République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique



Université YAHIA FARES de Médéa

Faculté de Technologie

Département de Génie Mécanique

Filière : Génie Mécanique

Option: Conception Mécanique

Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master

Etude et conception d'une fraiseuse verticale pour le surfaçage des blocs en béton

Préparé par :

- **FODIL Abdelmadjid.**

Encadré par :

- **Dr. BENTCHIKOU Mohamed.**
- **Dr. ALLICHE Mounir.**

2016/2017

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

À ma mère;

À mon père Mohammed ;

À mes frères : Aboubaker,

Mostapha, Youcef ;

À mes amis ;

À toute la famille FODIL

FODIL Abdelmadjid

Remerciements

Tout d'abord, je remercie ***ALLAH****, notre Créateur de m'avoir donné les forces pour accomplir ce travail.*

Je tiens à exprimer toute ma gratitude et ma reconnaissance à mes encadreurs Dr. ALLICHE Mounir et Dr. BENTCHIKOU Mohamed d'avoir accepté de me diriger dans ce travail et d'avoir mis à ma disposition tous les moyens qui m'ont permis de mener à terme cette étude et aussi pour leurs précieux conseils et leurs encouragements.

Je tiens aussi à remercier Messieurs les membres du jury pour avoir accepté de juger ce modeste travail.

Mes remerciements vont également à tous mes enseignants de Génie Mécanique pour les efforts considérables déployés durant ma formation.

Enfin, mes remerciements vont tout particulièrement à tous les étudiants de ma promotion.

Résumé

ملخص:
يهدف هذا العمل الى إنجاز دراسة وتصميم آلة تفريز عمودية ذات تحكم رقمي لصقل الكتل الخرسانية. وبغض النظر عن مهمتها الأولية والتي تتمثل في صقل الكتل الخرسانية فبإمكانها إنجاز مهام أخرى تخص عمليات التفريز .

في هذا العمل قدمنا تصميم أولي لمختلف مكونات الآلة في برنامج SOLIDWORKS, كما أخضعنا بعض أجزاء الآلة لدراسة سكونية وحركية.

كلمات مفتاحية: تصميم، الآلة، تفريز، تحكم رقمي، صقل، الخرسانة، دراسة سكونية و حركية.

Abstract:
This work aims to make a study and design of vertical machine with a digital control for polishing the concrete blocks. Irrespectively of its primary task, which is to polish the concrete blocks, it can accomplish other tasks related to the milling.
In this work we presented a preliminary design of the various components of the machine in the SOLIDWORKS program, and also we subjected some parts of the machine to a static and kinematic study.

Keywords : Vertical machine, digital control, polishing, concrete, milling, design, SOLIDWORKS, static, kinematic.

Résumé:
Ce travail vise à réaliser une étude et conception d’une fraiseuse verticale avec un contrôle numérique pour le polissage des blocs de béton. De manière primordiale, cette machine consiste à polir les blocs en béton, et elle peut accomplir d'autres tâches liées au fraisage.

Dans ce travail, nous avons fait une conception préliminaire des différentes composantes de la machine au niveau de logiciel SOLIDWORKS, et nous avons également soumis certaines parties de la machine à une étude statique et cinématique.

Mots clés : Conception, fraiseuse, contrôle numérique, polissage, béton, fraisage, SOLIDWORKS, statique, cinématique.

Sommaire

Introduction Générale……..…… .1

Chapitre I : Généralités

I.1. Introduction……..…….…….…….…… .3

I.2. Définition d'une fraiseuse……...…… .3

I.2.2. Fraisage.....…... .3

I.2.3. La fraise……..…….4

I.3. Typologie et classification……..……...4

I.3.1. Fraiseuse horizontale…….……4

I.3.2. Fraiseuse verticale…….…….5

I.3.3. Fraiseuse universelle…….…….5

I.3.4. Fraiseuse 3 axes…….....……6

I.3.5. Fraiseuse 4 axes…….....……..6

I.3.6. Fraiseuse 5 axes…….…...….6

I.4. Les principaux opérations de fraisage……..…....…...7

I.5. Les machines de rectification des surfaces…….....….....8

I.5.1. Polissoir calibreur pour carreaux et bandes…….....…...9

I.5.2. Ponceuse béton diamètre 125mm…….…….……...10

I.6. Caractéristiques du béton…….…….……...10

I.7. Polissage de béton……..……..…….…...11

I.7.1. Pourquoi recourir au polissage du béton?.....12

I.8. Conclusion…….…….…….....…...12

Chapitre II : Conception de la machine…….....……..……...…...…13

II.1. Introduction……...……14

II.2. Description de la machine……..……..14

II.3. **structure physique de la machine…….……...15**

II.4. **Fonctionnement de la machine……...…….16**

II.4.1. Les axes de déplacement……...16

II.4.2. Déplacement longitudinal…….17

II.4.3. Déplacement transversal……...18

II.4.4. Déplacement vertical…….…….....19

II.4.5. Guidage en translation et en rotation……...……....20

II.5. **Mise en plan……..……21**

II.6. **Tableau des pièces formant l'assemblage……...22**

II.6.1. le reste des pièces…….....23

III. **Chapitre III : Etude cinématique……24**

III.1. **Introduction……...…..…...25**

III.2. **Rappel sur les liaisons mécaniques……..……25**

III.3. **Schéma cinématique…….…….27**

III.3.1. Translation suivant (X)……..……....27

III.3.2. Translation suivant (Y)…….28

III.3.3. Translation suivant (Z)…….…..……...28

III.4. **Etude du mouvement…….……...29**

III.4.4. La vitesse……...……..29

III.4.5. L'accélération…….....30

III.5. **Choix du moteur…….....31**

III.5.1. Mouvement suivant X……31

III.5.2. Mouvement suivant Y…….…….……..32

III.5.3. Mouvement suivant Z……..……...32

IV. Chapitre IV : étude statique et RDM……..…..……..…..35

IV.1. Introduction……...…….…...36

IV.2. Calcule statique…….……36

IV.2.1. 1er cas ……..…….……...36

IV.2.2. 2éme cas…….…….……39

IV.2.3. 3ème cas ……42

IV.3. Calcule de Résistance des Matériaux (RDM)…….....44

IV.3.1. 1er cas : étude de flexion sur l'axe 10…….…….. ..…….44

IV.3.2. Etude de torsion sur le même arbre ……..……..49

IV.3.3. 2ème cas …….…...51

IV.4. Conclusion…….…51

Conclusion général…….……..…...52

Annexe…….……..…...54

Bibliographie……62

Nétographie……..63

Liste des figures

Figure 1.1 : fraise à plaquettes

Figure 1.2 : fraises boule

Figure 1.3 : fraiseuse horizontale

Figure 1.4 : fraiseuse verticale

Figure 1.5 : fraiseuse universelle

Figure 1.6 : fraiseuse 3 axes

Figure 1.7 : fraiseuse 5 axes

Figure 1.8 : les diverses opérations

Figure 1.9 : Machine F-Decor 305

Figure 1.10 : Polissoir calibreur pour carreaux et bandes jusqu'à la largeur de travail 1.000 mm

Figure 1.11 : Ponceuse de béton

Figure 1.12 : Les phases de polissage du béton

Figure 2.1 : vue isométrique

Figure 2.2 : Modèle de la structure de la machine

Figure 2.3 : Les différents axes de déplacement

Figure 2.4 : déplacement longitudinal du portique

Figure 2.5 : déplacement transversal port broche

Figure 2.6 : déplacement vertical

Figure 2.7 : coussinet de guidage en bronze 30 mm

Figure 2.8 : coussinet de guidage en bronze 40 mm

Figure 2.9 : Roulement BC

Figure 2.10 : vue perspective représente les principaux organes sur format A3 échelle 1:2

Figure 2.11 : vue perspective représente le reste des organes sur format A3 échelle 1:5

Figure 3.1 : schéma cinématique suivant x

Figure 3.2 : schéma cinématique suivant Y

Figure 3.3 : schéma cinématique suivant Z.

Figure 4.1 : position de 1er cas

Figure 4.2 : Modélisation des forces au niveau des paliers

Figure 4.3 : Vue en coupe de la liaison chariot / guide jeu grossi

Figure 4.4 : position de cas étudié

Figure 4.5 : Modélisation des forces au niveau de porte-outil (X-Z)

Figure 4.6 : position de cas étudié au niveau porte-outil (Y-Z)

Figure 4.7 : Modélisation des forces au niveau de porte-outil (Y-Z)

Figure 4.8 : position de cas étudié au niveau de châssis

Figure 4.9 : Modélisation des forces au niveau de châssis

Figure 4.10 : Position de cas étudié

Figure 4.11 : Abaque représente la relation entre r/t, d/D et Kt

Figure 4.12 : Modélisation des forces de l'axe 10

Figure 4.13 : Diagramme de l'effort tranchant T

Figure 4.14 : Diagramme de M_f

Figure 4.15 : Abaque représente Coefficient de concentration de contrainte K_t

Liste des tableaux

Tableau 1.1 : Désignation outil.

Tableau 2.1 : les différentes pièces

Tableau 2.2 : le reste des pièces

Tableau 3.1 : la vitesse en fonction de fréquence de rotation

Tableau 3.2 : l'accélération en fonction de temps

Tableau 3.3 : valeur de « a » correspondant au couple matériaux

Introduction Générale

Dans le domaine industriel, la facilité et la rapidité des opérations d'usinage et les essais sur les différentes pièces et éprouvettes, est devenue une nécessité urgente afin d'atteindre une performance professionnelle et répondre aux exigences des clients au plus tôt en utilisant toutes les connaissances scientifiques et technologiques possibles.

Les matériaux de construction dont le béton nécessite dans certains cas d'usage une opération d'usinage tel que le surfaçage.

Lors de ce travail nous exposons notre contribution de conception d'une fraiseuse verticale pour le surfaçage de blocs en béton.

Le travail réalisé et présenté dans ce mémoire s'articule de la façon suivante :

- ✓ Le premier chapitre contient une recherche bibliographique sur les différents types de fraiseuses ainsi que l'usinabilité de béton.
- ✓ Le chapitre II s'intéresse à la conception de la machine ainsi que la modélisation géométrique.
- ✓ Le chapitre III est réservé à l'étude cinématique.
- ✓ Dans le chapitre IV : on fait une étude statique et un calcul de Résistance des Matériaux (RDM) sur les principaux composants de la machine.
- ✓ Ce travail se termine par une conclusion générale.

Chapitre I : Généralités

I.1. Introduction

Dans ce chapitre on s'intéresse à définir quelques types de fraiseuses et machines du traitement des surfaces connus dans l'industrie, et après on va parler particulièrement sur l'usinabilité de béton et différentes opérations et essais sur le béton.

I.2. Définition d'une fraiseuse

A la base une fraiseuse est une machine-outil utilisée pour usiner tous types de pièces mécaniques, à l'unité ou en série, par enlèvement de matière à partir de blocs ou parfois d'ébauches estampées ou moulées, à l'aide d'un outil coupant nommé fraise. En dehors de cet outil qui lui a donné son nom, une fraiseuse peut également être équipée de foret, de taraud ou d'alésoir.

I.2.2. Fraisage

Le fraisage est une technique d'usinage qui consiste à enlever la matière sur une pièce initiale à l'aide d'un outil coupant appelé fraise, pour obtenir une pièce finale. La fraise est munie de dents et sa forme est variable ; elle peut être cylindrique, torique, conique, hémisphérique ou quelquefois de forme encore plus complexe. (Voir figure 1 et 2).



Figure 1.1 : fraise à plaquettes[a]



Figure 1.2 : fraises boule[b]

L'opération de fraisage utilisant une fraiseuse adaptée peut s'étendre même au domaine des matériaux du génie civil en réalisant des surfaçages des blocs ou des dalles.

I.2.3. La fraise

La fraise à dents est mise en rotation et coupe la matière grâce à sa rotation et au mouvement relatif de la fraise par rapport à la pièce. La fraise et la pièce sont montées sur des glissières et peuvent se déplacer relativement suivant des coordonnées X Y ou Z (on parle alors de fraiseuse trois axes). Par convention, l'axe Z est l'axe de rotation de la broche, les axes X et Y sont contenus dans un plan perpendiculaire à Z. Les axes de rotation A B et C ont respectivement référence aux axes X, Y ou Z. Il existe des fraiseuses à quatre axes ou cinq axes. Les caractéristiques physiques de la fraise, sa vitesse de rotation, son avance, dépendent de la matière à usiner, de la profondeur de travail et de la coupe. On utilise principalement le carbure de tungstène recouvert de revêtements résistant à l'abrasion du copeau.

I.3. Typologie et classification

Ici on regroupe toutes les classifications anciennes et moderne de la fraiseuse, il existe les fraiseuses manuelles où les mouvements sont commandés par le "opérateur", les fraiseuses par apprentissage qui peuvent répéter les mouvements donnés une fois par l'opérateur (enregistrement des mouvements) et les fraiseuses à commande numérique où sont enregistrés des ordres de mouvement d'outil pour usiner une pièce complexe (pilotée par un programme informatique en langage ISO). Elles sont équipées d'un organe de contrôle informatique (automate programmable ou base PC) lui-même relié à un réseau. La CAO associée à la fabrication se nomme FAO ou CFAO.

I.3.1. Fraiseuse horizontale

L’axe de la broche est parallèle à la table. Cette solution permet aux copeaux de tomber et donc de ne pas rester sur la pièce. De cette façon, on n'usine pas les copeaux, et la qualité de la pièce est meilleure. Mais ce type de montage était surtout destiné à installer des fraises 3 tailles ou fraises disques dans le but de réaliser des rainurages de profilés plats.



Figure 1.3 : fraiseuse horizontale[c]

I.3.2. Fraiseuse verticale

Ici l'axe de la broche est perpendiculaire à la table.



