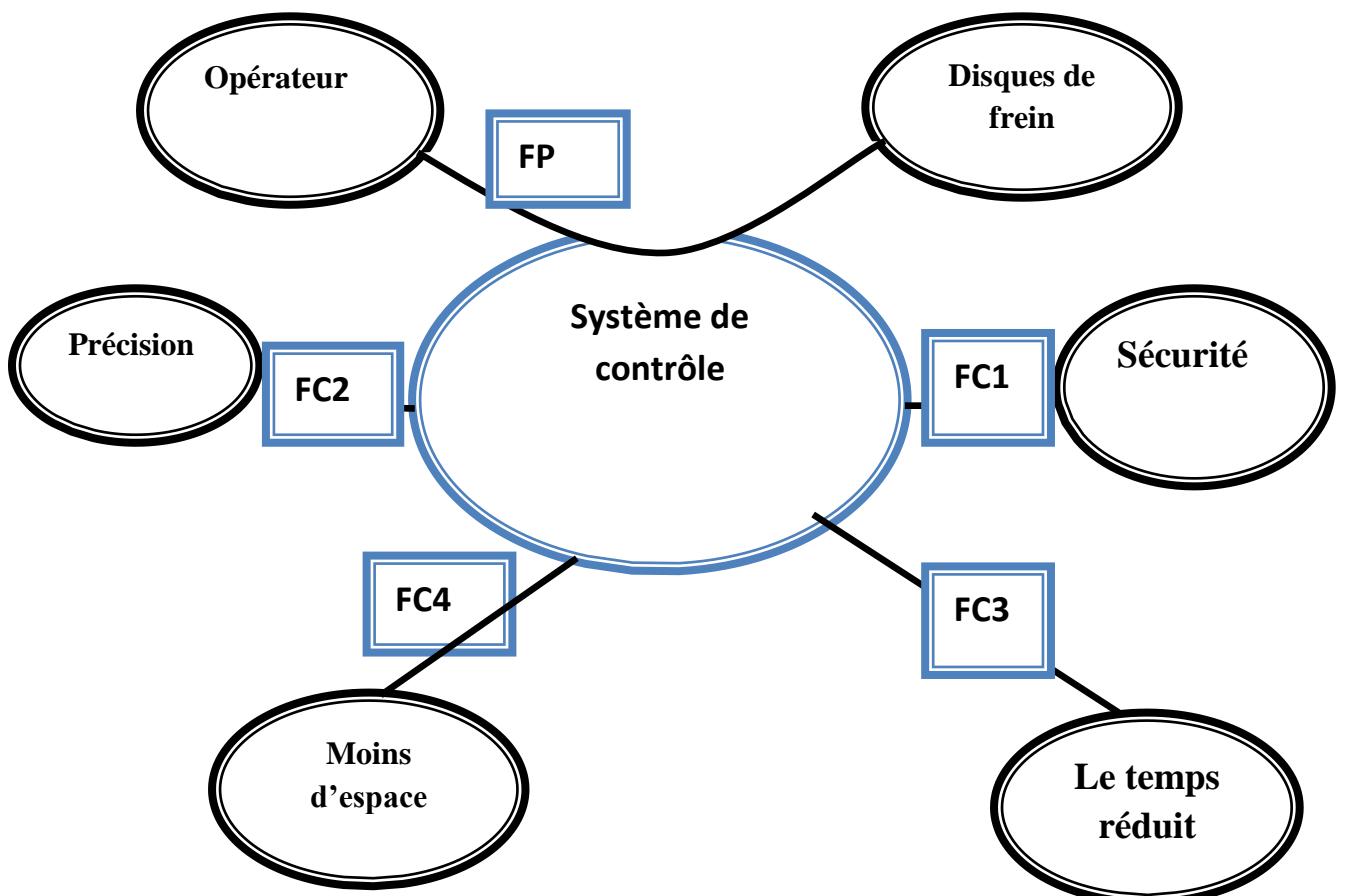


Figure 7 : diagramme Pieuvre

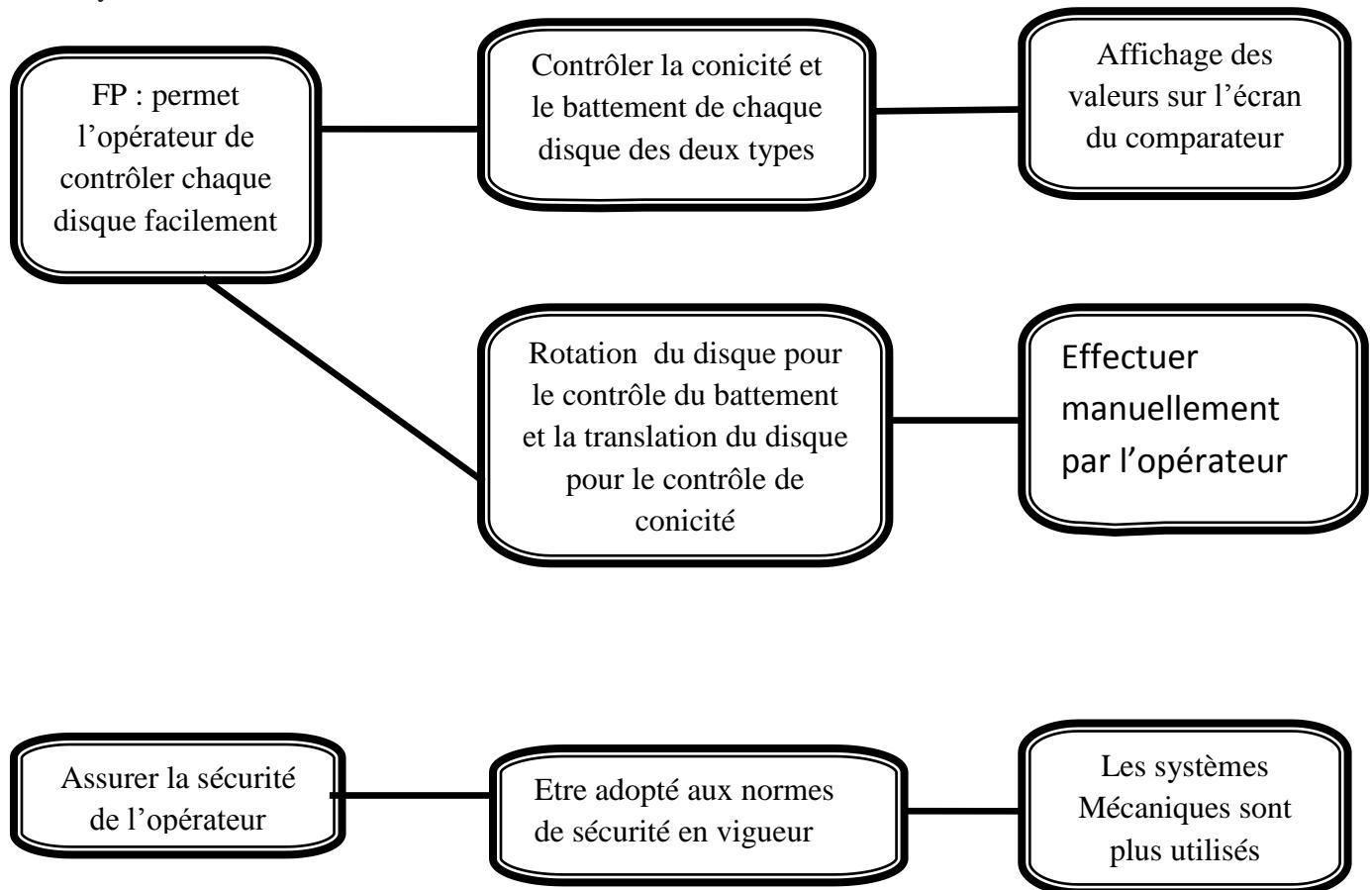
Fonction	Expression de la fonction
FP	Permet l'opérateur de contrôler chaque disque facilement
FC1	Assurer la sécurité de l'utilisateur
FC2	Assurer la précision du contrôle
FC3	Permet de profiter du temps
FC4	Permet d'utiliser moins d'espace

Figure 8: Tableau des fonctions des services

4-Analyse fonctionnelle technique :

- **Diagramme FAST :**

FAST est un type de **diagramme** qui présente une manière de penser, d'agir, ou de parler. ... La norme NF EN 12973 (management par la valeur) décrit le **diagramme FAST** en tant qu'une des méthodes usuelles d'analyse fonctionnelle.



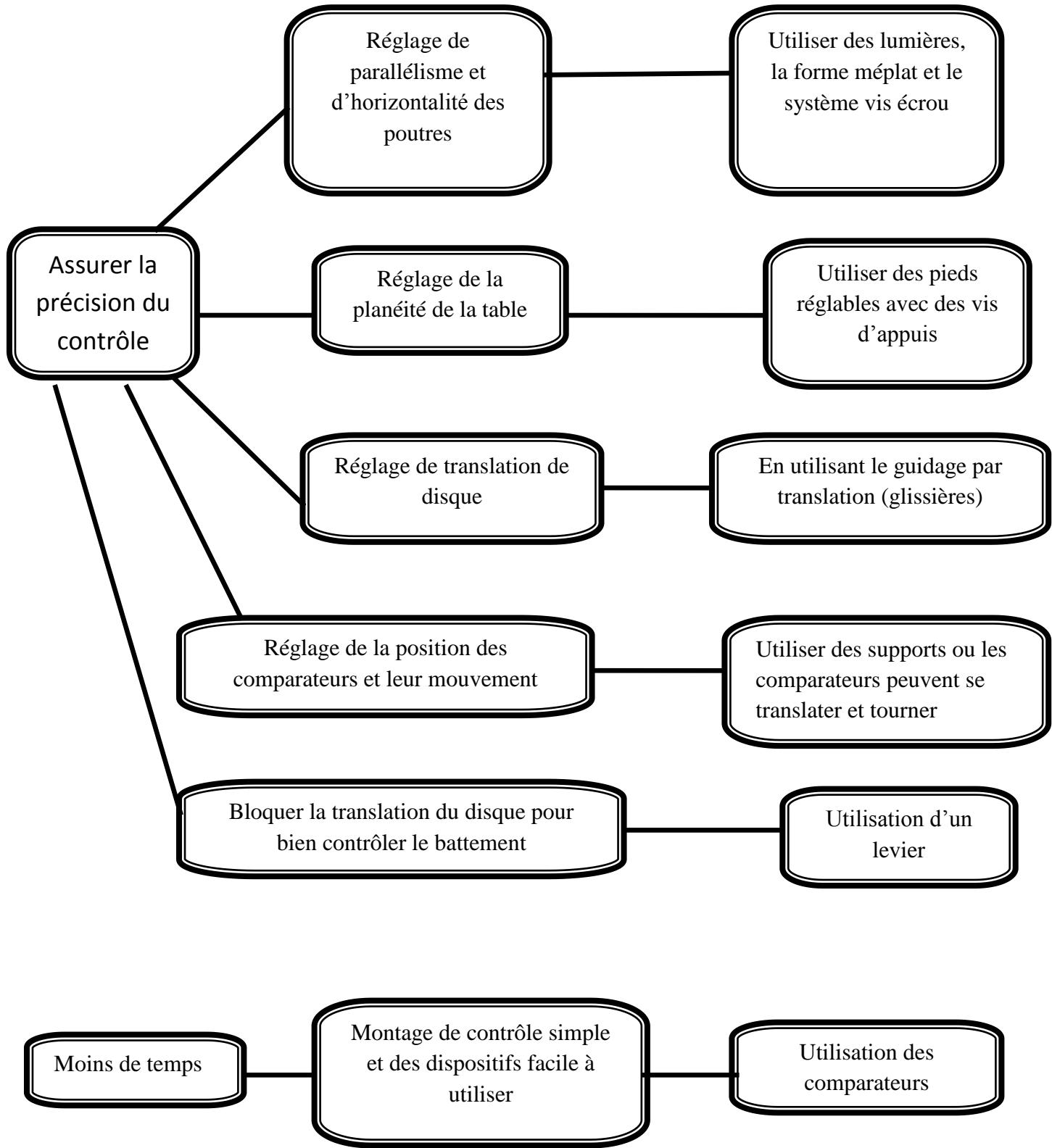


Figure 9 : diagramme FAST

Chapitre 3 :

Conception du montage de contrôle

L'objectif de ce chapitre est de présenter la solution proposée de notre problématique et faire l'étude et la conception des différents composants sur CatiaV5.

Introduction

Ce chapitre est consacré pour la conception et le dimensionnement des différents composants du montage en utilisant CATIA V5 et RDM 6.

I. Critères techniques pour la conception de système

Les critères suivants doivent être pris en considération pendant la conception de Système :

- ✓ Un bon posage de contrôle (isostatisme du disque)
- ✓ Montage de contrôle
- ✓ Gabarit de contrôle (les outils de contrôle)
- ✓ Facilité de fabrication des pièces.
- ✓ Facilité de montage et de démontage de disque
- ✓ Coût de fabrication moyen.
- ✓ Facilité et flexibilité d'utilisation pour l'opérateur
- ✓ Chercher une solution adaptée aux outils et aux matériaux existant dans l'atelier
- ✓ approvisionnement
- ✓ Sécurité du Système.

II. Description du montage :

La figure ci-dessus présente les différents composants du notre montage de contrôle les composants standards et les composants fabriqués.