Figure 1.4 : fraiseuse verticale[d]

I.3.3. Fraiseuse universelle

L'axe de la broche est réglable :

- tête bi-rotative, avec 2 coulisses circulaires (perpendiculaires l'une par rapport à l'autre) ;
- tête oblique, avec 2 coulisses circulaires (inclinée à 45°) ;
- tête articulée.



Figure 1.5 : fraiseuse universelle[e]

I.3.4. Fraiseuse 3 axes

- ✓ Broche Verticale. L'axe Z est vertical.
- ✓ Broche Horizontale. L'axe Z est horizontal.

Dans les deux cas, la fraise est perpendiculaire à la table, c'est la table qui se trouve positionnée de façon différente.

Dans les cas de la broche horizontale, il y a une meilleure évacuation des copeaux et du liquide de lubrification qui, sinon, peut s'accumuler dans les parties creuses (communément appelées baignoires).



Figure 1.6 : fraiseuse 3 axes[f]

I.3.5. Fraiseuse 4 axes

La seule différence avec la fraiseuse 3 axes est que celle-ci est dotée d'un plateau tournant. Ce type de fraiseuse est très souvent utilisé pour la production industrielle mécanique (industrie de l'automobile, aviation).

I.3.6. Fraiseuse 5 axes

Elle est composée de trois axes linéaires (X, Y et Z) et deux axes rotatifs (A, B et C) qui peuvent varier suivant le modèle choisi

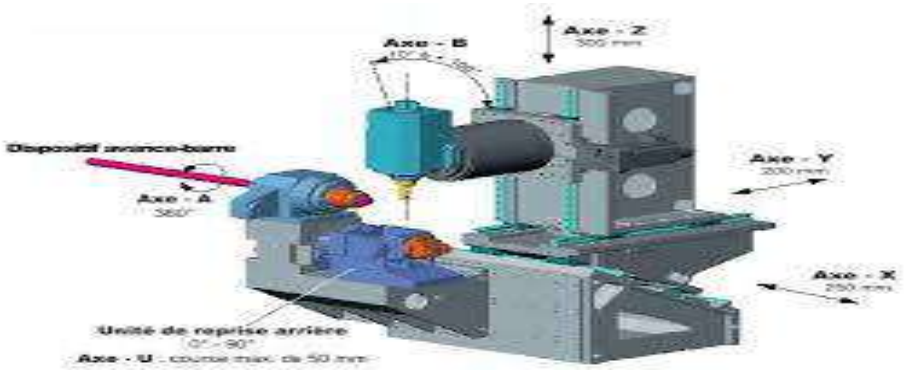


Figure 1.7 : fraiseuse 5 axes[g]

- ✓ 2 axes sur tête (c'est la tête qui comporte les axes B et C). Les axes X, Y et Z étant sur la table ou sur la tête, ce détail de configuration n'étant pas déterminant. Configuration très répandues, elle permet d'usiner à peu près tous les types de pièces, mais peut souffrir de problèmes de puissance ou de rigidité.
- ✓ 2 axes sur table.
- ✓ 1 axe sur tête.

I.4. Les principales opérations de fraisage [1]

En fraisage les outils comportent plusieurs arêtes tranchantes. Par rapport au tournage le déplacement selon les axes principaux de la machine (trois directions de travail) n'est plus réalisé par l'outil mais par la pièce qui est fixée dans un porte-pièce appelé étau. Le mouvement de coupe Mc est réalisé par l'outil. Sur la figure suivante sont reproduites les diverses opérations d'usinage pouvant être mises en place sur les machines outils de type fraiseuses.

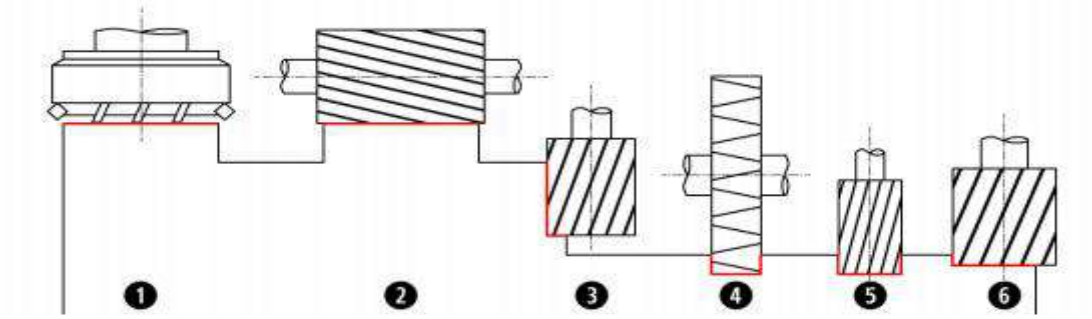


Figure 1.8 : les diverses opérations

No. outil	Désignation outil
1	Surfaçage de face
2	Surfaçage de profil
3	Surfaçage - dressage prédominant profil
4	Rainurage 3 tailles
5	Rainurage 2 tailles
6	Surfaçage - dressage prédominant face

Tableau 1.1 : Désignation outil

I.5. Les machines de rectification des surfaces

Ici nous allons représenter quelques exemples sur les machines du surfaçage :

I.5.1. Machine de surfaçage automatique



Figure 1.9 : Machine F-Decor 305[2]

La nouvelle machine de décor de la Föhrenbach AG impose des standards lors du traitement mécanique des pièces à usiner dans l'industrie horlogère.

La machine compacte offre un maximum de possibilités, car l'équipement peut être adapté exactement aux besoins du client: Trois, quatre ou cinq axes CNC, programmables en position dynamique grâce à la commande d'interpolation, avec une ou deux broches orientables de façon additionnelle sur deux plans supplémentaires, un réglage continu de la force de d'appui – la machine peut être configurée aisément pour tous les besoins.

I.5.2. Polissoir calibreur pour carreaux et bandes [3]



Figure 1.10 : Polissoir calibreur pour carreaux et bandes jusqu'à la largeur de travail 1.000 mm

La machine **LM 600/800/1000 RX** de la série LM se décline en plusieurs versions offrant différentes largeur de travail de 600 à 1.000 mm ainsi que des configurations variées conjuguant jusqu'à 4 groupes de calibrage avec 16 mandrins de polissage.

I.5.3. Ponceuse béton diamètre 125mm



Figure 1.11 : Ponceuse de béton[h]

Ponceuse béton pour mur, plafond et sol avec plateau diamant diamètre 125mm.

Catégorie : Ponçage / surfaçage

Caractéristiques :
Puissance en Watt 1010
Rotation en t/min 8000
Longueur en mm 1330 à 1730 mm
Poids en Kg 5,5

I.6. Caractéristiques du béton

Le béton est un matériau composite aggloméré, constitué de granulats durs de diverses dimensions collées entre eux par un liant. Les composants sont très différents: leurs masses volumiques vont, dans les bétons courants de 1 pour l'eau eau à plus de 3 pour le ciment (en t/m3). Si le type de liant utilisé n'est pas un ciment, on parle alors, soit de liant composé binaire, ternaire ou quaternaire.[4]

Le béton, comme tout autre matériel, est soumis à la correction afin d'améliorer l'apparence, en ce qui concerne les surfaces et de se débarrasser de la texture rugueuse, ce qui contribue à faciliter l'utilisation de pièces dans différentes combinaisons, ou réaliser des expériences sur eux comme l'essai de résistance en compression selon la norme NF EN 12390-3 ou de traction par flexion et qui nécessitent une rectification préalable de des surfaces des éprouvettes.

I.6.1. Caractéristiques physiques :

Le béton possède deux comportements: l'état frais et l'état durci. Parmi tous les constituants du béton, l'eau reste l'ingrédient qui peut nuire au béton c'est à grâce à l'eau que le béton peut être manipulé. Réduire son dosage permet:

- D'augmenter la résistance en compression et en flexion
- Réduire la perméabilité
- Réduire la contraction volumique (retrait de séchage)
- Moins de risques d'attaques d'agents agressifs extérieurs.

Les caractéristiques physiques du béton peuvent être dans l'ordre :

- La masse volumique varie autour de 2 200 kg/m3 et 2 500 kg/m3 respectivement pour béton non armé et béton armé.
- Module d'élasticité : le module d'élasticité (E_c) est défini par le rapport de la contrainte normale (σ_c) et la déformation générée ε_c) dans le domaine linéaire élastique ($E_c = \sigma_c / \varepsilon_c$). Il varie de 14 000 à 41 000 Mpa.

I.7. Polissage de béton

Le polissage est une technique du parachèvement ou finition des pièces en tout matériau (métalliques, plastiques, bois, béton...) visant à obtenir un bel aspect, un fini ou un état de surface de haute qualité. Cette qualité de surface est caractérisée par la rugosité, la brillance, l'éclat...

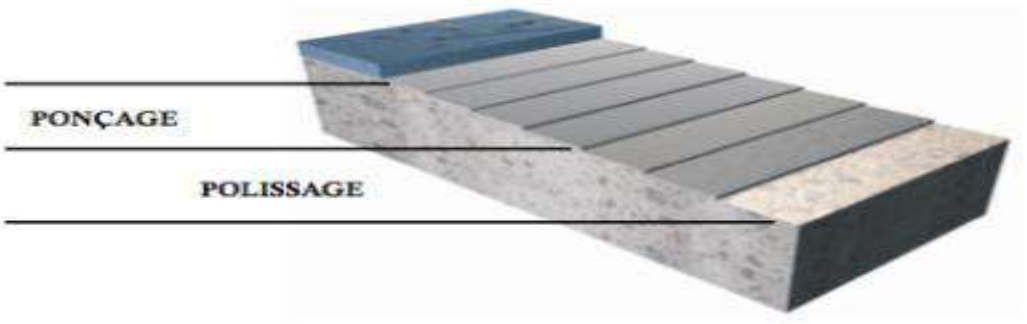


Figure 1.12 : Les phases de polissage du béton[i].

Le polissage du béton peut se faire sur une surface de béton neuve ou sur une surface déjà existante. Toutes les surfaces en béton sont poreuses, le polissage transforme alors celles-ci en béton compact qui rend la surface du sol incroyablement brillante

(comparable au granit). La technique de polissage en question consiste à fermer les pores du béton, ce qui a pour effet d'empêcher la production de poussière.

La surface devient alors plus dure, plus résistante aux abrasifs, imperméable et également plus facile à nettoyer.

I.7.1. Pourquoi recourir au polissage du béton?

- ✓ Procure une surface plus dure et plus lustrée donnant un aspect look humide.
- ✓ Augmente la résistance à l'abrasion et l'impact.
- ✓ Réduit presque à 100% la poussière produite par la dalle de béton.
- ✓ Facile à laver étant donné que la saleté ne pénètre pas le substrat.
- ✓ Résistante aux marques de pneu et aux impacts.
- ✓ Résistante aux produits chimiques.
- ✓ Surface antidérapante.
- ✓ Enlève les petits bosses dans le plancher ainsi que les imperfections, facilitant alors le roulement des chariots.
- ✓ Procure un environnement mieux éclairé- le polissage augmentant la réfraction de la lumière de 30%.

I.8. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons passé en revu une famille de machine-outil qui est la fraiseuse avec ses types destinée à l'usinage des métaux et qu'on peut l'adapter pour la mise à niveau ou le ponçage de blocs en béton.

Dans le chapitre suivant, il est question de concevoir une fraiseuse verticale de type CNC pour le surfaçage des blocs en béton.

Chapitre II : Conception de la machine

II. Chapitre II : Conception de la machine

II.1. Introduction

Dans cette partie on va définir la structure de la fraiseuse en faisant une conception par SOLIDWORKS. Les dessins de définition et de l'ensemble de la machine seront présentés.

II.2. Description de la machine

Cette machine est fabriquée pour faire le surfaçage ou le polissage des blocs en béton et les préparer pour différents contrôles des surfaces et tests dans les laboratoires ou à être utilisé directement en tant que pièce élément de construction.

Notre machine ne se limite pas à réaliser ce que nous avons mentionné précédemment, elle est aussi capable de faire divers opérations liés au fraisage et au perçage.

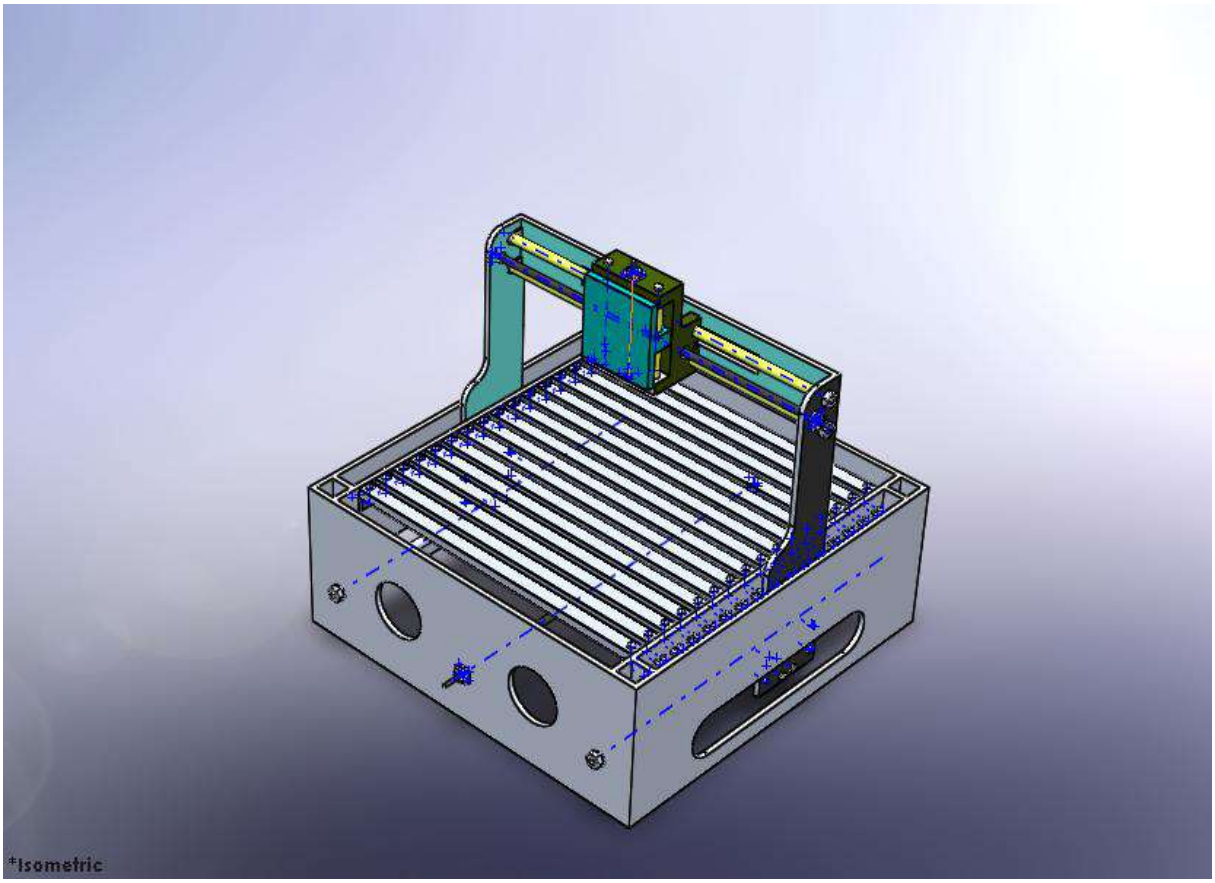


Figure 2.1 : vue isométrique

II.3. structure physique de la machine :

On représente ici la structure de la machine, en cours d'usinage, par un système bouclé, chaque élément contribue à la réalisation du contrat fonctionnel. Le réglage de la machine consiste à mettre en position relative ces différents éléments.

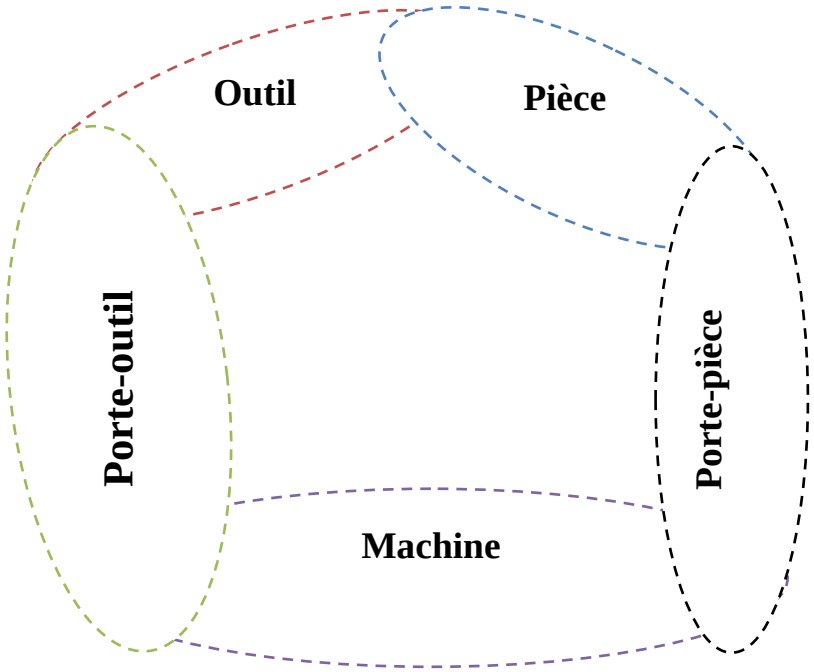


Figure 2.2 : Modèle de la structure de la machine

Si on considère que notre machine suit la méthode d'enlèvement de matière par mouvement de rotation la machine doit avoir la structure suivante :

- Des systèmes, autant que nécessaire, assurant la mise en position de l'outil par rapport à la pièce et les mouvements d'avance. Ce sont les axes de la machine ;
- Un système qui réalise le mouvement de coupe par mise en rotation des outils ou de la pièce (rarement en fraisage) : la broche ;
- Un élément mécanique qui assure le lien entre ces systèmes : le châssis.

Les éléments de la machine se classifient selon deux parties essentielles, l'une fixe et l'autre mobile.

- **La partie fixe :** contient les éléments suivants :
  - **le châssis :** assure le guidage des axes de mouvements, et l'agencement des autres organes de la machine. Afin d'assurer une géométrie correcte, et encaisser les actions mécaniques dues aux accélérations élevées des organes, le châssis est soit en fonte ou en alliages d'aluminium. La liaison au sol du châssis est également importante, pour augmenter la rigidité de la machine.
  - **Les axes de déplacement :** mettent en mouvement les parties mobiles de la machine. Les axes sont constitués d'un guidage, d'un système d'entraînement et d'une motorisation.
  - **Des barres :** positionnées horizontalement pour supporter le poids de la pièce à usinée et ses moyen de fixation.
- **La partie mobile :** contient le reste des pièces qu'on va les illustrer dans ce qui suite.

II.4. Fonctionnement de la machine

II.4.1. Les axes de déplacement

Le portique, port-broche et le support peuvent se déplacer suivant les trois axes orthogonaux (x, y, z) comme c'est montré sur la figure 2.3.

Les axes de déplacement mettent en mouvement les parties mobiles des machines avec de fortes accélérations. Les axes sont constitués d'un guidage, d'un système d'entraînement et d'une motorisation.

- L'axe X : Axe perpendiculaire à l'axe Z de plus grande amplitude de déplacement par rapport à l'axe Y.
- L'axe Y : Axe perpendiculaire aux axes X et Z.
- L'axe Z : perpendiculaire à la surface de bridage des pièces sur la table de la machine et qui représente aussi l'axe de la broche porte-outil.

Le guidage positionne précisément les solides en mouvement. Il est assuré par des glissières, qui sont de plus en plus réalisées au moyen de rouleaux précontraints, afin de limiter les frottements, et de supporter des charges plus élevées.

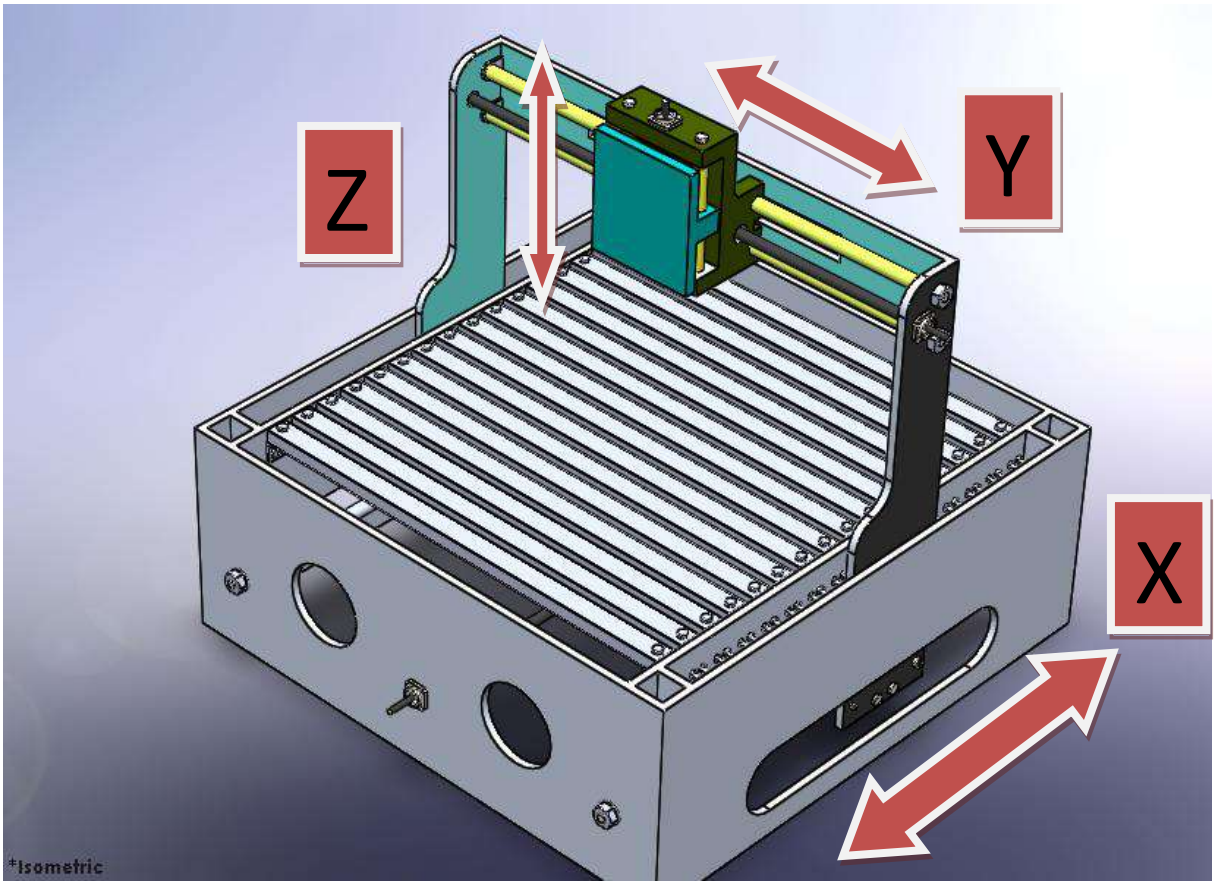


Figure 2.3 : Les différents axes de déplacement

II.4.2. Déplacement longitudinal

Le déplacement suivant l'axe X est assuré par un moteur pas à pas électrique, ce déplacement est guidé par deux axes en glissement dans des paliers lisses en bronze.

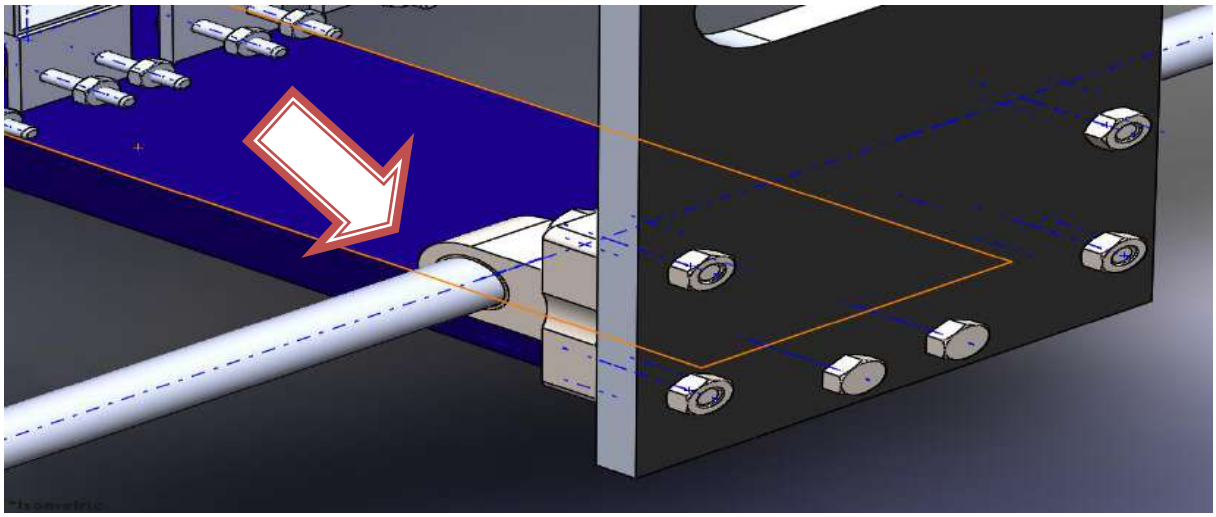


Figure 2.4 : déplacement longitudinal du portique

Pour transformer le mouvement de rotation en mouvement de translation on a utilisé le système Vis à billes.

II.4.3. Déplacement transversal

Le déplacement suivant Y est assuré par un moteur pas à pas électrique, et guidé par deux axes en acier.
La transformation de mouvement de rotation en mouvement de translation est générer par système vis à billes.

Le système à vis-écrou permet de transformer un mouvement de rotation en un mouvement de translation en combinant les mouvements d'une vis et d'un écrou.

Il existe deux systèmes types à vis et écrou. Dans certains systèmes, c'est la vis qui joue le rôle d'organe moteur. Dans notre cas, en faisant tourner la vis, on récupère un mouvement de translation de l'écrou.

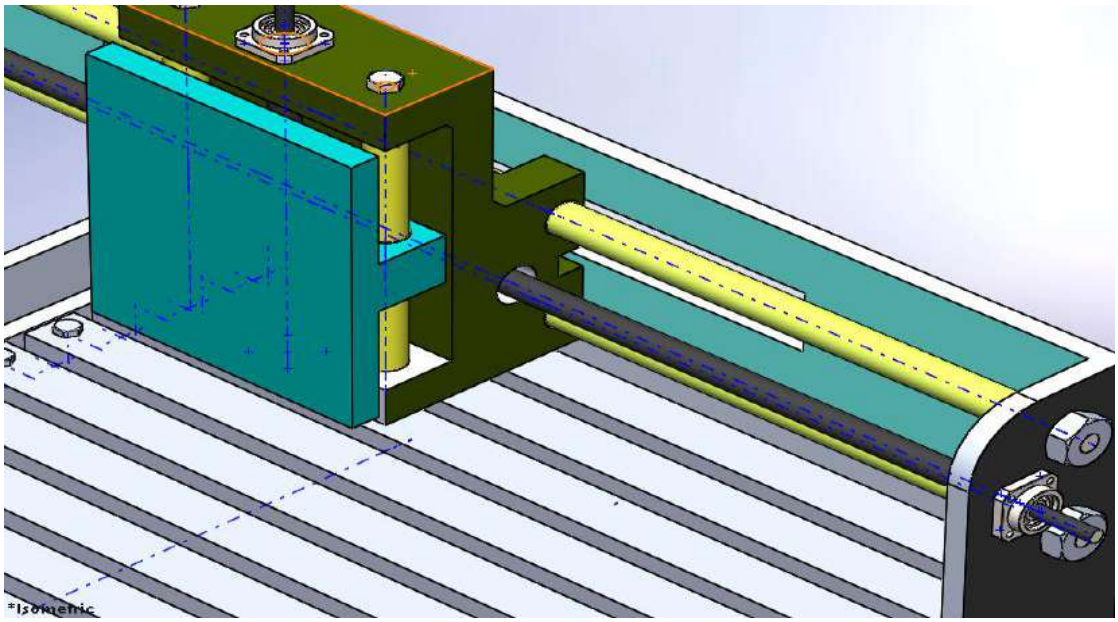


Figure 2.5 : déplacement transversal port broche

II.4.4. Déplacement vertical

Le déplacement vertical selon Z octroyé à la broche est assuré par un moteur pas à pas et un système vis à billes pour avoir une pénétration très faible et précise avec guidage par deux axes cylindriques.