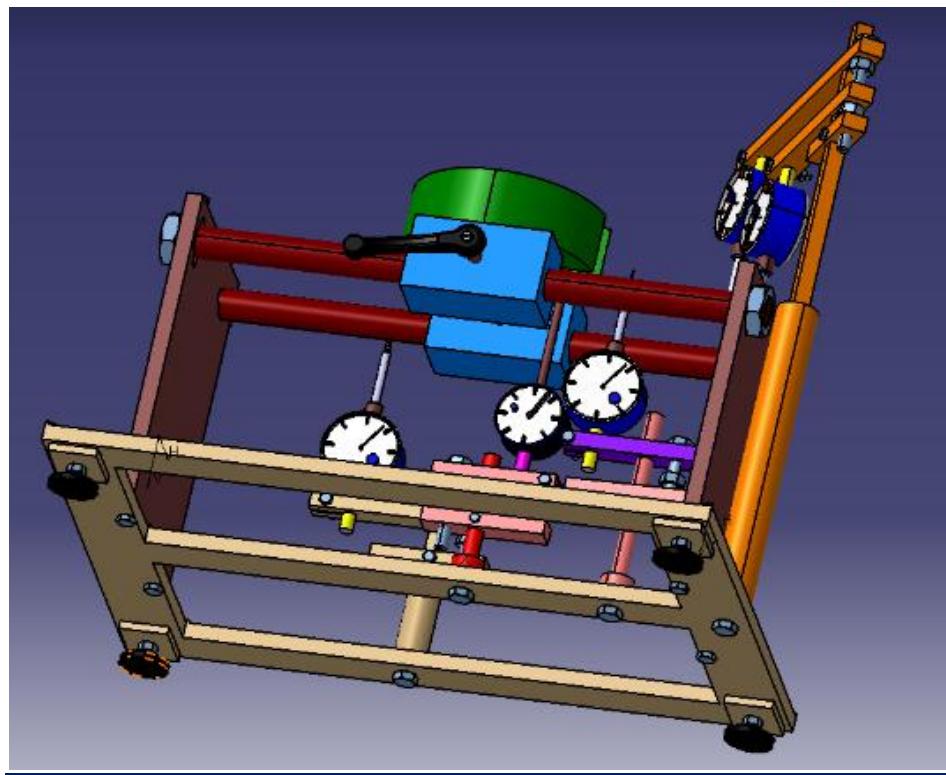


Figure 10 : Montage de contrôle du disque

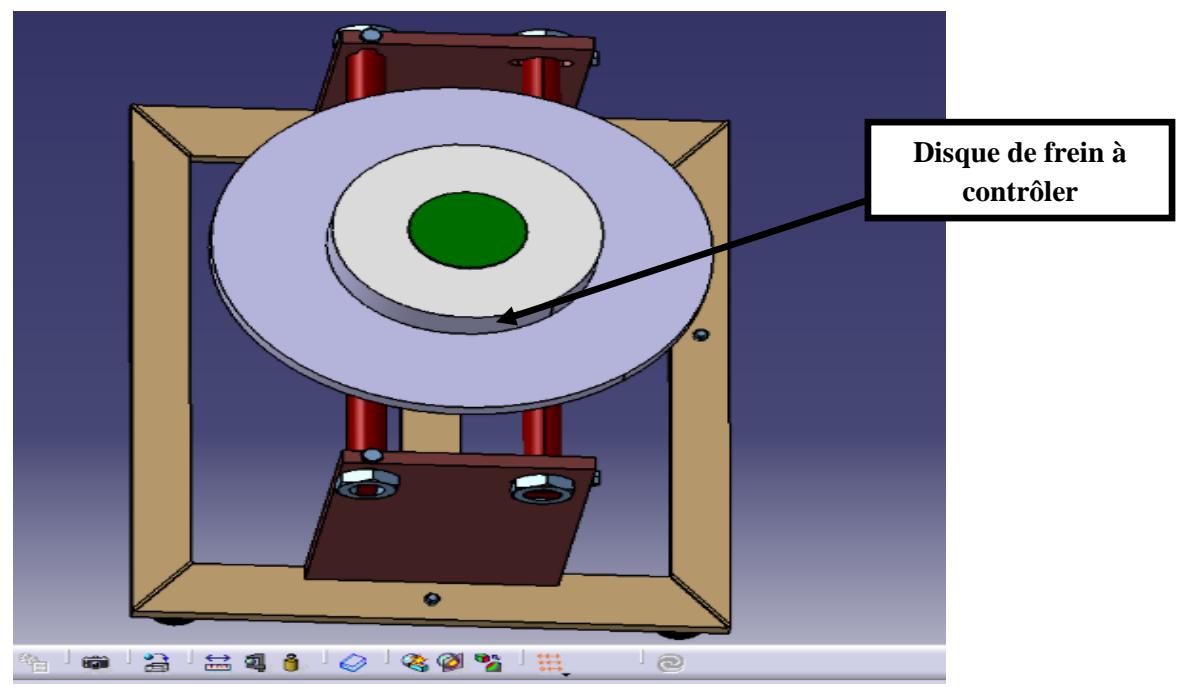
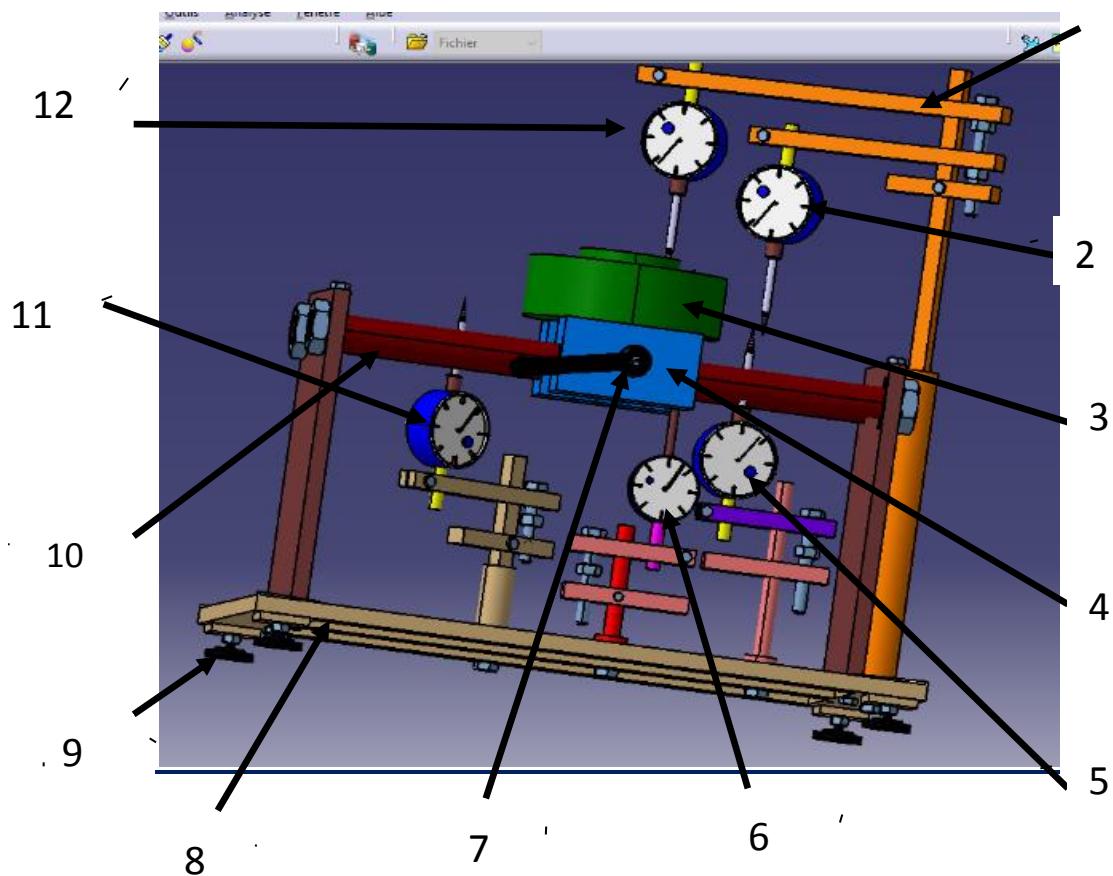


Figure 11 : Prototype de système de contrôle

La figure ci-dessous montre le montage du disque, sa mise en position et son maintien en position



1	Support des comparateurs de conicité	7	Levier mécanique pour le blocage de translation
2	Comparateur pour contrôle de conicité des surfaces D et J	8	Table soudée
3	Pièce d'isostatisme	9	Vis d'appui avec écrou
4	Pièce de guidage	10	Poutre
5	Comparateur pour contrôle de conicité des surfaces H et E	11	Comparateur pour contrôle de battement des surfaces H et E
6	Comparateur pour contrôle de conicité de la surface A	12	Comparateur pour contrôle de conicité des surfaces E et F

Figure 12 : tableau descriptif des composants

III. Fonctionnement du système :

Le système a deux fonctions de contrôle : le battement axial simple et la conicité.

- **Contrôle de battement axial simple** : pour contrôler le battement axial simple sur le 3ème diamètre indiqué dans la **figure (17, 18)** on bloque le système par un levier mécanique. L'opérateur va faire tourner le disque manuellement pour contrôler le battement.
- **Contrôle de conicité** : pour contrôler la conicité de surfaces inférieures et supérieures du disque, l'opérateur va faire translater le disque sur les poutres (guidage par glissières). Mais avant de faire un tel contrôle il faut assurer un bon réglage d'horizontalité et de parallélisme des deux poutres (poutres parallèle et dans le même plan).

IV. Les différents composants :

Notre système est composé de plusieurs composantes, des éléments de machine standards et d'autres fabriqués au sein de l'entreprise. Chaque composante est représentée soit sous forme d'un dessin de définition ou bien en 3D.

1- composantes standards :

Comparateur :

Le **comparateur** est un appareil de mesure de longueur. Il n'indique pas une mesure absolue mais une mesure relative par rapport à un point de référence.

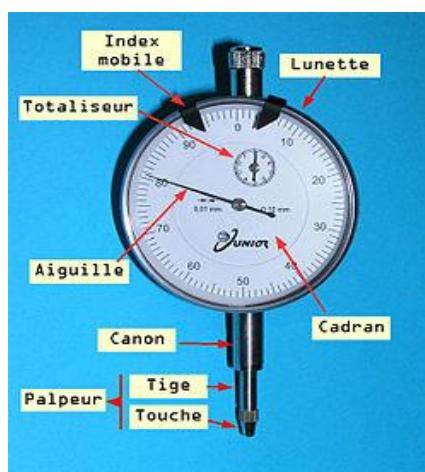


Figure 13 : comparateur à aiguille

comparateur	précision	Caractéristiques
Kafer série KM5, KM10	1/10	Robuste et inégale par leur durée de vie
Kafer	1/100	Robuste, anticorrosion et avec un verre incassable
Kafer	1/1000	Instrument de métrologie conforme à la norme DIN879
Kafer à course limitée		Présente une course limitée permettant une meilleure sécurité de lecture
Kafer à grande capacité		Très appréciées par leur course et leur diamètre et en version antichoc

Fiche technique de vis utilisées :

Vis	Désignation	Quantité
Assemblage de la pièce d'isostatisme et de pièces de guidage	Vis à tête cylindrique à six pans creux -CHC M6*70	2.
Assemblage des composants des supports.	Vis à tête hexagonale entièrement fileté M4*10.	4.
Pour la mise en positions voulues des comparateurs.	Vis à tête hexagonale entièrement fileté M8*60.	4.
Pour la fixation des comparateurs sur les supports.	Vis à tête hexagonale entièrement fileté M4*25.	5.
Pour la fixation des supports sur la table.	Vis à tête hexagonale entièrement fileté M8*10.	4.
Pour la fixation des plaques sur la table.	Vis à tête hexagonale entièrement fileté M8*10.	4.

Fiche technique des écrous utilisés :

Ecrou	Désignation	Quantité
Pour la fixation des comparateurs sur les supports.	Ecrou hexagonale filetage métrique à pas fin M4.	5.
Pour le maintien en position voulues des comparateurs.	Ecrou hexagonale filetage métrique à pas fin M8.	5.
Pour le maintien en position des appuis de la table.	Ecrou hexagonale filetage métrique à pas fin M6.	4.
Pour la fixation des poutres sur les plaques.	Ecrou hexagonale filetage métrique à pas fin M20.	4.

Levier mécanique pour blocage :

C'est un organe entrant dans la constitution de différent type de machine, il possède un corps rigide susceptible de tourner autour d'un axe et est soumis à deux forces qui sont la résistance du système et la force motrice, ils se déclinent selon de nombreuse variétés, possèdent chacun son propre usage.

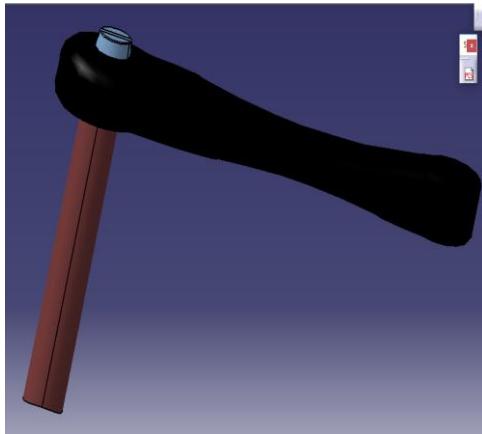
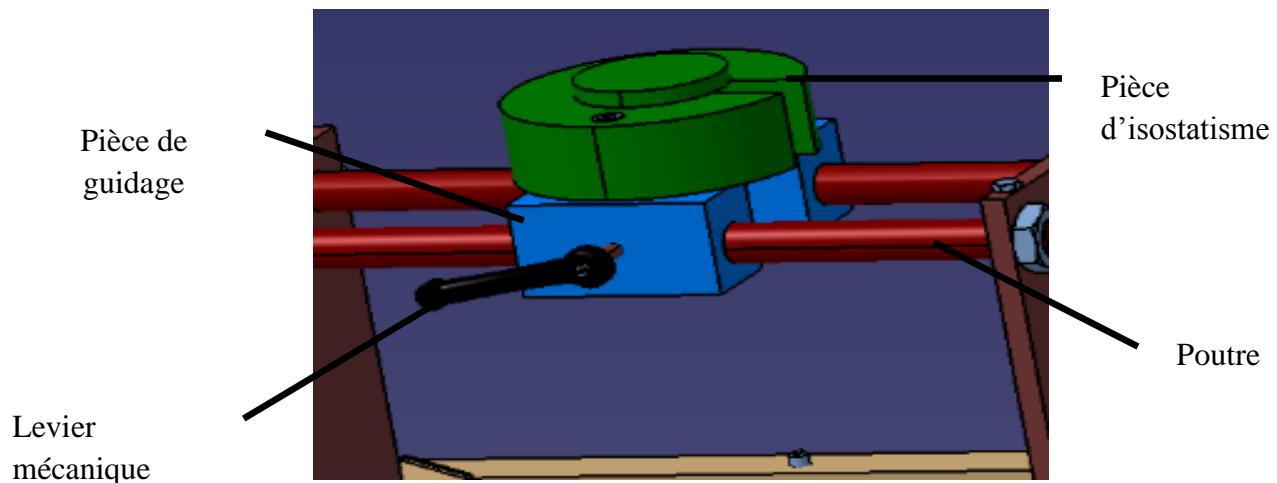


Figure 14 : levier mécanique pour blocage

2-Conception et dimensionnement des composants fabriqués :

La figure ci-dessus présente une partie de notre montage elle et précisément l'emplacement du disque



• La pièce d'isostatisme :

La mise en position du disque (MiP) et son maintien en position de la pièce (MaP) sont des opérations importantes pour contrôler de façon précise les défauts géométriques du disque. Il faut donc concevoir un système qui élimine les degrés de liberté du disque de frein et qu'il soit valable pour les deux types de disques. C'est pour cela, nous proposons une pièce de révolution cylindrique avec une rainure. Cette forme a été choisie en se basant sur ce qui suit :

- Il faut cerner les surfaces de références et les cotes critique des deux types de disque.

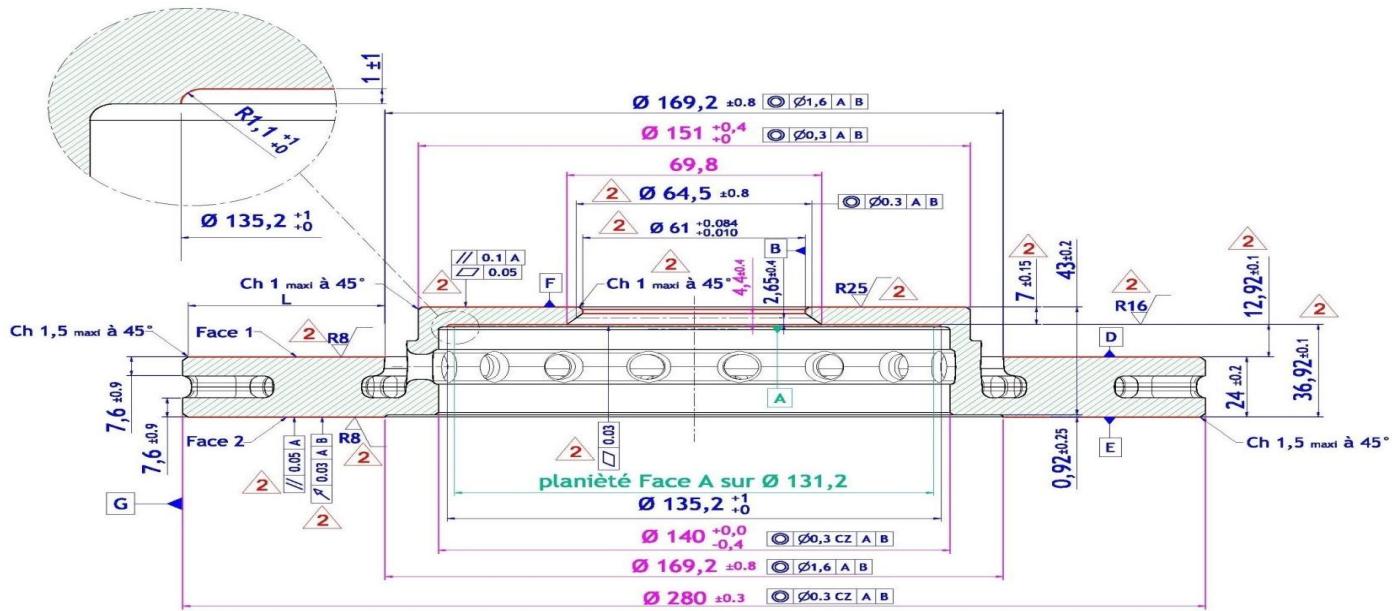


Figure 17 : Disque de type ventilé

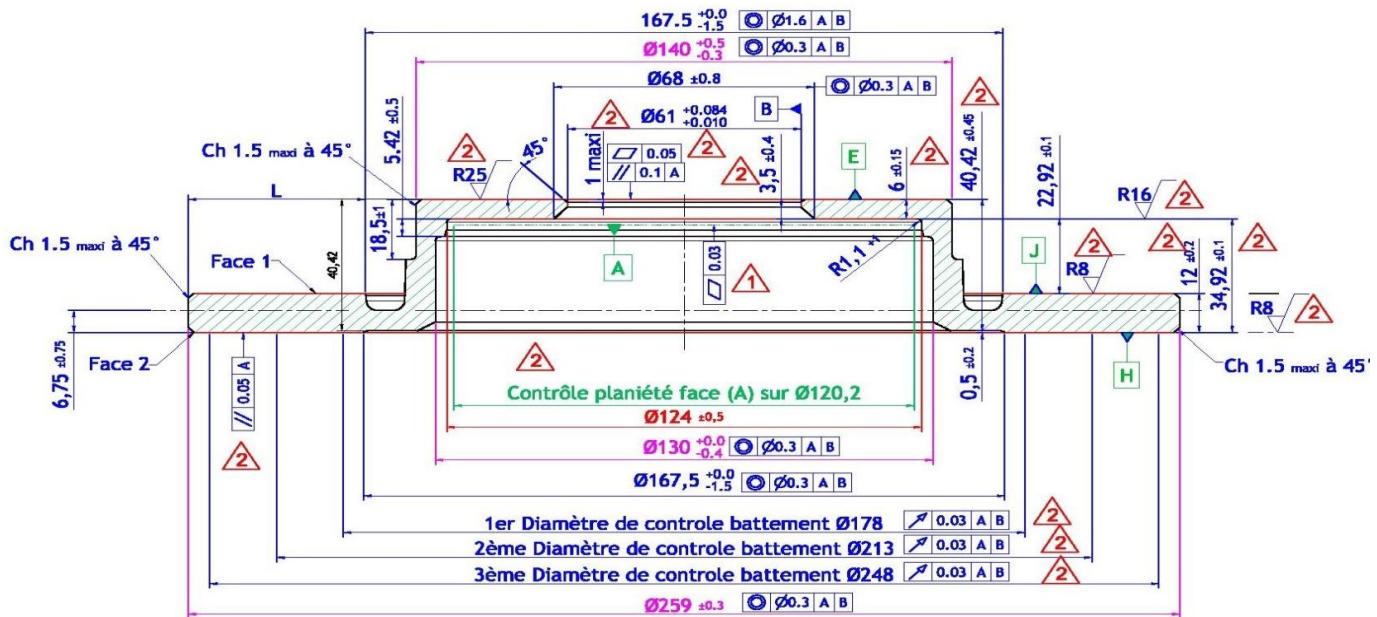


Figure 18 : Disque de type plein

Nous nous intéressons juste aux cotes géométriques du battement et du parallélisme.

Pour le disque ventilé :

Contrôle du battement simple axial sur la surface E et exactement sur le 3^{ème} diamètre Ø 270.

Contrôle de la conicité sur les surfaces : E, D, F, A.

Les surfaces de références :A et B.

Pour le disque plein :

Contrôle de battement simple axial sur la surface H et exactement sur le 3ème diamètre $\varnothing 248$.

Contrôle de la conicité sur les surfaces : H, E, J, A.

Les surfaces de références :A et B.

Conclusion : Puisque la référence A est la plus critique, elle doit supporter plus d'appuis. Et comme elle est plane nous mettons un appui plan pour A et un centrage court pour B.

Nous proposons le prototype suivant :

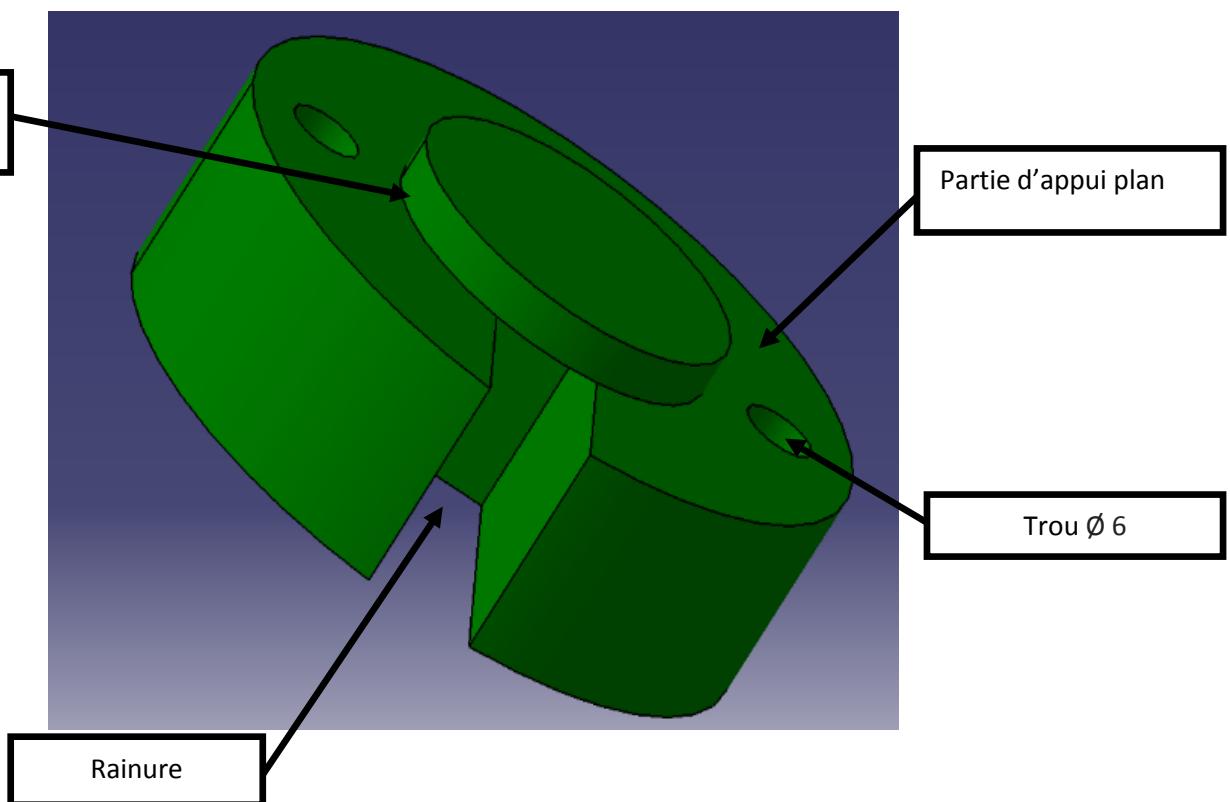


Figure 19 : pièce d'isostatisme

Elément	Sa fonction
Rainure	Son rôle est de permettre au comparateur de contrôler la conicité de la surface A sinon elle va être cachée.
Trou	$\varnothing 6$ taraudé son rôle c'est de contenir la vis de fixation de cette pièce du posage et une autre pièce de guidage.

- Cette pièce assure l'appui plan sur A et le centrage court sur B.

Le matériau choisi pour montage de contrôle est **l'acier 34CD**. C'est un acier de construction faiblement allié au chrome molybdène pour trempe et revenu. Parmi ces caractéristiques : Bonne trempabilité à l'huile, bonne résistance aux surcharges à l'état traité et à l'usure. C'est un Acier très employé en mécanique, d'autre part ses très bonnes qualités de mise en œuvre et sa bonne ténacité : boulons, arbres, essieux, crémaillères, vilebrequins.....