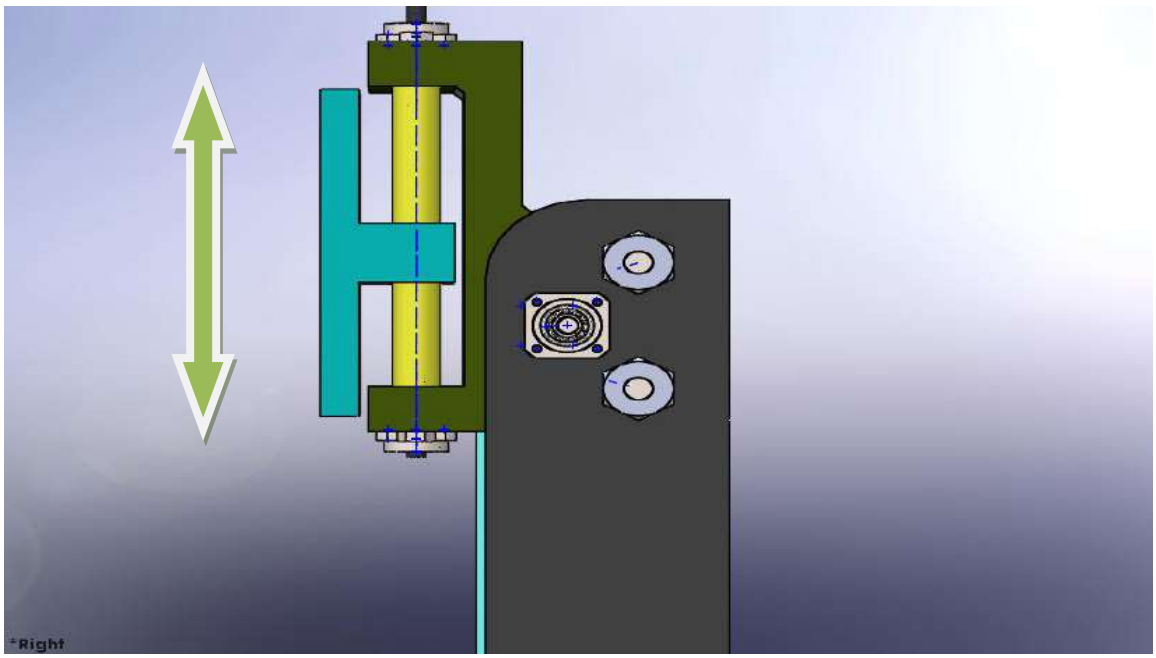


Figure 2.6 : déplacement vertical

II.4.5. Guidage en translation et en rotation

A. Guidage en translation

Pour le guidage en translation des organes, on a utilisé pour les trois directions de mouvement des paliers lisses en bronze.

- Pour la translation selon (X et Y) : 30 mm de longueur

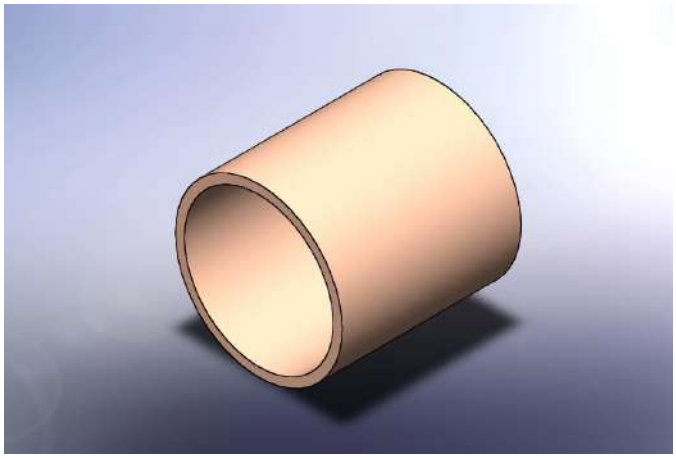


Figure 2.7 : coussinet de guidage en bronze 30 mm

- Pour translation selon (Z) : 40 mm de longueur

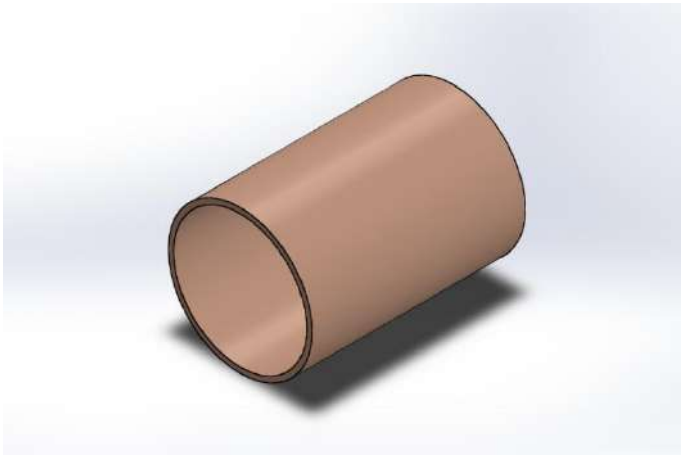


Figure 2.8 : coussinet de guidage en bronze 40 mm

B. Guidage en rotation

Pour le guidage en rotation des axes on a utilisé –pour les trois directions (X, Y et Z)- des roulements BC.

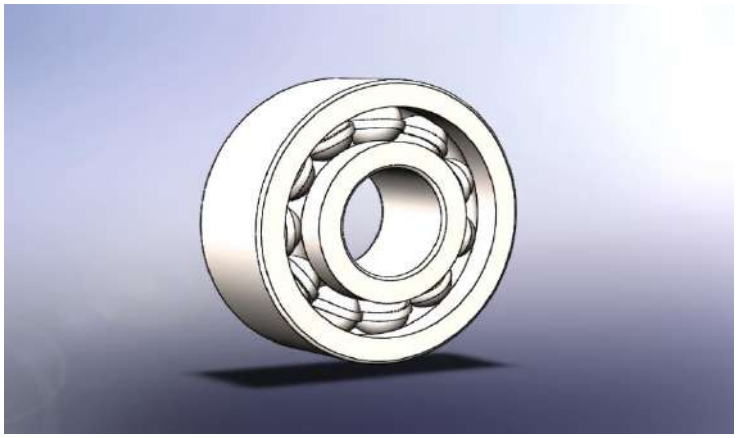


Figure 2.9 : Roulement BC

II.5. Mise en plan

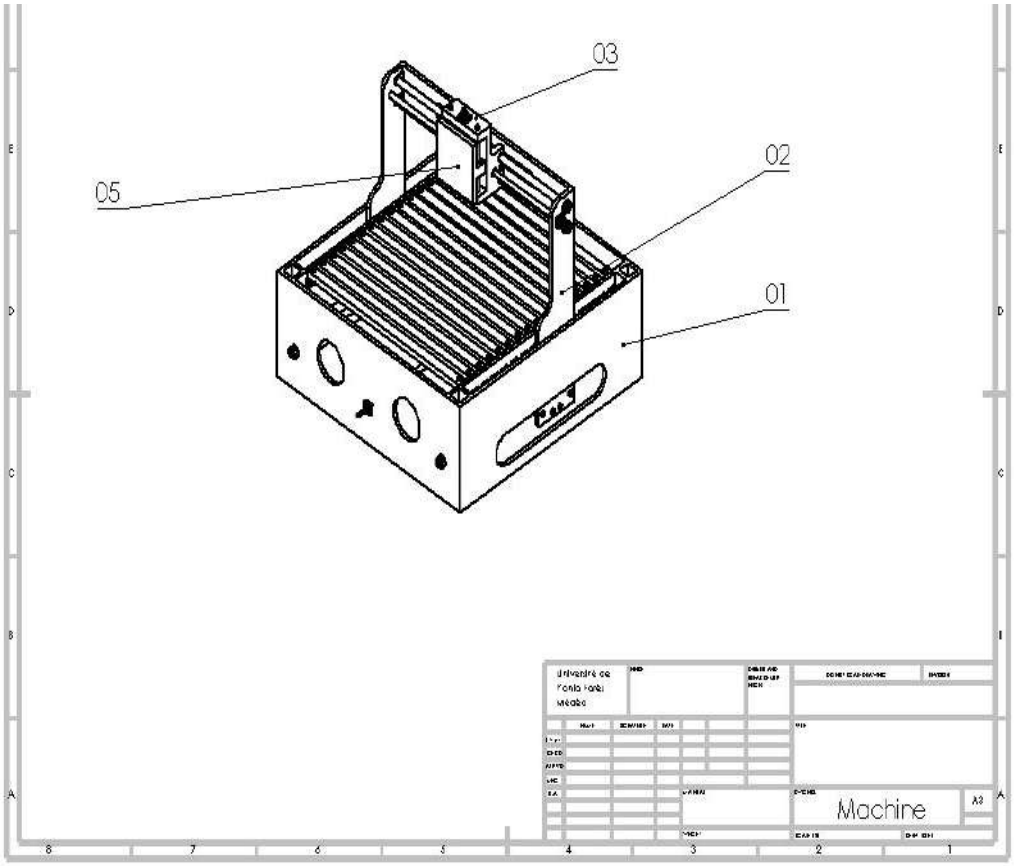


Figure 2.10 : vue perspective représente les principaux organes sur format A3 échelle 1:2

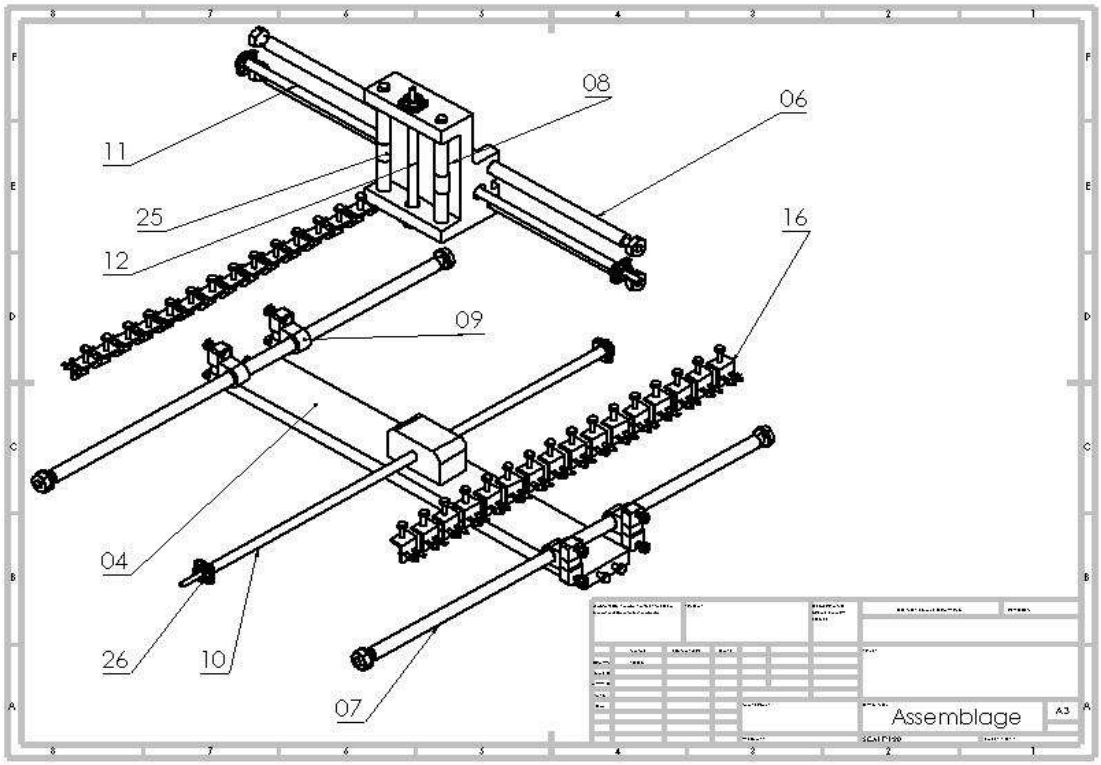


Figure 2.11 : vue perspective représente le reste des organes sur format A3 échelle 1:5

II.6. Tableau des pièces formant l'assemblage

Désignation	Référence	Matière	Nombre d'élément
Corps	01	Aluminium	01
Portique	02	Aluminium	01
Porte-outil	03	Aluminium	01
Support	04	Aluminium	01
Support de broche	05	Aluminium	01

Axe_936	06	Acier inoxydable	02
Axe_1000	07	Acier inoxydable	02
Axe_ 202	08	Acier inoxydable	02
Palier	09	Aluminium	04
Vis-mère 1120	10	Acier	01
Vis-mère 1089	11	Acier	01
Vis-mère 345	12	Acier	01
Support L	16	Aluminium	32
Coussinet 40Z	25	Bronze	02
Palier à roulement	26	Acier	06

Tableau 2.1 : les différentes pièces

II.6.1. le reste des pièces

Désignation	Référence	Matière	Nombre d'élément
Vis	**13**	**Acier**	**12**
Ecrou	**14**	**Acier**	**08**
Coussinet X	**15**	**Bronze**	**04**
Vis HM-1-45	**17**	**Acier**	
Vis HM6	**18**	**Acier**	
Ecrou M8-1	**19**	**Acier**	
Ecrou M6	**20**	**Acier**	

Tôle	**21**	**Aluminium**	**16**
Ecrou M16-1.5	**22**	**Acier**	**08**
Rondelle plate	**23**	**Acier**	
Coussinet 30Y	**24**	**Bronze**	**02**

Tableau 2.2 : le reste des pièces

Chapitre III : Etude cinématique

III. Chapitre III : Etude cinématique

III.1. Introduction

La modélisation cinématique à pour objet la constitution d'un outil de calcul permettant de valider ou vérifier par le calcul les performances mécaniques d'un système. Le graphe des liaisons en est la forme la plus fondamentale. Le schéma cinématique donne quant à lui une représentation simplifiée permettant une meilleure compréhension du fonctionnement (aspect cinématique).
Pour le cas des machines complexes, on doit fractionner le schéma cinématique globale en des parties suivant les degrés de liberté.