La masse de la pièce est extraite de la relation suivante : (les dimensions de la pièce sont indiqués dans l'annexe 1 page 50)

$$m_1 = \rho_a * V \quad \text{Avec} \quad \rho_a = 7850 \quad \text{et} \quad V = V_1 + V_2 \quad \text{d'où} \quad V = \pi * r_1^2 * h_1 + \pi * r_2^2 * h_2$$

$$V = 60^2 * \pi * 38 + 30.5^2 * \pi * 8$$

$$V = 4.534 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\text{D'où } m_1 = 7850 * 4.534 * 10^{-4} = 3.6 \text{ Kg}$$

Le poids de la pièce :

$$P = m * g$$

$$P = 10 * 3.6 =$$

$$36 \text{ N}$$

Puisque les efforts de contrôle sont négligeables le maintien en position est assuré par le poids du disque et il sera monté en position horizontale

•La pièce de guidage :

Afin d'assurer le contrôle des surfaces inférieurs du disque, il doit être suspendu

Pour le coulisseau nous proposons la « pièce de guidage » suivante : une pièce prismatique qui contient des trous dont les dimensions est indiquée dans l'**Annexe 2page 51**

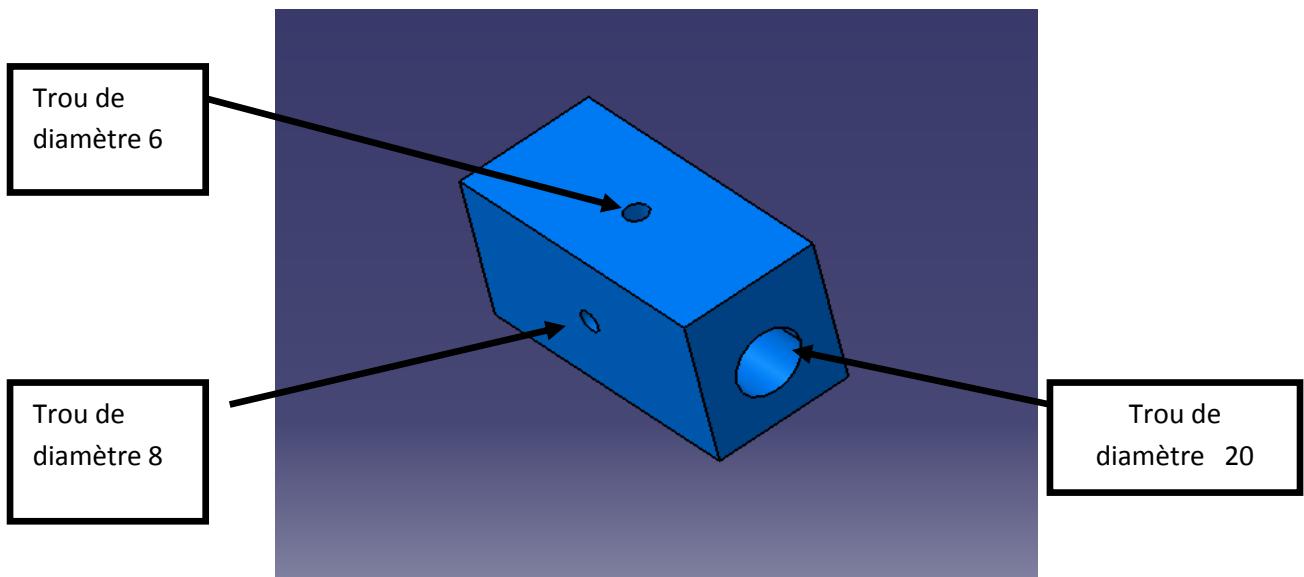


Figure 20 : la pièce de guidage (coulisseau)

Elément	Sa fonction
Trou Ø 6	C'est un trou taraudé son rôle est de porter la vis de fixation de la pièce de guidage et la pièce de posage précédente .la fixation de ces deux pièces par la vis et beaucoup mieux que le soudage, car s'il ya un problème dans la pièce de guidage nous devrons changer tout l'ensemble.
Trou Ø20G6h7	C'est un trou d'ajustement G6h7 car c'est le plus utilisé en guidage en translation avec un $J_{min}=0.007$ et un $J_{max}=0.041$, c'est le trou où on va insérer notre poutre.

Pour réaliser le guidage en translation entre les poutres et les pièces de guidage il nous faut un jeu bien précis pour une translation facile sans blocage c'est pour cela on propose l'ajustement Ø20G6h7 sachant qu'il est le utilisé en guidage par glissières et on calcule le jeu

$$J_{max}=D_{max} - d_{min}$$

$$J_{min}=D_{min} - d_{max}$$

$$J_{max}= 20.021 - 19.98$$

$$J_{min} = 20 - 19.993$$

$$J_{max} = 0.041 \text{ mm}$$

$$J_{min} = 0.007 \text{ mm}$$

Le mouvement relatif des pièces de guidage et des poutres va provoquer un phénomène de frottement qu'il faut réduire autant que possible ; en effet ce frottement constitue un phénomène de blocage appelé l'arc boutement.

C'est un phénomène de blocage (maintient en position d'équilibre) issu du frottement d'un solide **en liaison glissière** sur un axe, quand bien même une force est appliquée à ce solide dans la direction de la glissière.

D'une manière générale, l'arc-boutement se produit lorsque la distance entre l'axe de la glissière et le point d'application de l'effort est suffisamment élevée. Pour éviter ce phénomène, il faut choisir :

- Une longueur de guidage suffisante $L > 2.5 D$, dépendante de plus du **coefficent de frottement d'adhérence ou de glissement** entre les matériaux en contact.
- L'effort exercé sur la liaison soit situé près de l'axe $A < L/2f$.
 - L'ajustement soit adapté.

Dans notre cas : $L=84$, la longueur des glissières est supérieure à $2.5 D$ condition vérifiée donc on aura pas d'arc boutement

- **La poutre :**

Puisque nous avons réfléchi au guidage en translation nous proposons deux poutres cylindriques pleines comme glissières de longueur 370 mm.

Le choix de cette longueur n'est pas aléatoire mais on a pris en considération le diamètre du plus grand disque (280 mm) , la course nécessaire pour le contrôle de la conicité (26.1 mm) , 20 mm de chaque coté pour l'encastrement de poutres sur la plaque et 23.9 mm comme distance libre pour la flexibilité du système (contrôle d'un disque de diamètre plus grand)

Les poutres supportent le poids du disque, le poids la pièce d'isostatisme et le poids des deux pièces de guidage c'est le cas d'une poutre en flexion, il faut faire alors une **étude RDM** de la poutre afin de :

- Définir et tracer les diagrammes des efforts tranchants et des moments fléchissant.
- Calculer les contraintes maximales.
- Utiliser les conditions de résistance pour dimensionner notre poutre.
- Calculer les déformations de la poutre.

Diagramme des efforts tranchants et des moments fléchissant :

Puisque la charge sera partagée par les deux poutres on se contente d'étudier une seule poutre.

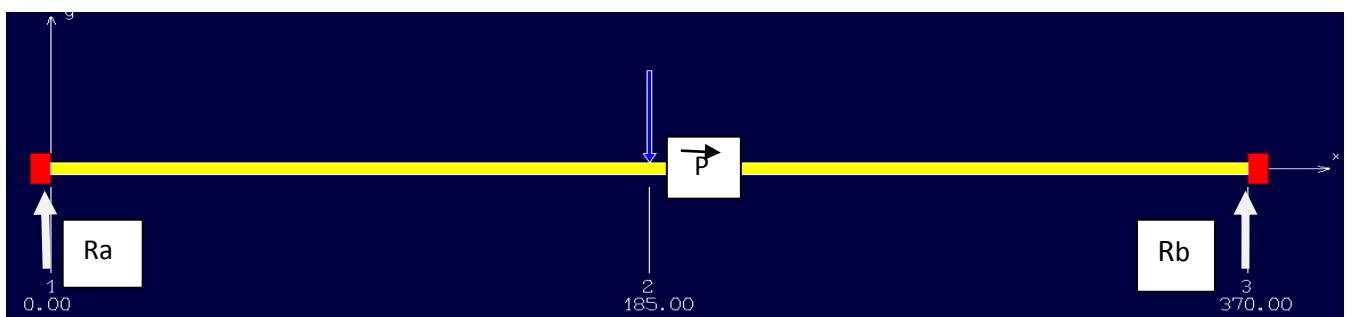


Figure 21 : poutre en flexion

Avec P_0 le poids total appliqué sur les 2 poutres :

→ $P_0 = P_1 + P_2 + P'$ avec P_1 : le poids de la pièce d'isostatisme

P_2 : le poids des deux pièces de guidage

P' : le poids du grand disque

$P_0 = 36 + 24.79 + 54$

$P_0 = 114.72 \text{ N}$



Calcul de Ra et Rb :

$$\begin{aligned} \sum F &= 0 \iff Ra + Rb - P = 0 \\ \sum M &= 0 \iff AC \wedge P + AB \wedge Rb \\ Ra &= P - Rb \quad \text{et} \quad -P \cdot (L/2) + Rb \cdot L = 0 \end{aligned}$$

$Ra = Rb = P/2 = 28.68 \text{ N}$

DCL1 : $V = Ra = P/2$

$M = X \cdot Ra$

DCL2 : $V = Ra - P = -P/2$

$M = Ra \cdot x - P(x - L/2)$

Donc on trouve théoriquement :

X (mm)	0	185	370
V(N)	28.68	0	28.68
M(N.m)	0	2.652	0

Et par modélisation dans le logiciel RDM6 on trouve les graphes ci-dessous :



Figure 22 : diagramme des efforts tranchant

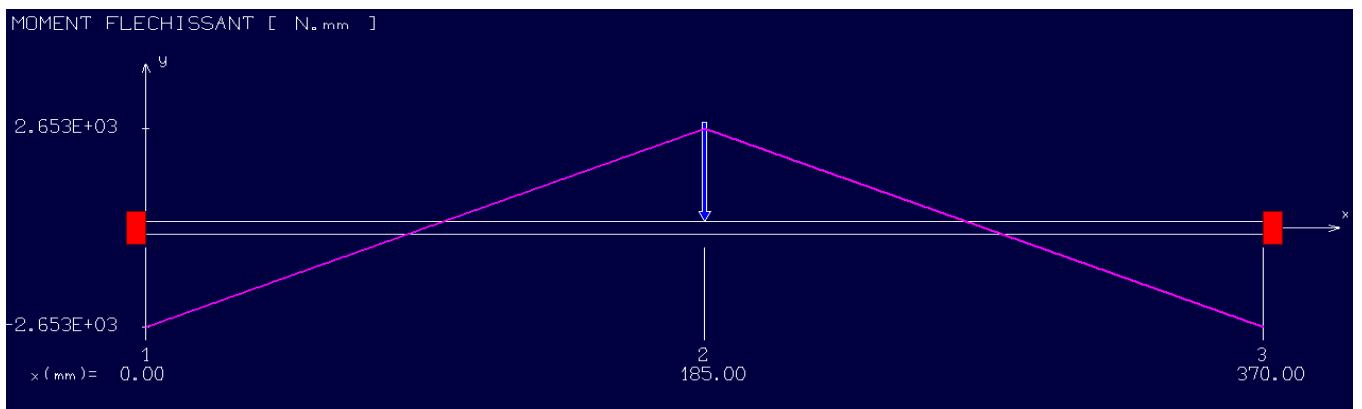


Figure 23 : diagramme des moments fléchissant

Estimation de diamètre de la poutre :

Pour calculer le diamètre de la poutre il faut utiliser le critère de résistance suivant :

$$(M_{max} / I_z) * Y_{max} < R_e / F_s$$

$$M_{max} = 2.652 \text{ (N.m)}$$

$$Y_{max} = D/2$$

$$I_z = (\pi * D^4) / 64$$

Remplaçons dans la relation :

$$(2.652 * D/2) / (\pi * D^4) / 64 \leq R_e \rightarrow (32 * M_{max}) / \pi * D^3 \leq R_e / F_s$$

$$\rightarrow D^3 \geq (F_s * 32 * M_{max}) / \pi * R_e \rightarrow D \geq 5.54 \text{ mm}$$

En choisissant un diamètre au delà de 5.54 mm la poutre sera en sécurité.

Dans l'entreprise, les axes de 20 mm en diamètre sont bien disponibles alors le choix d'une poutre de diamètre 20

Conclusion : utilisation d'une poutre de diamètre 20 et de longueur 370.

Calcule de flèche maximale :

$$M(x) = Ra * (x - 0)^1 - P * (x - 0.185)^1$$

$$EI\phi(X) = P/4 * (X - 0)^2 - P/2 * (X - 0.185)^2 + C1$$

$$EIV(X) = P/12 * (X - 0)^3 - P/6 * (X - 0.185)^3 + C1X + C2$$

$$EIV(X) = 4.78 * (X - 0)^3 - 9.56 * (X - 0.185)^3 + C1X + C2$$

Pour déterminer C1 et C2 nous utilisons les conditions aux limites :

La flèche sur l'extrémité des encastrements est nulle :

$$EIV(0) = 0 = C2(*)$$

$$EIV(0.37) = 0 = 4.78 * (0.37)^3 - 9.56 * (0.185)^3 + C1(0.37) \Rightarrow C1 = -0.49 (**)$$

Donc ;

$$V(X) = 1/EI [4.78 * (X - 0)^3 - 9.56 * (X - 0.185)^3 - 0.49X]$$

En remplaçant les valeurs des constantes C1 et C2 dans l'expression de la flèche on trouve :

$$V_{max} = V(0.185) = -9.1 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Et par simulation dans **RDM6** :

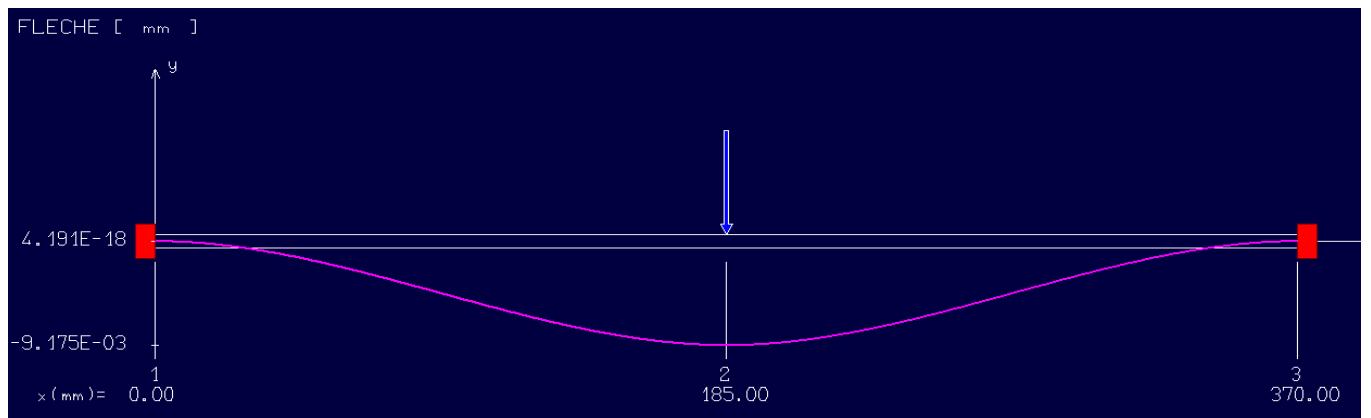


Figure 24 : diagramme de la flèche

On remarque que la flèche maximale est très petite, donc il n'y a pas de danger pour la poutre.

Contrainte maximal en cas de flexion :

$$\sigma_{\max} = - (M_{\max} * Y_{\max}) / I_z$$

Avec $M_{\max}=2.652 \text{ N.m}$

$$Y_{\max} = D/2 = 0.01 \text{ m}$$

$$I_z = 0.79 \text{ cm}^4$$

Donc : $\sigma_{\max} = 3.36 \text{ MPa}$

Le critère de résistance :

$$\sigma_{\max} \leq \sigma_{\text{per}} = R_e / F_s$$

Avec $R_e = 230$ et $F_s = 1.5 \Rightarrow \sigma_{\text{per}} = 230/1.5 = 153.3 \text{ MPa}$

On remarque que $\sigma_{\max} \leq \sigma_{\text{per}}$ donc notre poutre est en sécurité.

Les poutres sont exploitées pour faire le guidage en translation de manière précise, elles vont supporter des charges et elles vont être fabriqué en acier **34CD4** (l'acier imposé par l'entreprise). elles ont un rôle très important dans le système, c'est pour cela, il faut faire un traitement thermique superficiel visant à conférer aux poutres des caractéristiques mécaniques en surface contre l'usure, frottement, la fatigue et la corrosion.

Les types du traitement thermiques superficiel sont nombreux, nous, nous intéressons à la **sulfinisation**.

La sulfinisation ou cémentation par le souffre communique à la surface traitée une haute résistance à l'usure, sans accroissement de la dureté. Elle s'applique à tous les matériaux ferreux.

Principe : Les pièces sont chauffées à 570°C pendant trois heures dans un creuset de cyanure et de sels dérivés du souffre, le refroidissement se fait dans l'eau à 80°C . 3.

Résultats obtenus et applications : On obtient une couche d'environ 0,3 mm, il faut prévoir 0,02 à 0,03 mm de surépaisseur pour la rectification. Une bonne résistance aux frottements résulte de la porosité de la couche traitée (réserve de graissage). Ce traitement est surtout utilisé pour les pièces de frottements servant de contact mobile : les patins, les coussinets, les glissières de machines-outils.

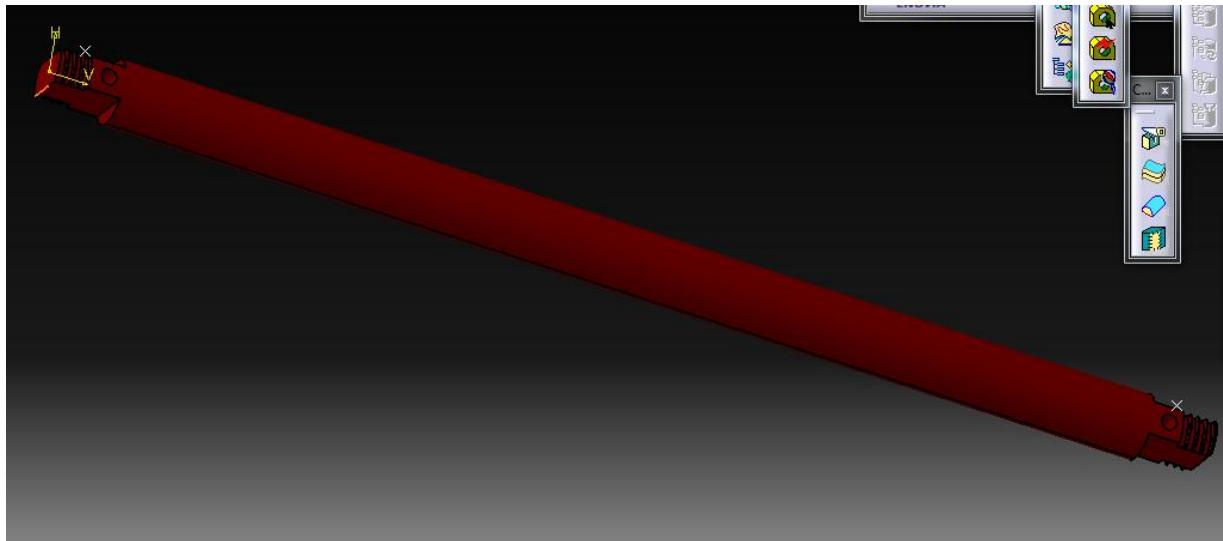
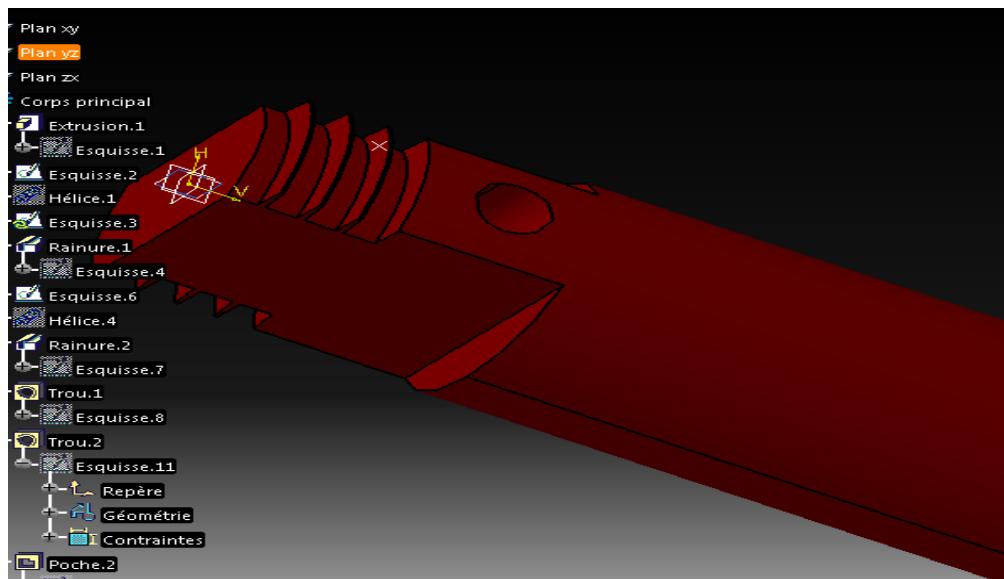


Figure 25 : poutre



La poutre contient un trou de diamètre 6 dans chacune des extrémités pour contenir la vis de réglage d'horizontalité ou bien le réglage de parallélisme. Elle est filetée dans chacune des deux coté pour insérer les écrous de serrage de la poutre avec la plaque après avoir fait le réglage.



Figure 25 : positionnement des poutres

- **Plaque :**

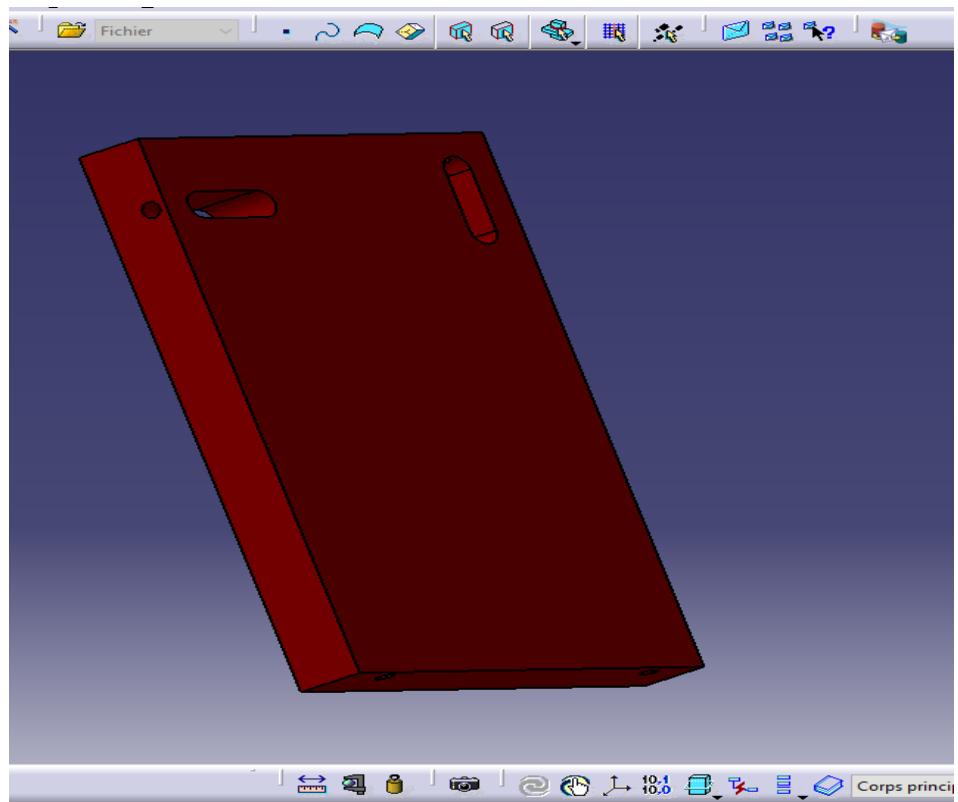


Figure 26 : plaque

La figure présente une plaque verticale qui va supporter les poutres et dans laquelle le réglage d'horizontalité et du parallélisme sera effectué.(les dimensions sont indiquées dans l'annexe 4 page 53)

Élément	Sa fonction
1 : trou Ø6	C'est un trou taraudé horizontal qui va contenir une vis assurant le réglage de parallélisme.
2 : trou Ø6	C'est un trou vertical qui va contenir une vis assurant le réglage d'horizontalité.
3 : lumière 1	C'est une lumière verticale qui va assurer le déplacement de la poutre verticalement pour le réglage d'horizontalité.
4 : lumière 2	C'est une lumière horizontale qui va assurer le déplacement de la poutre horizontalement pour le réglage du parallélisme.
5 : trou Ø6	C'est un trou assurant la fixation de la plaque sur la table.
6 : trou Ø6	C'est un trou assurant la fixation de la plaque sur la table.

Figure 27 : Tableau décrivant la plaque

- **Table :**

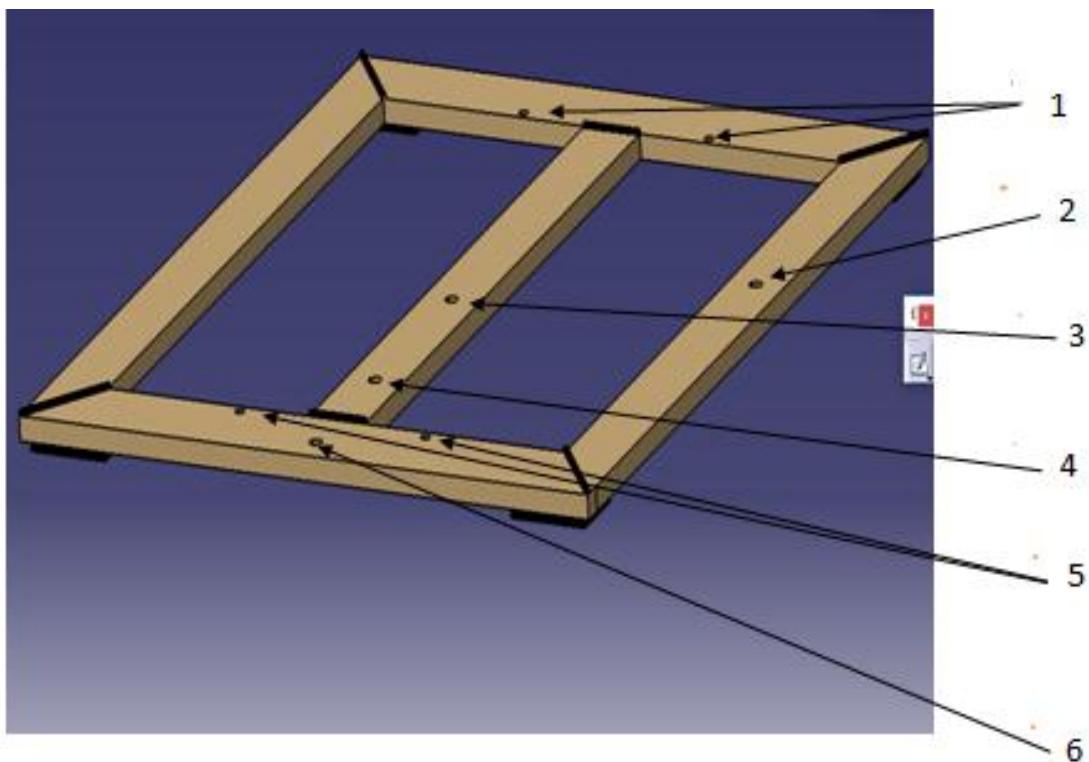


Figure 28: table

La figure représente la table qui va supporter le montage du contrôle. Le choix d'une forme de table toute rectangulaire ne sera pas compatible car, la surface de cette dernière ne va pas être toute exploitable. D'où le choix de la table qui se compose de 5 plaques soudées entre elles. Avec cette forme, le cout de la matière première sera, tout simplement, minimal.

Elément	Sa fonction
1 : deux trous ø6	Trous taraudés assurant la fixation de la première plaque sur la table.
2 : trou ø8	Trou taraudé assurant la fixation du support du comparateur sur la table pour le contrôle du battement des surfaces E, H.
3 : trou ø8	Trou taraudé assurant la fixation du support du comparateur sur la table pour le contrôle de la conicité des surfaces E, H.
4 : trou ø8	Trou taraudé assurant la fixation du support du comparateur sur la table pour le contrôle de la conicité de la surface A.
5 : deux trous ø6	Trous taraudés assurant la fixation de la deuxième plaque sur la table.
6 : trou ø8	Trou taraudé assurant la fixation du support de deux comparateurs sur la table pour le contrôle de la conicité des surfaces E, J, F, D.