Dans cette partie on va faire une étude cinématique afin d'analyser la structure matérielle de notre machine.

III.2. Rappel sur les liaisons mécaniques

La liaison mécanique est le modèle utilisé pour décrire la relation entre deux ou groupes des pièces dont la considération est primordiale dans l'étude des mécanismes. Elle emploie des représentations mathématiques qui diffèrent suivant qu'on l'aborde sous l'aspect cinématique (étude des mouvements ou guidages) ou sous l'aspect statique (étude de la transmission d'efforts).

La notion de liaison mécanique se définit plus généralement entre groupes de pièces, appelés « classes d'équivalence », contenant respectivement des pièces entièrement solidaires.
La liaison entre deux solides est caractérisée par le torseur cinématique du mouvement relatif entre les deux solides. Les coordonnées de ce torseur cinématique sont les paramètres de la liaison comme il est montré sur le tableau de l'annexe 4.

III.3. Schéma cinématique

III.3.1. Translation suivant (X)

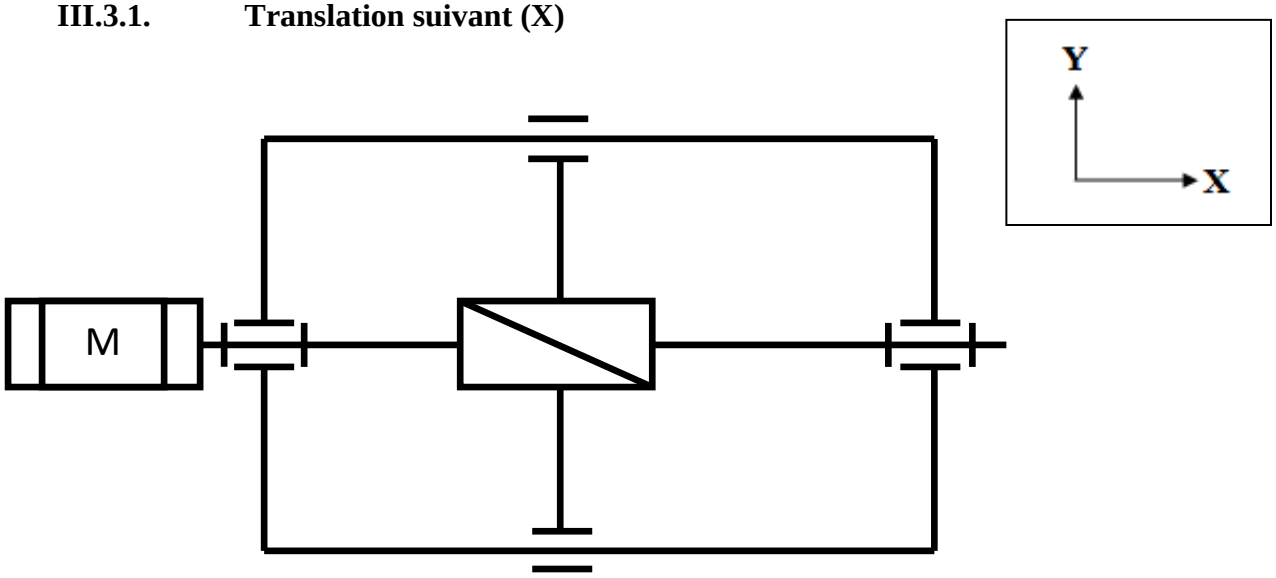


Figure 3.1 : schéma cinématique suivant x

III.3.2. Translation suivant (Y)

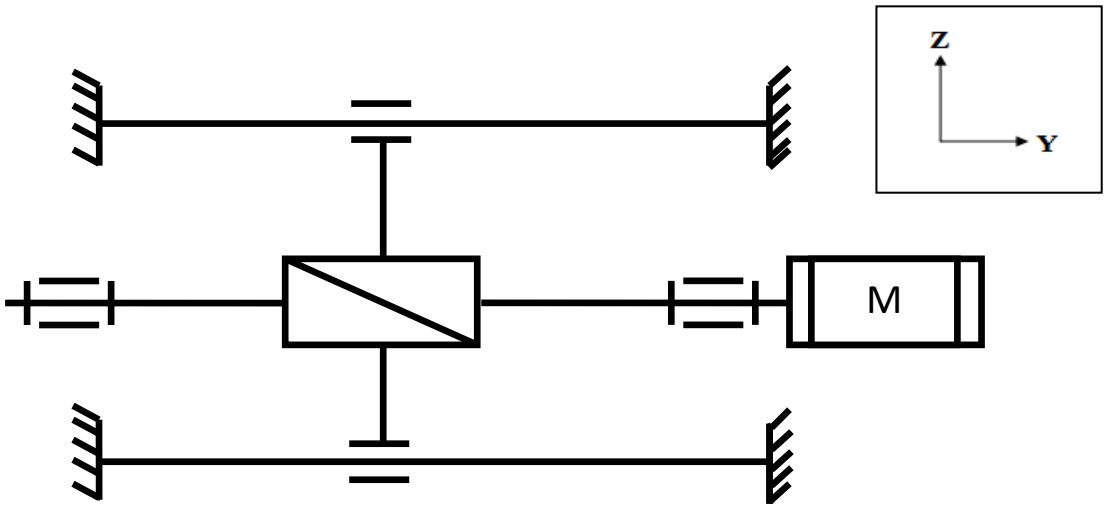


Figure 3.1 : schéma cinématique suivant Y

III.3.3. Translation suivant (Z)

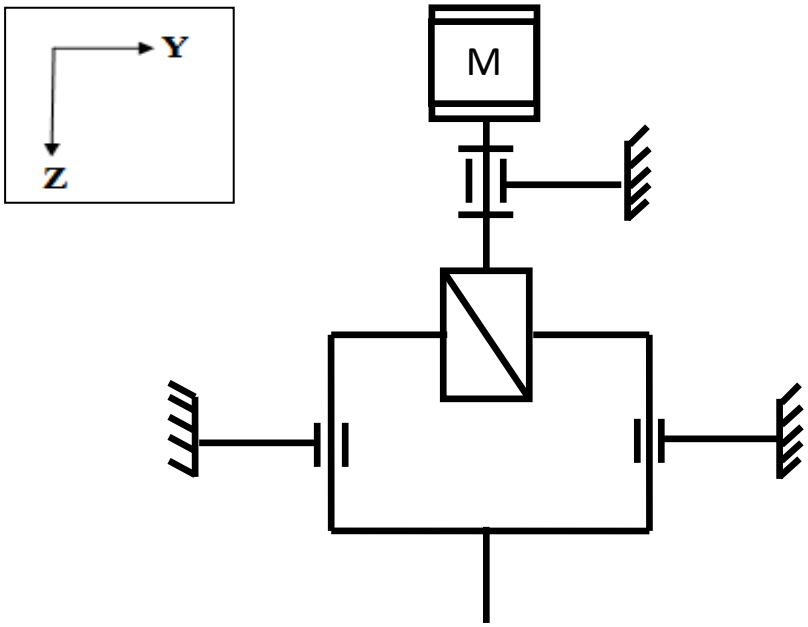
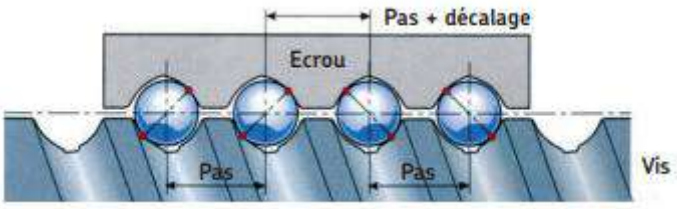


Figure 3.1 : schéma cinématique suivant Z

III.4. Etude du mouvement

On a utilisé le système vis à billes pour transformer le mouvement de rotation en mouvement de translation pour les trois cas.



On a la loi : ***V= p x N/60***

(On a devisé le N sur 60 pour convertir de tr/min vers tr/sec)

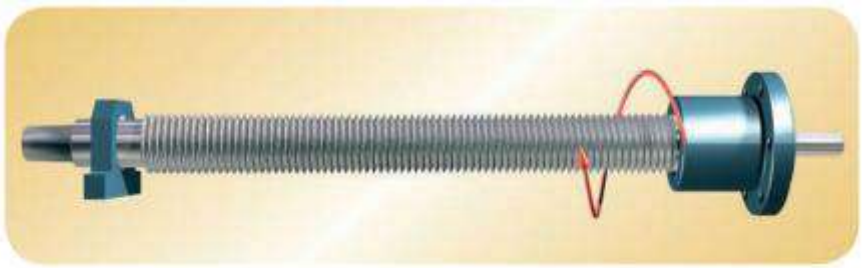
V : la vitesse en mm/s

p : le pas en mm

N : fréquence de rotation en tr/min.

III.4.4. La vitesse :

Les trois mouvements de translation sont générés par des vis-mère de même diamètre et le même pas : D=16 mm, p=2 mm.



N (tr/min)	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
V (mm/s)	6.66	13.33	20	26.66	33.33	40	46.66	53.33	60	66.66

Tableau 3.1 : la vitesse en fonction de fréquence de rotation

III.4.5. L'accélération :

on écrit l'accélération en fonction de « N » et « t »

On a : $a = \alpha . p/2\pi$

et $\omega = \pi.N/30$ et on a aussi : $\alpha = \omega/t$

sachant que :

a*=** l'accélération en ***mm/s²

α **:** accélération angulaire en ***rad/s²***

p* :** le pas en ***mm

ω : la vitesse angulaire en ***rad/s***

t : la durée en ***s***

c'est-à-dire :

$a = N.p/60.t$

Pour que N=1000 tr/min on a obtient l'accélération en fonction de «t» :

t (s)	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2
a (mm/s^2)	166.66	83.33	55.55	41.66	33.33	27.77	23.80	20.83	18.51	16.66

Tableau 3.1 : l'accélération en fonction de temps

III.5. Choix du moteur

Afin de choisi le moteur approprié à chaque mécanisme dans notre machine on doit tout d'abord calculer le couple résistant.

II.2.1. Mouvement suivant X

A. Force nécessaire pour déplacer le portique sans accélération :

$F_1 = m \cdot g \cdot a$

$F_2 = m \cdot g \cdot f_f$

m : la masse

g : accélération de pesanteur 9,81 m.s-²

f_f : coefficient de frottement (pour le couple acier/bronze f_f =0,12 avec lubrification [5]).

a : coefficient de roulement (on prendre la valeur 0.4 mm pour la matière acier/acier)[6]

Matériaux en contact	*a* (mm)
acier sur acier	0,4
fonte sur acier	0,5
élastomère sur bitume	3 à 15
pneu sur bitume	20 à 30
roue métallique sur béton	10 à 15
roue wagon sur rail	0,5 à 1

Tableau 3.1 : valeur de « a » correspondant au couple matériaux

Ici on a estimé la masse de portique avec tous qui est en contact avec lui **m=47.52 kg**.

$F_1 = 47{,}52 \times 9.81 \times 0.0004 = 0{,}18647\ N$

$F_2 = 47{,}52 \times 9{,}81 \times 0.12 = 55{,}94\ N$

B. Accélération

Pour aller de 0 à 33.33 mm/s en 1 s : $33.33/1 = 33.33\ mm/s^2$

C. **La force nécessaire :** pour donner cette accélération

F_3=47,52x33.33= 1584 N

D. **Couple nécessaire pour accélérer :**

d'où une force totale de : $F_1+F_2+F_3$ à transmettre sur le rayon de l'arbre (R).

C= (F_1+ F_2+ F_3).R= (0,18647+55.94+1584)x8=13121,01 N.mm = 13,12 N.m

II.2.2. Mouvement suivant Y

On applique la même méthode précédente en utilisant la même accélération ***33,33 mm/s².***

Alors : ***F_1=15,71x9.81x0,0004=0,06164 N***

F_2=15.71x9,81x0.12= 18,49 N

F_3=15,71x33.33=518,43 N

d'où :

C = (0,06164+18,49+518,43).8 = 4295,85N.mm = 4,29 N.m

II.2.3. Mouvement suivant Z

on applique le même chose et on obtient :

F_1=10x9,81x0,0004=0,03924 N

F_2=10x9,81x0.12= 11,77 N

F_3=10x33.33=333,3 N

Et :

C=(0,03924+11,77+333,3)x8= 2760,87 N.mm = 2,76 N.m

D'après les calculs menés précédemment on a choisi pour les trois mouvements, les moteurs suivants :

✓ **Translation selon X**

le fabricant :SANYO DENKI

Caractéristiques :

AC/DC: DC

Type: pas à pas, pas à pas 2 phases

Voltage: 130V

Tailles : carrés de 14 mm à 106 mm de diamètre (NEMA 42) - 10 tailles Résolution : 1.8° et 0.9°/ pas

Couple de maintien : de 0.0055 à 19 Nm .