Figure 29 : tableau décrivant la table

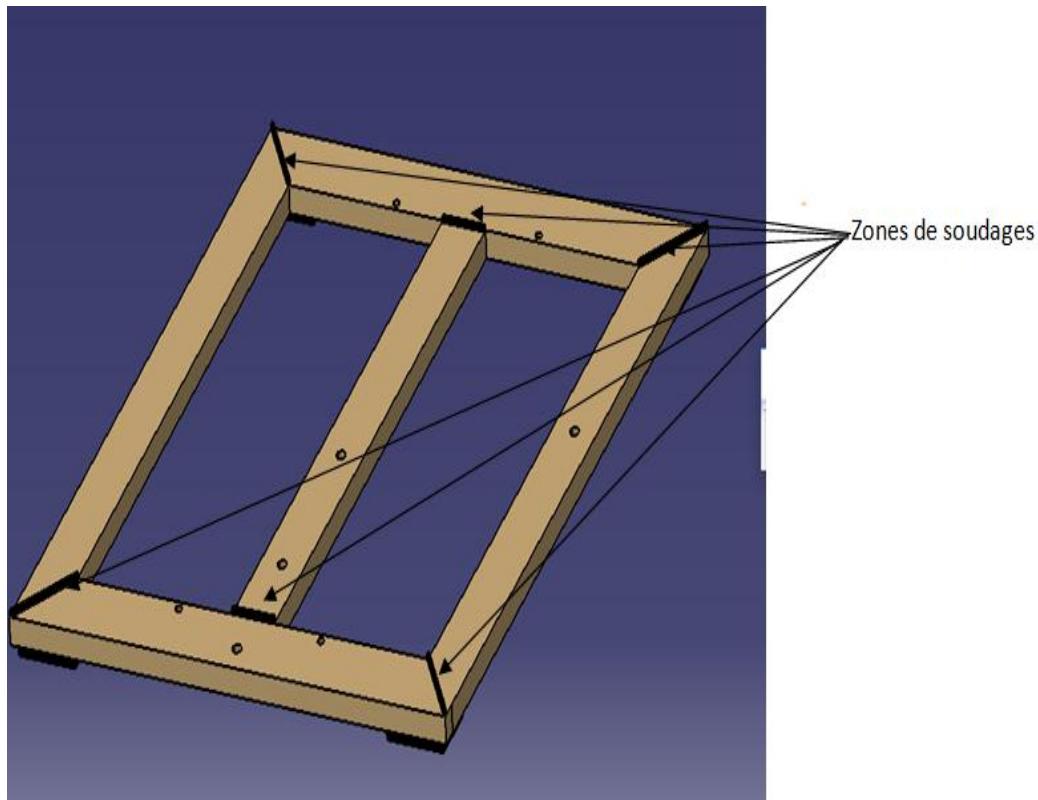


Figure 30 : table soudée

• Problématique :

La table doit avoir des appuis réglables pour assurer sa planéité, leur fixation nécessite des trous. L'emplacement de trous va se confondre avec les zones de la soudure. Alors que les zones de la soudure ne doivent pas être percées vue les contraintes de cisaillement.

• Solution :

Pour résoudre un tel problème, nous proposons des plaques de petites dimensions qui vont être soudées sur les zones de la soudure, et dans lesquelles le perçage de trous sera fait.

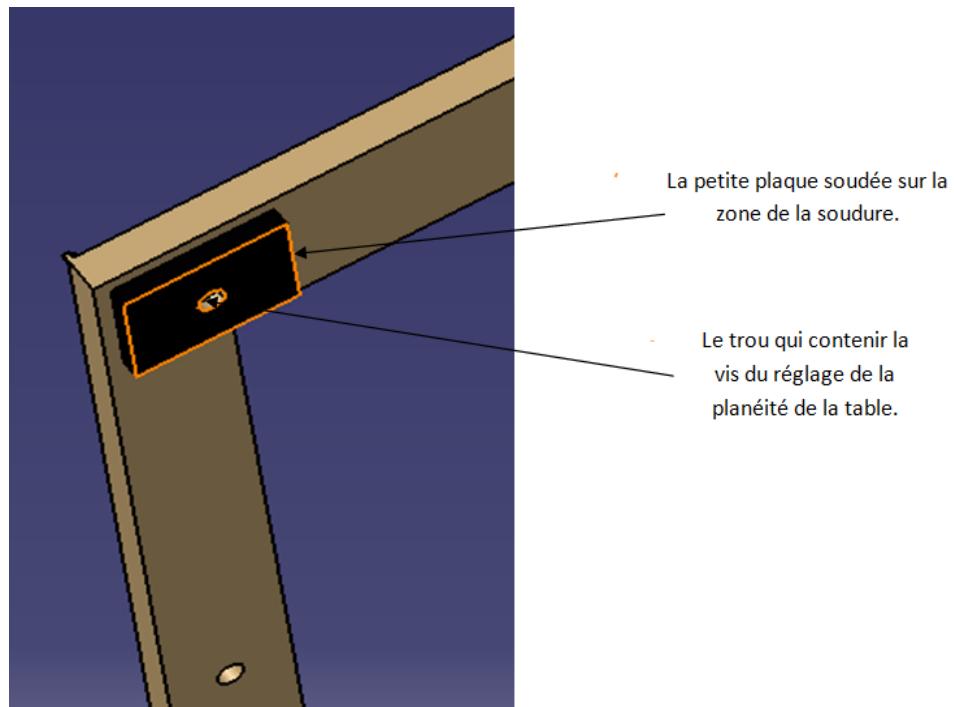


Figure 31 : illustration de la solution

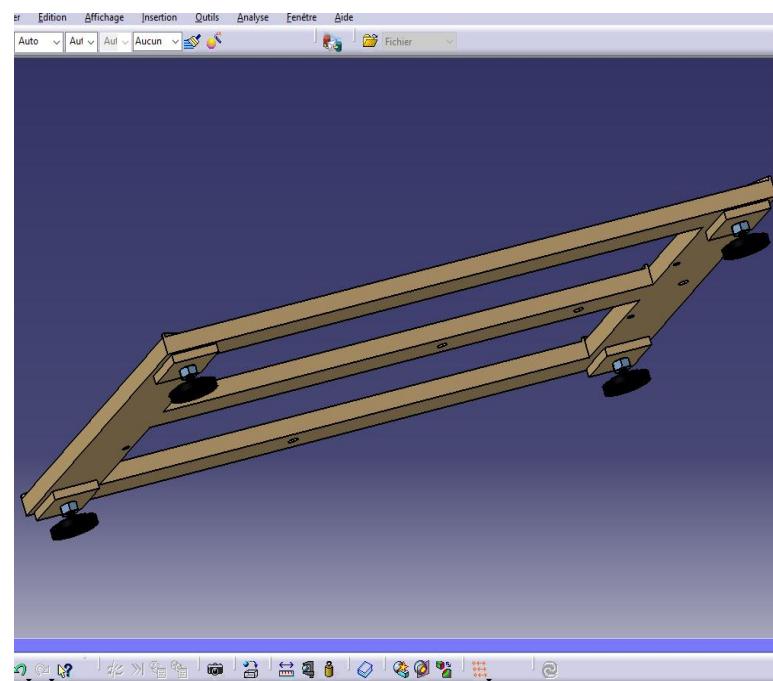


Figure 31 : table réglable

- **Support du comparateur pour le contrôle du battement simple axial :**

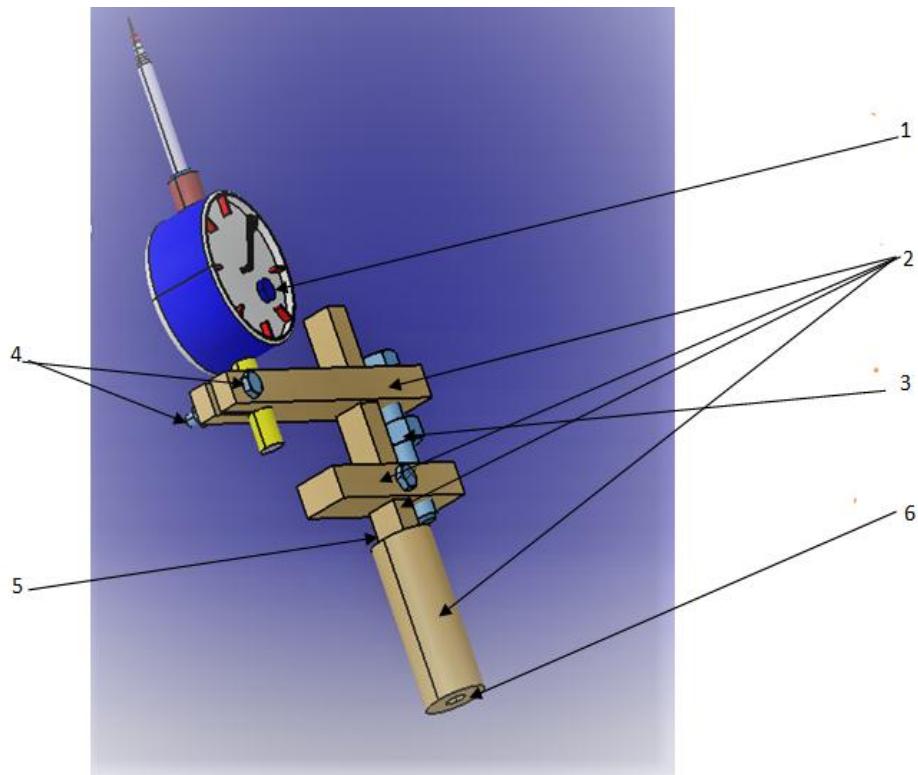


Figure : support de comparateur pour le contrôle du battement.

Elément	Sa fonction
1 : comparateur	Contrôle du battement par le palpage.
2 : composants du support	-----
3 : vis et son écrou	Assurant la translation et la fixation du comparateur sur le support dans une position bien choisie selon la surface à contrôler.
4 : vis et son écrou	Assurant le serrage du comparateur pour bien palper
6 : trou	Pour la fixation du support sur la table
5 : liaison pivot	Assurant la rotation du support au tour de lui-même pour pouvoir contrôler le battement des différents diamètres du disque.

Figure : tableau décrivant les éléments du support.

- **Support du comparateur pour le contrôle de la conicité des surfaces : E et H**

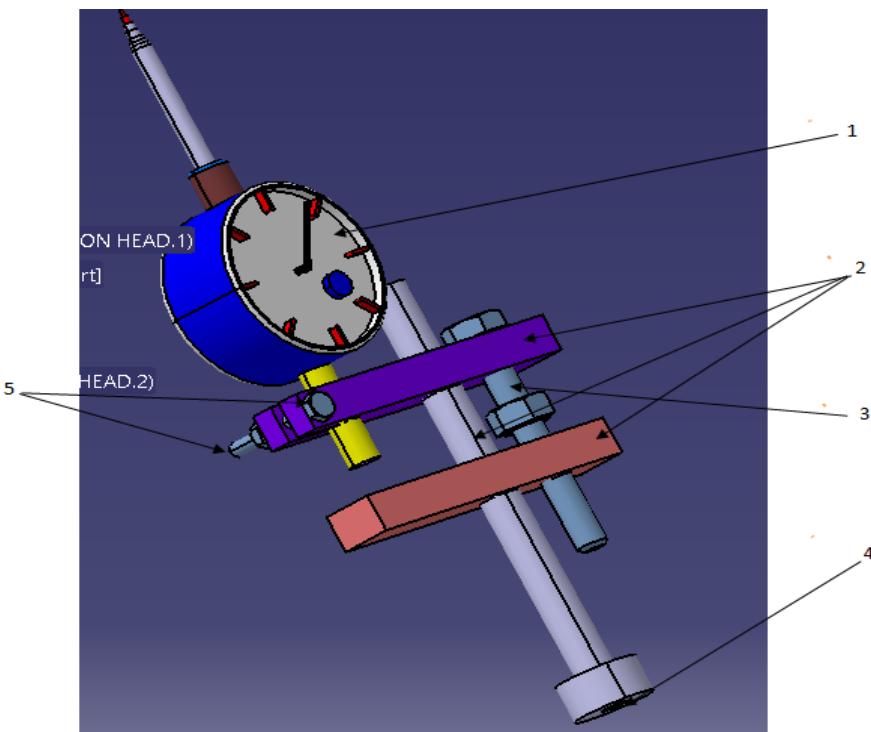


Figure 32 : support du comparateur pour le contrôle de la conicité.

Elément	Sa fonction
1 : comparateur	Contrôle du battement par le palpage.
2 : composants du support	-----
3 : vis et son écrou	Assurant la translation et la fixation du comparateur sur le support dans une position bien choisie selon la surface à contrôler.
4 : vis et son écrou	Assurant le serrage du comparateur pour bien palper
5 : trou	Pour la fixation du support sur la table

Figure : tableau décrivant les éléments du support.

- **Support du comparateur pour le contrôle de la conicité de surface A**

Le même principe que le support précédent.