Bobinage : modèles unipolaire et bipolaire

Version simple ou double arbre.

Classe d'isolation B (130°C) et Classe d'isolation F (155°C)

Conforme RoHS.

Produits customisés à la demande.



✓ **Translation selon Y :**

Moteur pas à pas sm-2862-5155

Référence : RTA SM2862-5155

Caractéristiques :

Moteur pas à pas.

Courant de phase (max.): 4.0 A.

Couple : 7 Nm.

Longueur arbre moteur: 30.0 mm.

Ø de l'arbre : 14.0 mm.

Dimensions de la bride : 85.5 x 85.5 mm

Longueur: 96mm

Principe de commande : bipolaire

Longueur câble: 7 cm.



- ✓ **Translation selon Z :**

Caractéristiques :



Résolution angulaire : 1.8°

Couple : 4.5 N.m

Précision de positionnement des pas : +5%(Pas entier, sans charge)

Température maximum : 80°CMax

Température ambiante d'utilisation : -10°C -- +50°C

Résistance d'isolement : 100MΩmin.500VDC

Rigidité diélectrique : 500VAC durant une minute

Jeu radial de l'arbre : 0.06 Max.(sous charge de 450g)

Jeu axial de l'arbre : 0.08 max.(sous charge de 450g)

Nombre de fils: 8 fils

Chapitre IV : Etude statique et RDM

IV.1. Introduction

Dans cette partie nous allons étudie les forces qui s'exercent sur les objets qui ont en équilibre et au repos, donc on va choisi les cas les plus extrêmes pour les étudier. Les systèmes mécaniques sont liés les uns aux autres mais il est difficile ou impossible de les étudier tous ensembles. On va donc isoler le système que l'on souhaite étudier et on fait le bilan des forces qui s'exerce sur lui. Les systèmes qui exercent une action sur le système étudié sont réduits au point de contact. Les actions à distance sont appliquées au centre d'inertie du système étudié. Ainsi que les cas les plus extrêmes sont soumis à une étude RDM.

IV.2. Calcul statique

IV.2.1. 1er cas :

Au niveau des paliers de guidage en translation (X) :

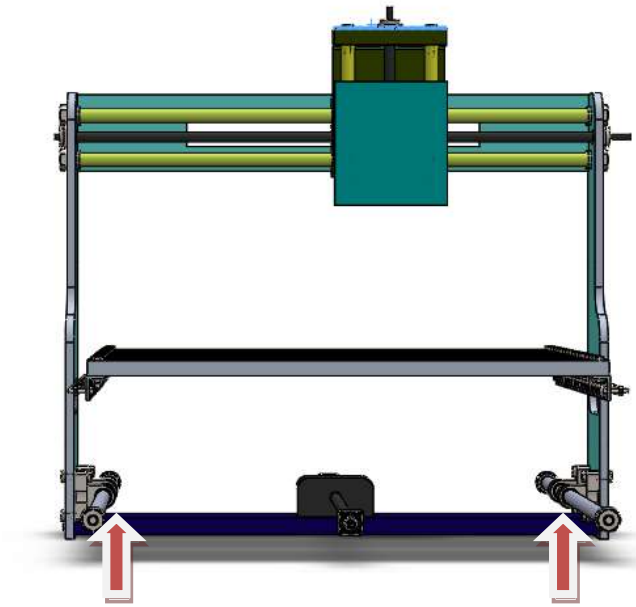


Figure 4.1 : position de 1er cas

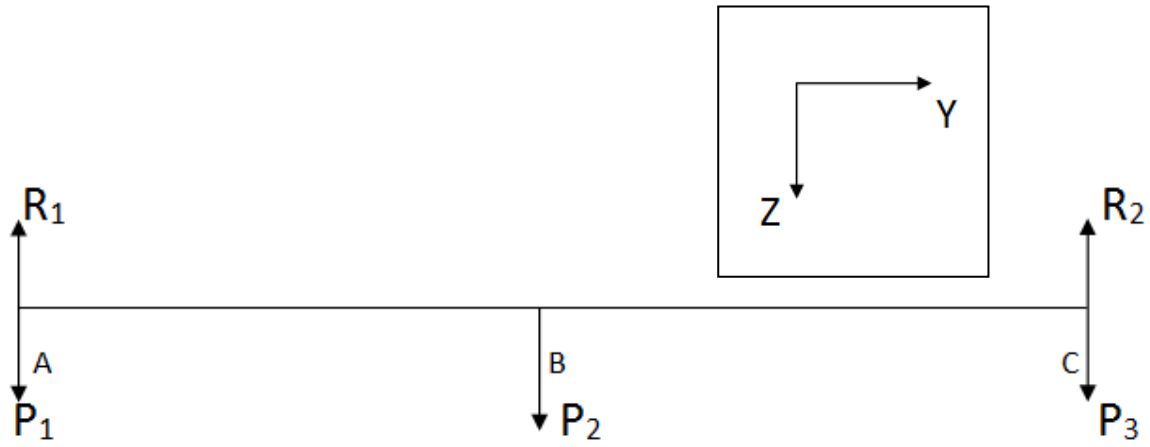


Figure 4.2 : Modélisation des forces au niveau des paliers

$P_1=m_1.g$, $P_2=m_2.g$, $P_3=m_3.g$

$m_1=m_p+m_{ax}+m_{axf}+m_{ro}=13,77/2+3,74+2,24+0,1=13Kg.$

$P_1=13x9,81=127,18=127,53N$

$P_2=m_2.g=10,79x9,81=105N$

$m_3=6,08+8,22+3,3+3,74+10,12+0,57+1,54+0,131+0,3+1,5=35,50Kg$

$P_3=35,50x9,81=348,26N$

Calcule des réactions R_1 et R_2 :

$\sum Fz=0$

$P_1+P_2+P_3-R_1-R_2=0$

$R_1+R_2=580,79$

$\sum M_A=P_2xAB+P_3xAC-R_2xAC=0,468x105+348,26x0,936-R2x0,936=0$

$R_2=(49,14+325,97)/0,936=400,76N$

$R_1=180,03N$

Vérification de l'arc-boutement :

l'arc-boutement se produit lorsque la distance Δ 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, dépendante de plus du coefficient de frottement d'adhérence ou de glissement entre les matériaux en contact**.** [7]

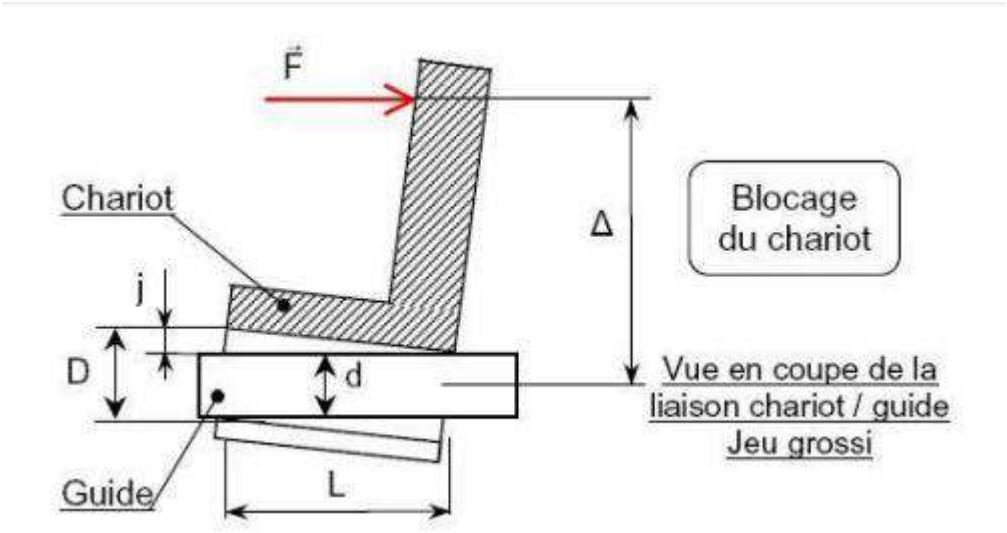


Figure 4.3 : Vue en coupe de la liaison chariot / guide jeu grossi

Pour éviter ce phénomène, il faut choisir une longueur de guidage L suffisante.
Condition de non arc-boutement pour un jeu j donné est :

$$\Delta \leq \frac{L}{2f}$$

f : coefficient d'adhérence entre les surfaces de contact

L : longueur du guidage

Δ : distance entre la direction de l'action mécanique et l'axe de la liaison

f=0.2

L=30 mm

Δ =52.47 mm

$52.47 \leq 30/2x0.2$

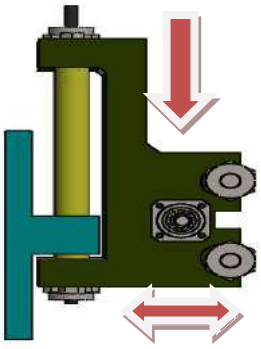
$52.47 \leq 75$

La condition est vérifiée, donc le phénomène arc-boutement n'existe pas dans ce cas.

IV.2.2. 2éme cas :

A. au niveau de porte-outil :

- **selon X-Z :**



*Right

Figure 4.4 : position de cas étudié

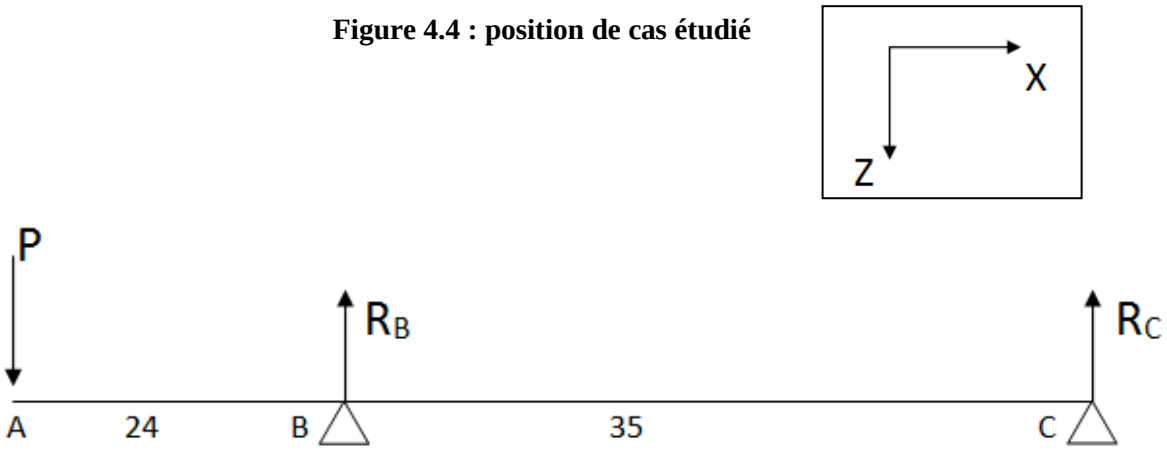


Figure 4.5 : Modélisation des forces au niveau de porte-outil (X-Z)

P=m.g

m=8,21+0,57+1,54+1+0,2+0,083+3,3=14,9=15Kg

P=15x9,81=147,15N

P=147,15N

$\sum Fz=0$

$P+R_B-R_C=0$

$R_B+R_C=P=147,15N$

$\sum Mc=0$

$P-24R_B=0$

$RB=P/24=6,13N$

$R_C=147,15-6,13=141,02=141,02\ N$

- **Selon Y-Z**

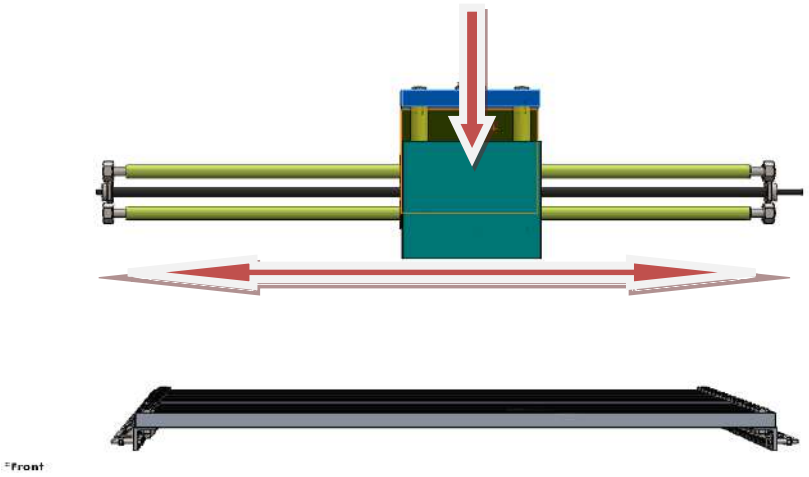


Figure 4.6 : position de cas étudié au niveau porte-outil (Y-Z)