• **Support du comparateur pour le contrôle de la conicité de surfaces : E, J, D et H**

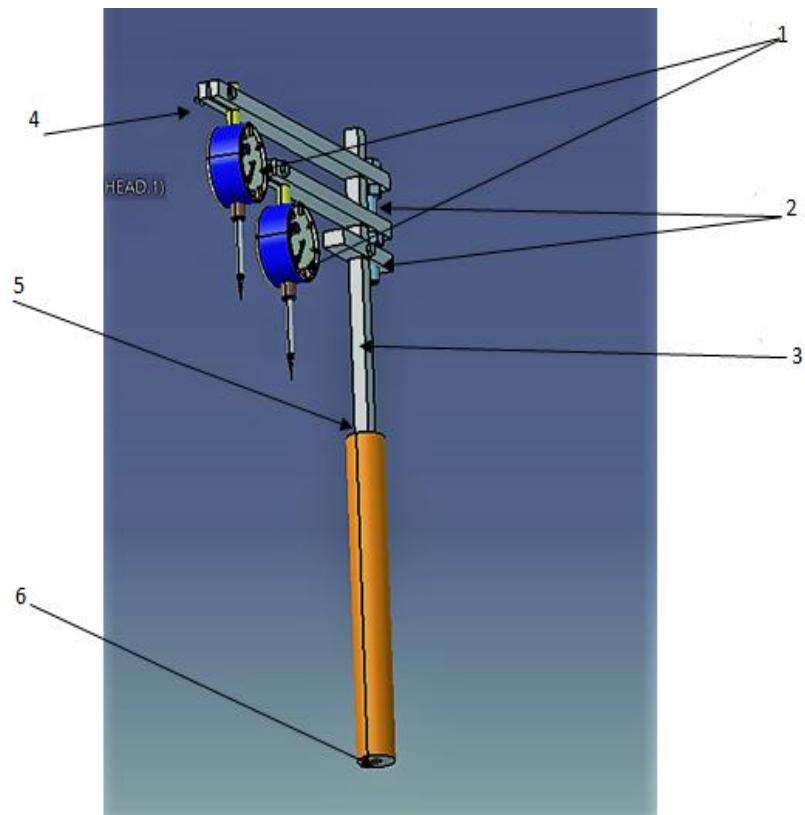


Figure : support du comparateur pour le contrôle de la conicité.

<i>Elément</i>	<i>Sa fonction</i>
1 : comparateurs	Pour le contrôle de la conicité de surfaces <u>E, J, D, H</u> .
2 : vis et deux écrou	Pour assurer le déplacement de comparateurs verticalement, ainsi la fixation dans la position du contrôle à l'aide des écrous.
3 : support	-----
4 : vis et son écrou	Pour le serrage du comparateur, pour bien palper.
5 : liaison pivot	Pour que le support puisse tourner au tour de lui-même. Ce mouvement est nécessaire car l'opérateur va faire tourner le support pour mettre le disque sur le montage, et il va faire revenir le support pour qu'il puisse faire le contrôle.
6 : trou de diamètre 8	Pour la fixation du support sur la table.

Figure : tableau décrivant les éléments du support.

V. Système de réglage de la planéité de la table, l'horizontalité et le parallélisme des poutres :

Notre montage sera fait pour assurer le contrôle de la conicité et du battement axial simple du disque, ce contrôle est assez sensible dont la probabilité d'avoir une fausse valeur devrait, dans notre cas, être 0.

• La planéité de la table :

Pour éviter les erreurs, il faut que la table garde sa planéité quelque soit l'endroit où elle va être, nous proposons des vis d'appuis et ses écrous pour le maintien.

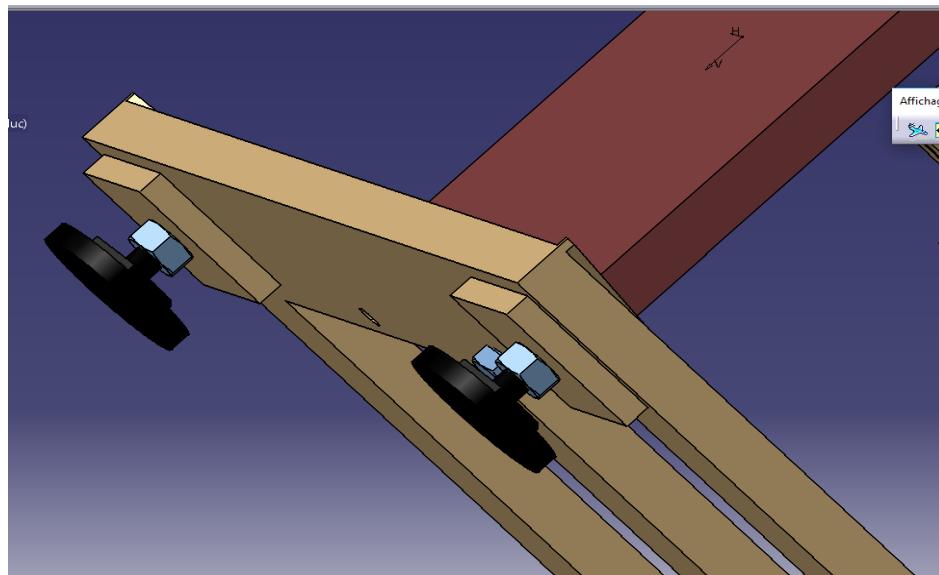


Figure 33 : table avec vis appuis pour le réglage de la planéité

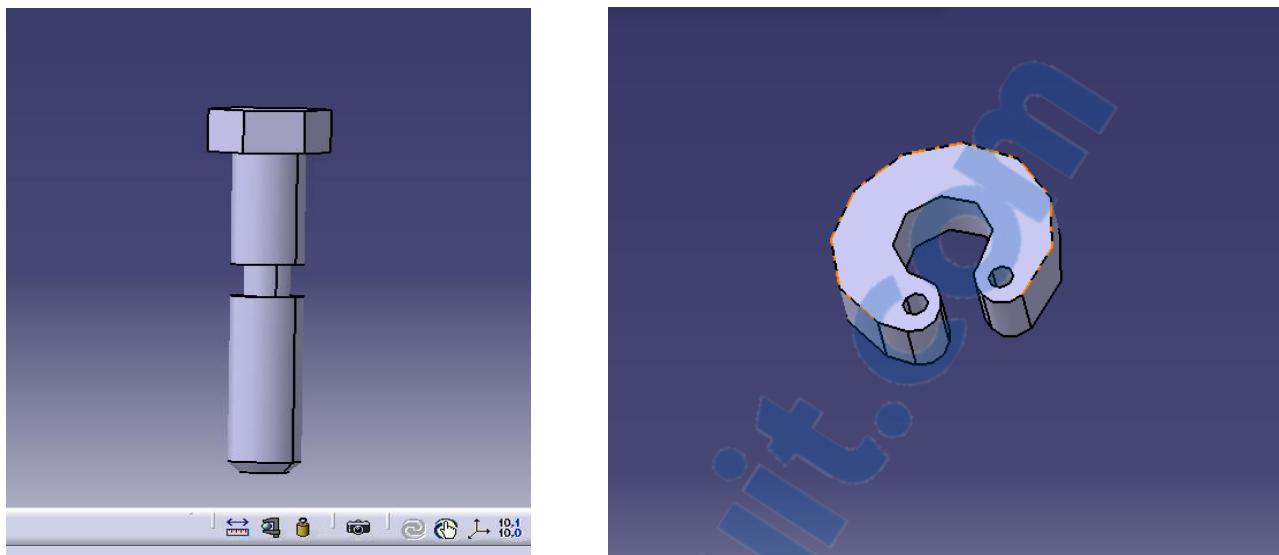
Elément	Sa fonction
1 : table	-----
2 : vis d'appui	Elle assure l'appui de la table sur le sol et la variation de sa position hauteur par rapport au sol (la hauteur).
3 : écrou	Pour maintenir la vis sur la table à la position réglée.

→ Il faut manipuler les 4 vis pour avoir la planéité de la table.

• Le réglage de l'horizontalité et du parallélisme :

Pour avoir une bonne translation du système lors du contrôle de la conicité, il faut que les poutres soient parallèles et dans le même plan. Donc, chaque poutre devrait avoir un système de réglage d'horizontalité et du parallélisme. La réalisation de cette solution est difficile, c'est pour cela les poutres vont partager la tâche ; l'une des poutres va assurer le réglage d'horizontalité et l'autre va assurer le réglage du parallélisme, la poutre qui contient le système de réglage d'horizontalité sera la référence du réglage du parallélisme de l'autre poutre et vis-versa.

Pour ce faire, nous proposons un système qui contient une vis gorgée et une circlips.



Fonctionnement :

Un bon réglage va mener à un bon contrôle .pour faire translater les poutre verticalement et horizontalement on a choisi le système vis écrou ,la vis va lier la plaque et la poutre et nous voulons que la vis déplace la poutre pour se faire nous avons pensé à utiliser une vis gorgé et un circlips ,quand on va faire tourner la vis elle ne va pas translater car elle est bloquée par le circlips inséré dans sa gorge le mouvement de translation va être transféré a la poutre puisqu'elle contient un trou taraudé et la plaque un trou simple.

Chapitre 4 :

Etude financière

I. Objectif :

Pour avoir une idée sur le cout de la réalisation de notre projet, nous allons compléter l'étude de la réalisation par une estimation réelle des frais de la fabrication. Dans l'étude des projets il est nécessaire d'élaborer une partie qui concerne la gestion du projet et son étude économique pour déterminer les couts et par conséquent le degré de sa rentabilité.

Pour déterminer le cout du système nous sommes menés à définir :

- Le cout de l'étude.
- Le cout de la matière première.
- Le cout de l'élément standard.
- Le cout de la réalisation.

II. Estimation :

Composant	Prix
Tôles rectangulaires soudées (table)	2,87 €
Plaques rectangulaires (2)	2,58 €
Pièce d'isostatisme	5,56 €
Pièce de translation (2)	0,8 €
Comparateurs (5)	11,6 €/unité
Supports de comparateurs (4)	3,31 €
Vis d'appui (4)	3,9 €/ unité
Les Vis de fixation	82,6 €
Les écrous	208,62 €
Circlips	3,89 €/ unité
Levier	4,56 €
Total	387,56 €

Le cout estimé de notre prototype est : 387,56 € .

Conclusion

Ce stage a été une expérience professionnelle très enrichissante, nous avons commencé avec une base de connaissance modeste, on l'a développé durant notre stage, notre travail avec les géants du domaine (**notre professeur encadrant et l'ingénieur de l'entreprise**) nous a appris à penser en tant qu'ingénieur, comment réaliser un bon système facile à fabriquer et de coût moyen? nous avons pu découvrir les différents poste de l'entreprise et avoir un aperçu global de son fonctionnement. Il nous a permis de nous familiariser avec les différents services et d'avoir une approche réelle du monde du travail .nous avons pu faire le rapprochement entre ce que nous avons appris en cours et ce qui se passe vraiment dans l'entreprise.

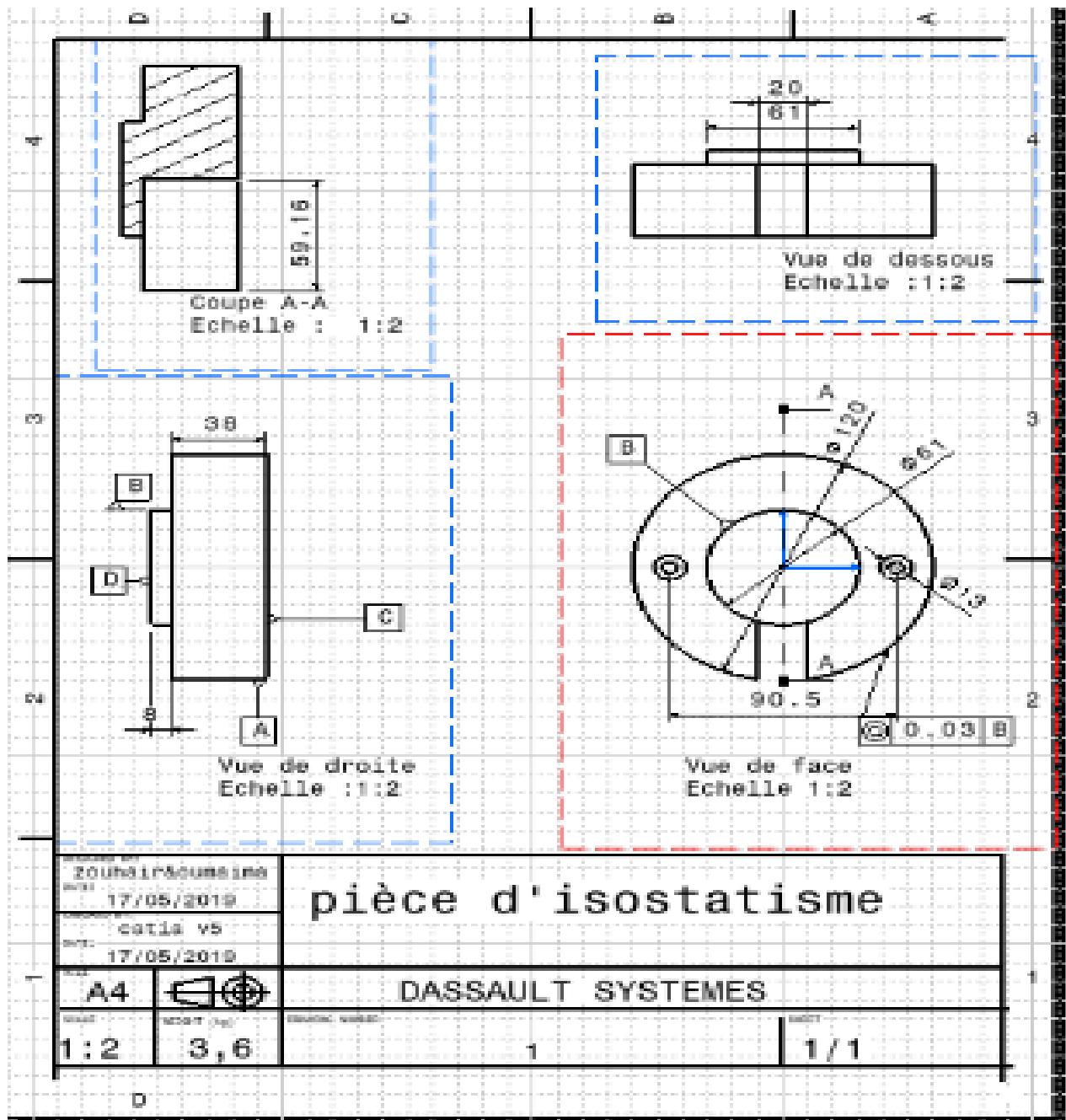
Pendant deux mois, nous avons essayé de trouver des solutions qui peuvent faciliter la tâche du contrôle des formes géométrique d'un disque de frein en s'adaptant le plus possible avec les besoins de l'entreprise.

Pour cette raison, nous avons choisi des dispositifs modernes et nous avons pensé à créer une pièce d'isostatisme qui assure l'immobilité du disque pendant le contrôle , deux pièces de guidage et deux poutres pour le guidage en translation du disque , deux plaques contiennent les deux poutres et le système de réglage , une table réglable , les supports des comparateurs et finalement nous avons réalisé une C .A.O de la solution proposée sous forme CATIA V5.

Notre solution de contrôle est simple à utiliser, moins coûteuse, beaucoup plus précise en économisant le temps et l'espace. Nous espérons qu'il aura lieu au sein de la société.

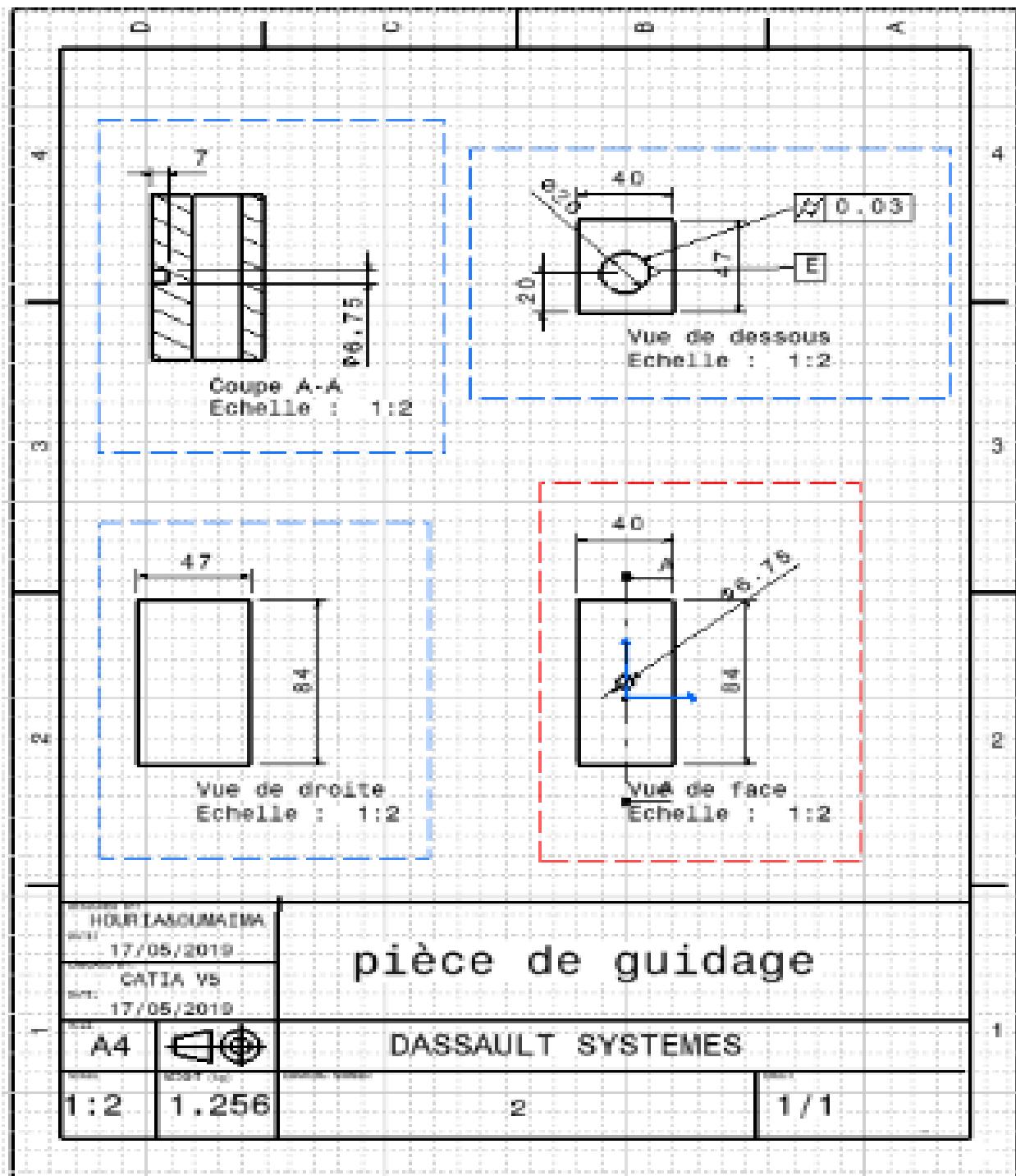
ANNEXES :

Pièce d'isostatisme :



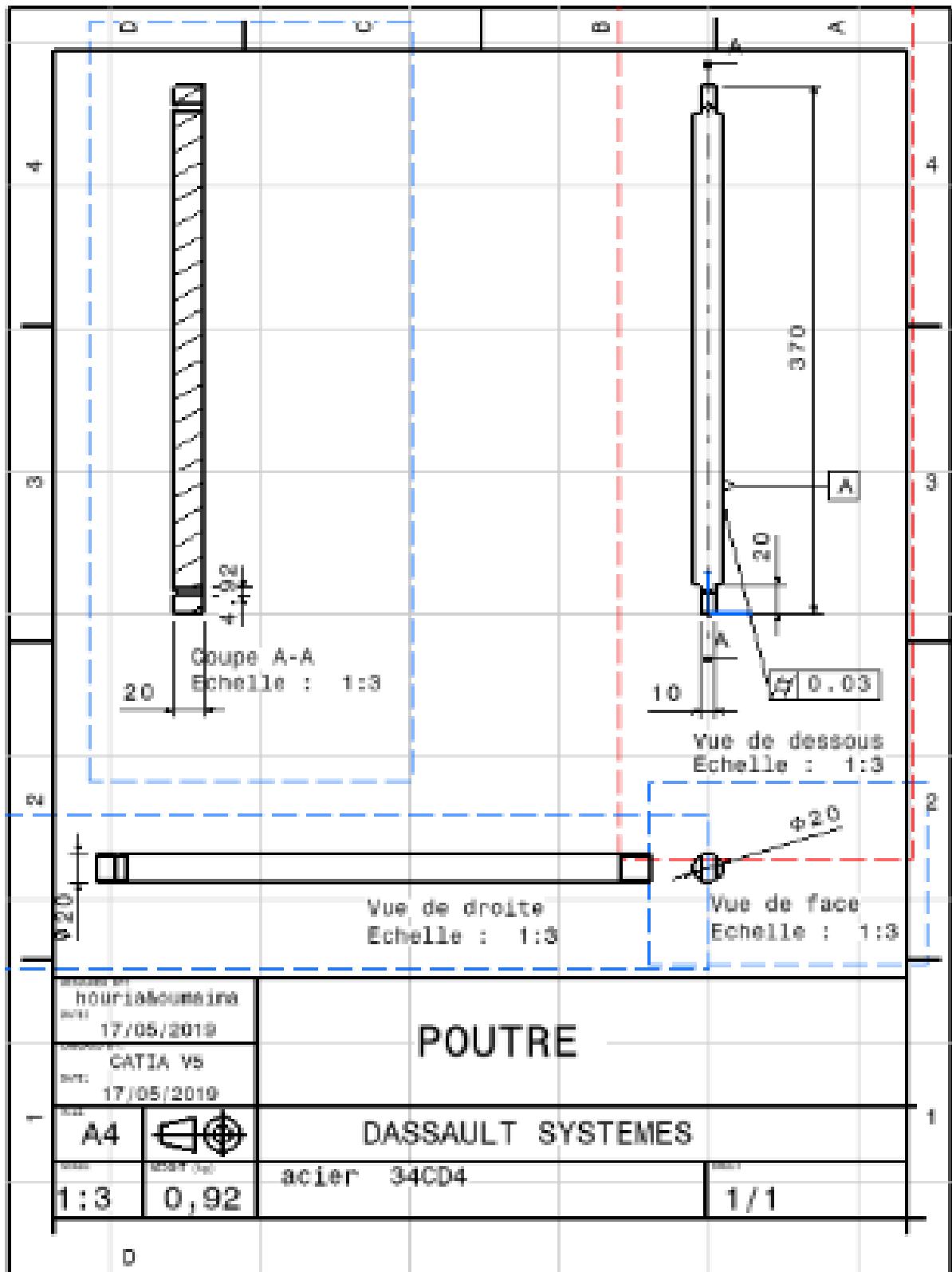
Annexe 1 : pièce d'isostatisme

Pièce de guidage :



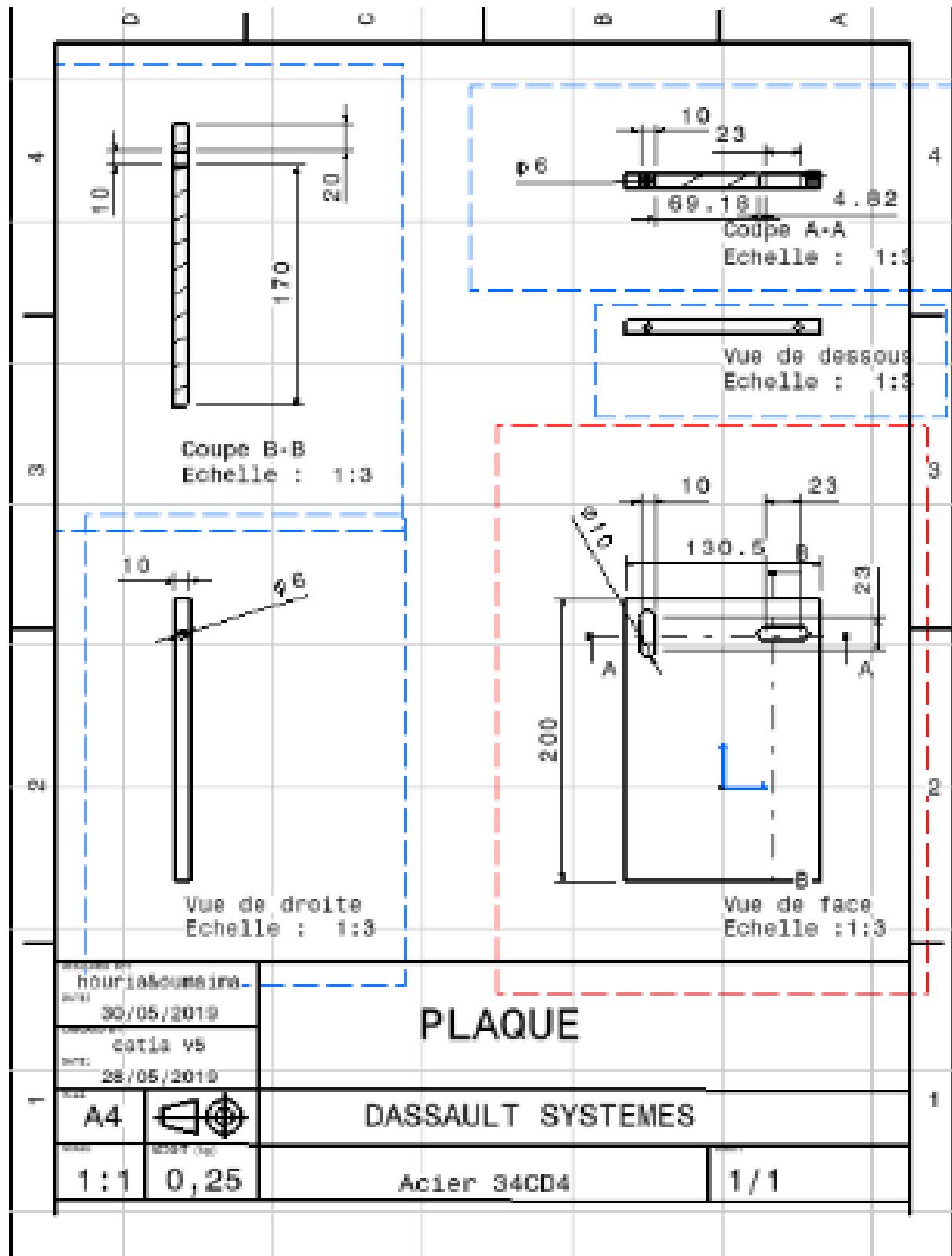
Annexe 2 : pièce de guidage

Poutre :



Annexe 3 : poutre

Plaque :



Fiche technique de 34 CD 4 :

AFNOR	DIN	AISI	NF EN 10027-1
34CD4	34 Cr Mo 4		34CrMo4 (1.7220)

Composition chimique en % :

C	Cr	Mo	S	Mn	P	Si
0,30 - 0,37	0,90 - 1,20	0,15 - 0,30	< 0,035	0,60 - 0,90	< 0,035	0.40 Maxi

Propriétés :

Acier de construction faiblement allié au chrome molybdène pour trempe et revenu.

Bonne trempabilité à l'huile, bonne résistance aux surcharges à l'état traité.

Acier très employé en mécanique, de part ses très bonnes q

Domaines d'application

Acier très employé en mécanique, de part ses très bonnes qualités de mise en œuvre et sa bonne
Ténacité : boulons, arbres, essieux, crémaillères, vilebrequins

Caractéristiques mécaniques moyennes (état trempé revenu)

Rm N/mm²	Re N/mm²	A %	Dureté HRB
800 / 1200	550 / 800	11 / 15	

Soudage :

Soudabilité médiocre, non garantie.

Livraison :

Ronds recuits étirés, tolérance h10

Hexagones recuits étirés

Laminés : ronds, carrés, plats, tôles.