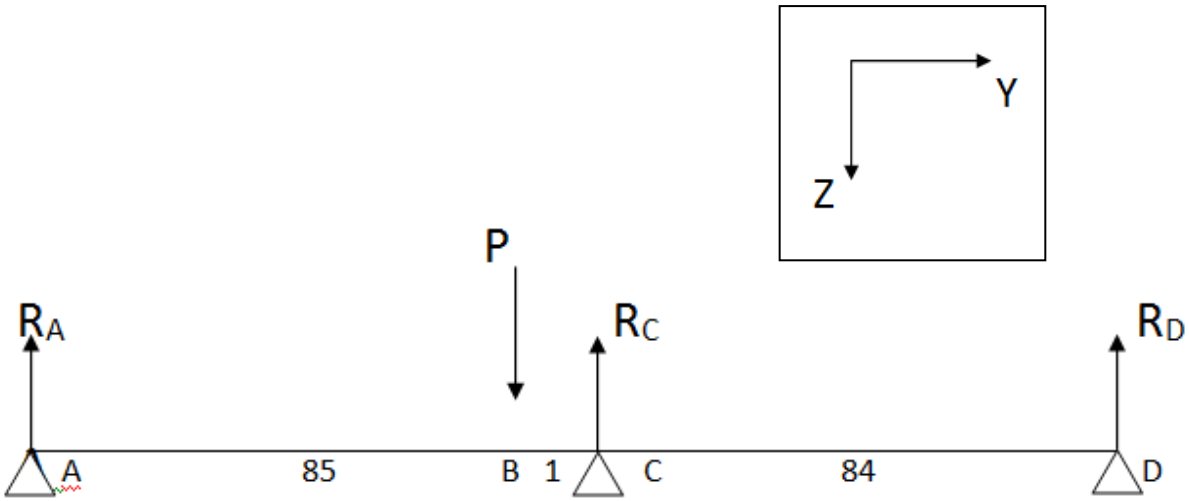


Figure 4.7 : Modélisation des forces au niveau de porte-outil (Y-Z)

$\sum F_2=0 \rightarrow -R_A+P-R_C-R_D=0$

$\sum M_A=85P-R_C-170R_D=0$

$\sum M_C= -86R_A+P-84R_D=0$

$\sum M_D= -170R_A+86P-84R_C=0$

$P=R_A+R_C+R_D$

$R_C=170R_D-85P$

$P=86R_A+84R_D$

$R_A=(P-84R_D)/86$

$P=((P-84R_D)/86)+170R_D-85P+R_D$

$86P=((P-84R_D)/86)+171P$

$86^2P-P=171x86R_D-84R_D$

$7848,85=14622R_D$

$R_D=2,01N$

$R_A= -0,25N$

$R_C= -RA+P-RD$

$R_C=0,25+147,15-2,01=145,39N$

IV.2.3. 3ème cas :

au niveau de châssis :

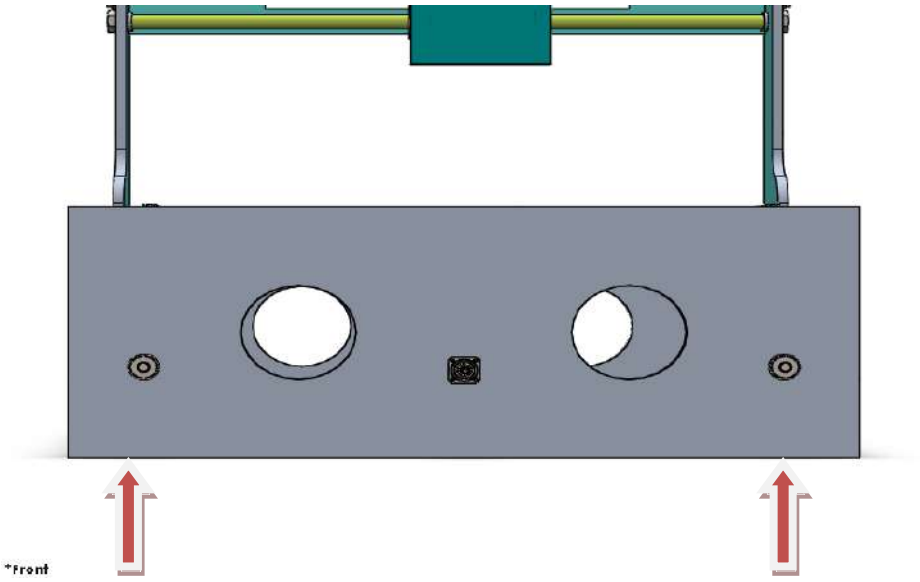


Figure 4.8 : position de cas étudié au niveau de châssis

Calcule statique au niveau de châssis avec l'effet de coupe:

premièrement on doit calculer la force de coupe **Fc**

On a choisi un broche ayant des caractéristiques suivants:

moteur de broche a une puissance de P=1500w et fréquence de tour égal à 0→24000tr/min

pour que notre opération essentiel de notre machine est usinage de béton ou polissage de béton, cette opération nécessite une puissance de broche de 1010w (au maximum) et 8000tr/min (au maximum)

Lorsque on prendre un exemple de polissage, et on propose les données suivants:

La puissance de moteur qui on a choisi est de 1500 W

on prendre les valeurs maximal pour faire les calculs :

N=24000 tr/min* avec *P=1500 W

On a : $P=C.\omega$

avec *P* la puissance en Watt, *C* est le couple en N.m et ω la vitesse angulaire *rad/s*

ω= π.N/30

ω= 24000π/30 = 2513.27 rad/s

Avec C=2513.27/1500=1.67 N.m = 1675.5 N.mm

et C=Fc.d avec d le diamètre de l'outil d=125mm

Fc=1675.25/125 =13.4 N

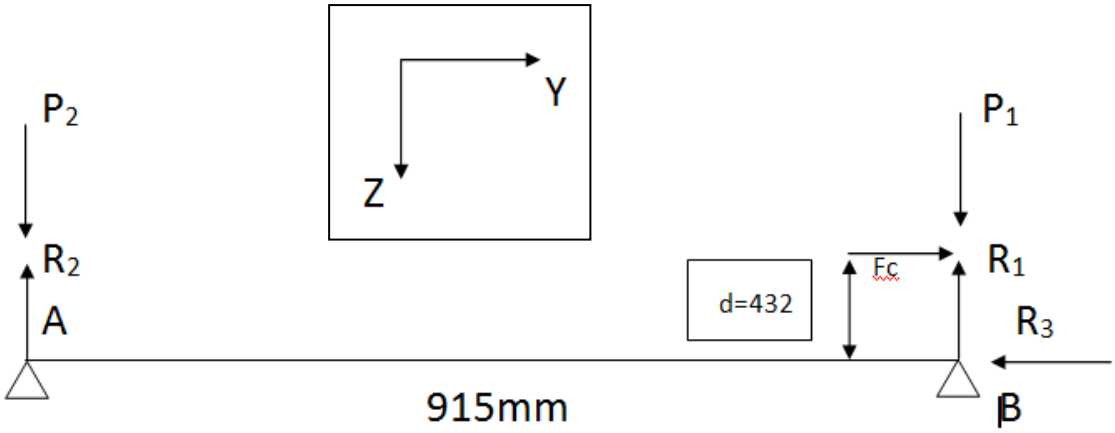


Figure 4.9 : Modélisation des forces au niveau de châssis

∑Fx=0→ Fc - R3x=0→ R3x=Fc=13.4N

∑Fy=0→P2+P1-P2-R1=0

P2=m_2.g

m_2=19,16+6,886+7,41=33,45Kg

P_2=328,23N

P_1=m_1g

m_1=5+19,16+6,886+8,22+3,3+0,77x2+1+0,57+0,2=52,33Kg

P_1=513,36N

R_2+R_1=841,59N

∑M_A=915P_1-915R_1+13,4x432=0

R_1=(513,36x915+13,4x432)/915 =519,68N

R_2=841,59-519,68=321,4N

ça concernant le cas normal, que passe-t-il lorsque R_2=0 ?

On refait les calculs précédents dans le cas où R2 est négligeable :

$\sum Fx=0 \rightarrow Fc - R3x=0 \rightarrow R3x=128=128N$

$\sum Fy=0 \rightarrow P_2+P1-R_1=0$

$P2=m_2g$

$m_2=19,16+6,886+7,41=33,45Kg$

$P_2=328,23N$

$P_1=m_1g$

$m_1=5+19,16+6,886+8,22+3,3+0,77x2+1+0,57+0,2=52,33Kg$

$P_1=513,36N$

$R_1=841,59N$

$\sum M_A=P_1x915-R_1x915+128x432=0$

$R_1=(513,36x915+128x432)/915 =573,59N$

Pour éviter le risque renversement de la table en absence de force de réaction R_2 on propose de posé un contrepoids au point A.

IV.3. Calcul de Résistance des Matériaux (RDM)

IV.3.1.1er cas : étude de flexion sur l'axe 10: cet axe est un arbre avec épaulement :

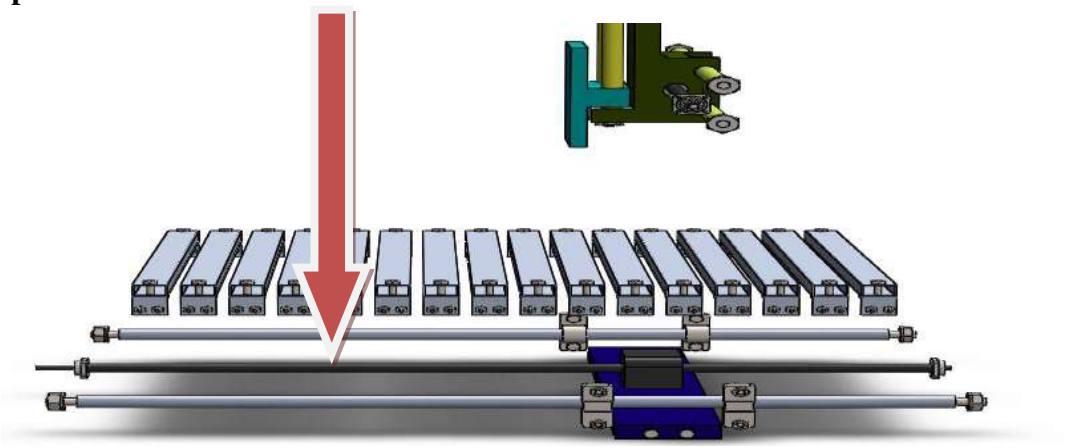


Figure 4.10 : Position de cas étudié au niveau de l'axe 10

(d/D)=10/16=0,62

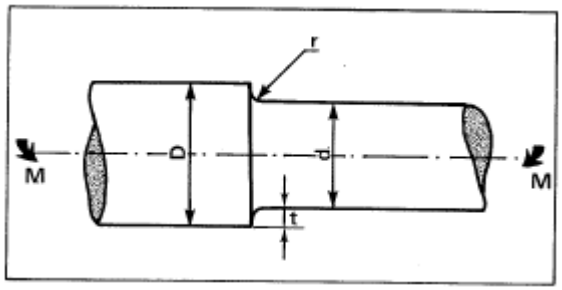
r/t=2r/(D-d)=(2x1)/(16-10)=0,66

$\sigma_{max}=(32xM)/(\pi xd^3)$

$\sigma_{max}=(32x839,98)/(\pi x10^3)$

$=(26879,36)/8620,5$

$\sigma_{max}=8,55N/mm^2$



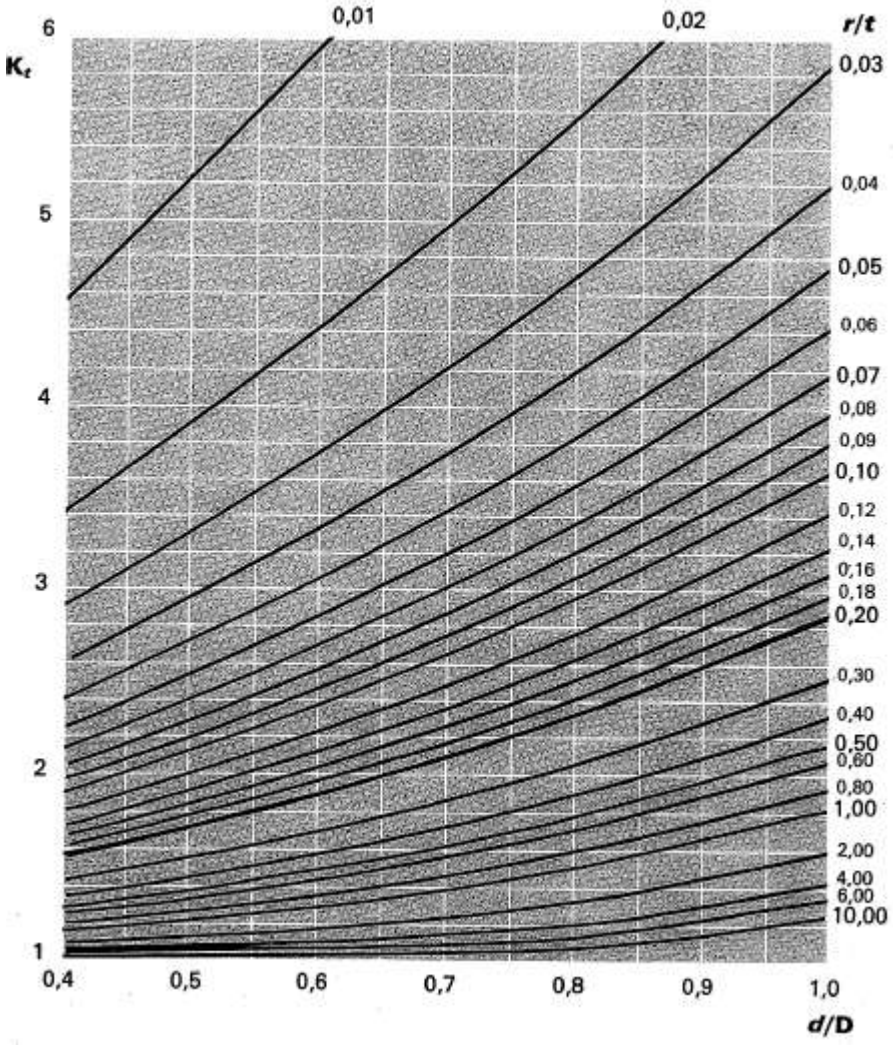


Figure 4.11 : Abaque représente la relation entre r/t, d/D et Kt [8]

A partir de l'abaque ci-dessus on extrait la valeur du coefficient de concentration de contrainte Kt

l'équation pour calculer $\sigma_{réel}$[8] :

$\sigma_{réel} = \sigma_{max} x k_t = 8,55 x 2.2 = 18.81 N/mm^2$

Condition de résistance :

on a choisi Re[9] suivant la matière de l'axe étudié

« Acier faiblement alliés 36NicrMo16 »

$\sigma_{max} \leq R_{Pe} = R_e/s$

$L = 1117mm, R_e = 1250MPa$

$R_{Pe} = 1250/2 = 625 N/mm^2$

$18,81 N/mm^2 \leq 625 N/mm^2$

Donc notre résultat obtenu vérifie la condition de résistance.

- **Diagrammes T et M_f :**

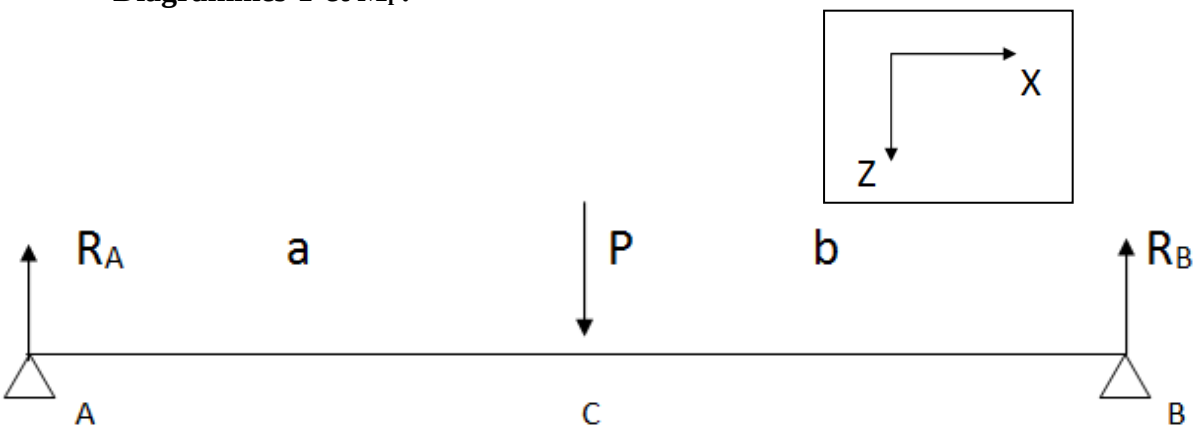


Figure 4.12 : Modélisation des forces de l'axe 10

On obtient rapidement que:

$\sum F_{ex}=0 \rightarrow P=R_A+R_B$

et comme $\sum M_A=0 \rightarrow a.P-(a+b)R_B=0$

$\rightarrow R_B=(a.P)/(a+b)$

$(\sum M_B=0)$

et $R_A=(b.P)/(a+b)$

On donne $P=840N$

$a=518,5mm$

$b=538,50mm$

$R_A=((538,5x840)/1057)=427,9N$

$R_B=((518,5x840)/1057)=412,05N.$

Calcul d'effort tranchant 'T' et moment fléchissant 'M_f' :

<u>Tronçon 1</u> : $0 \leq x \leq a$

T- $R_A=0 \Rightarrow T=427,9\ N$

$M_f - x.R_A=0 \Rightarrow M=427,9x$

$M_f(0)=0,\ M_f(a)=427,9x518,5=221,86x10^3N.mm$

<u>Tronçon 2</u> : $a \leq x \leq b$

T+P- $R_B=0 \Rightarrow T= R_B - P= 412,05-840= -427,95N$

$M_f - R_B.x+P(x-a)=0 \Rightarrow M_f =R_B.x-P(x-a)$

$M_f(a)=213,64\ x10^3N.mm$

$M_f(b)=205,08\ x10^3N.mm$

L'échelle de dessin :

Pour T :1cm→100N avec 1cm→100 mm

Pour M_f : 1cm→50 x10^3N.mm

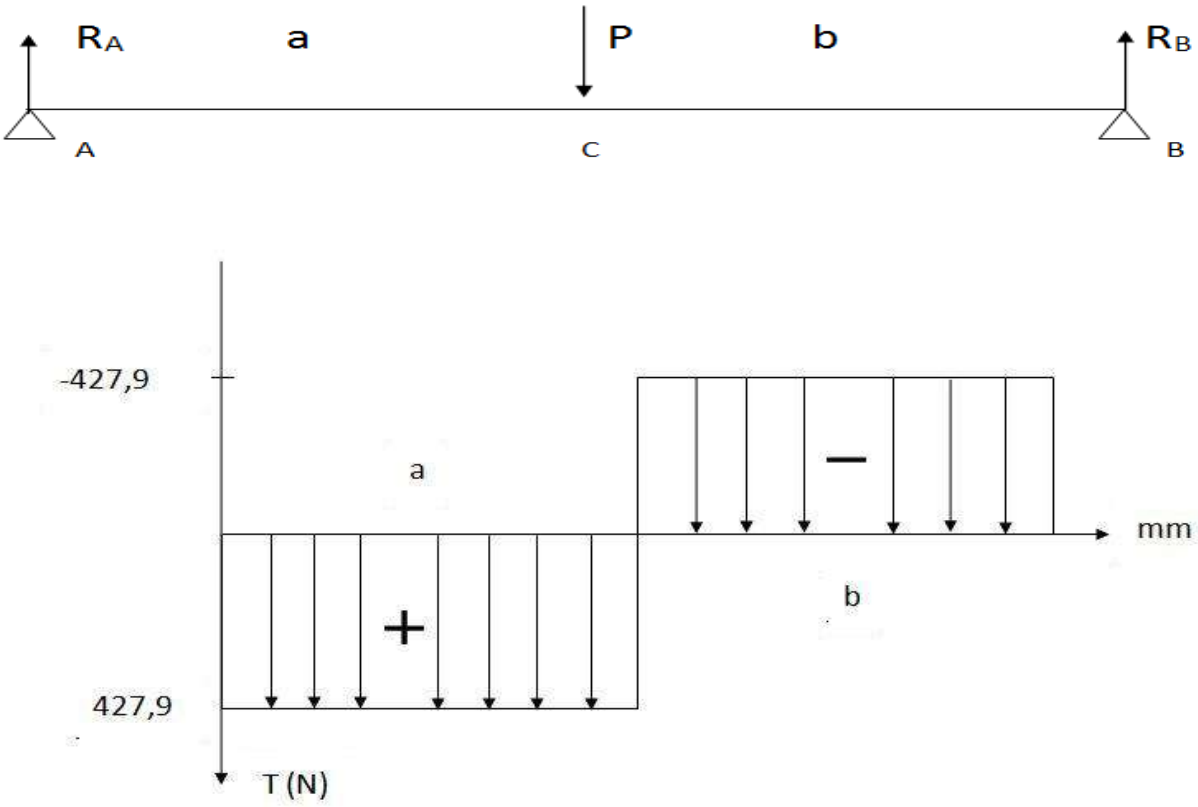


Figure 4.13 : Diagramme de l'effort tranchant T

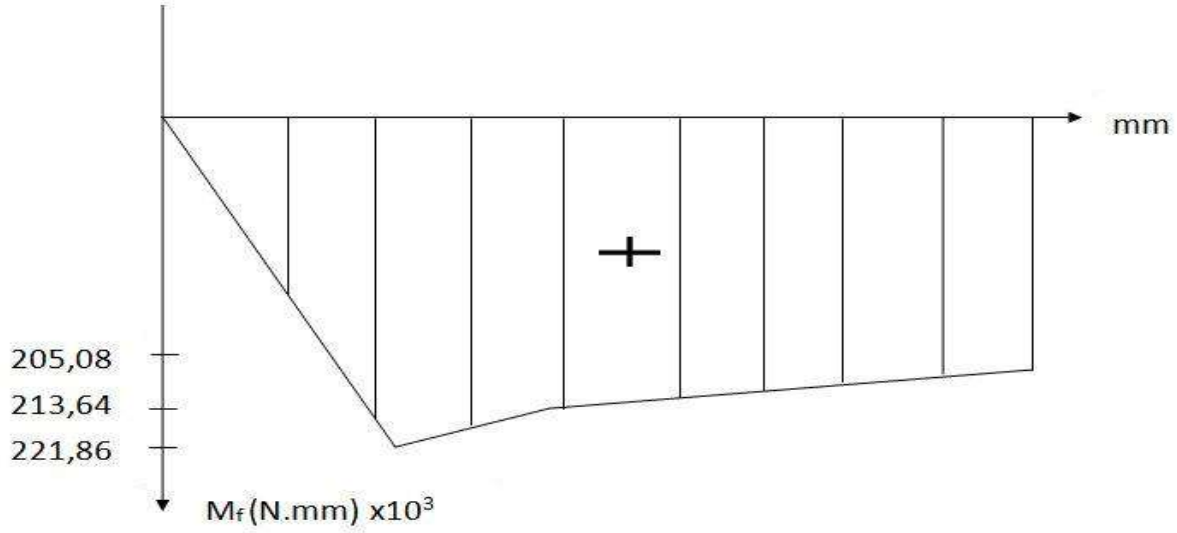


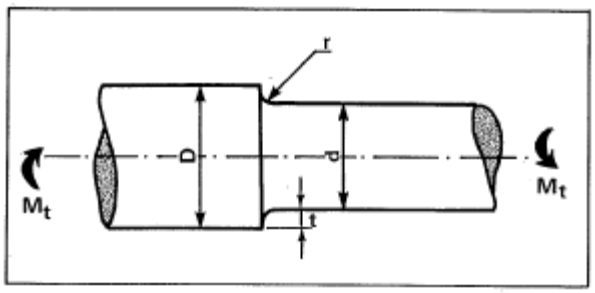
Figure 4.14 : Diagramme de M_f

IV.3.2.Etude de torsion sur le même arbre :

$T_{nom}=(16.M_t)/(\pi x d^3)$

$d/D=10/18=0,55$

$r/t=((2xr)/(D-d))=((2x1)/(18-10))=0,25$



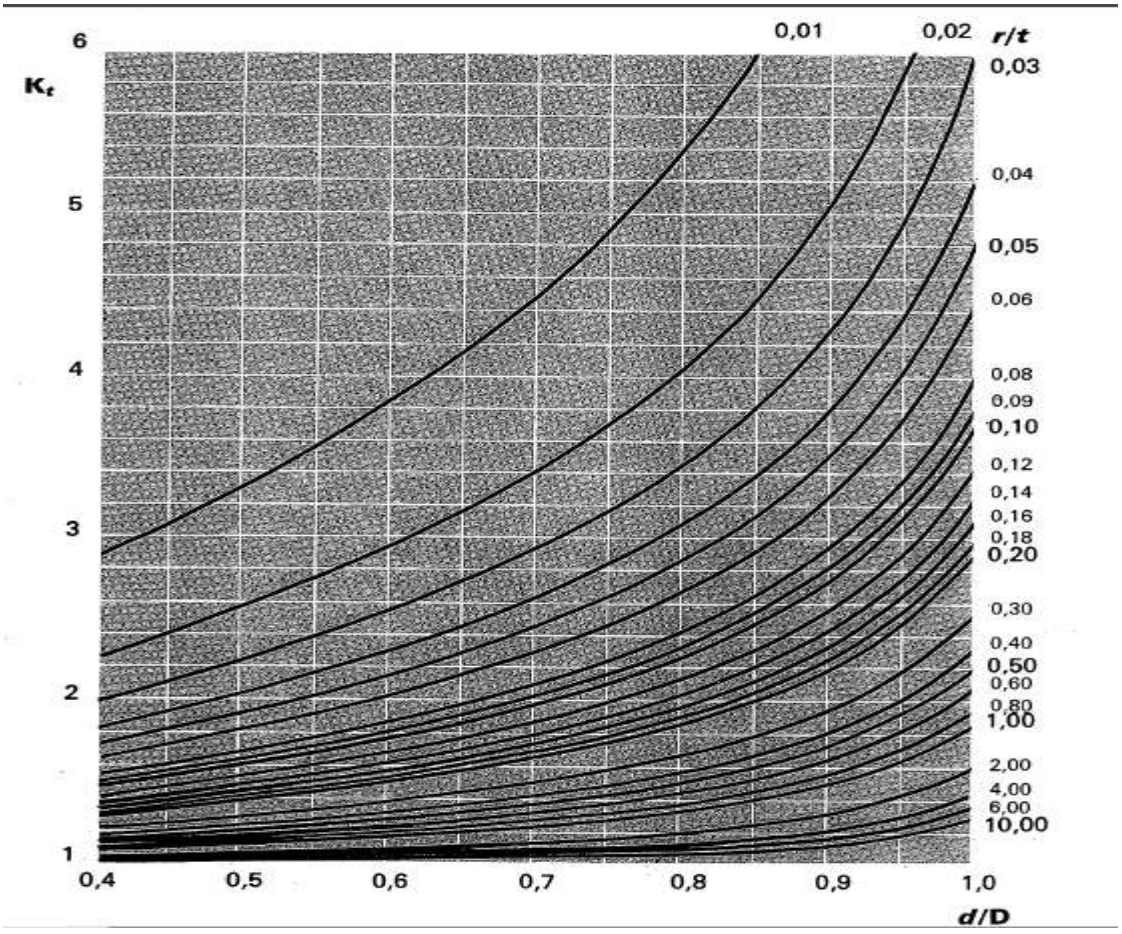


Figure 4.15 : Abaque représente Coefficient de concentration de contrainte K_t [8]

$K_t=2,8$; $M_t=19N.m=19000N.mm$

$T_{nom}=(16x19000)/(\pi xd^3)=96,76N/mm^2$

$T_{réel}= T_{nom}xK_t=96,76x2,8=270,94N/mm^2$

ou avec une autre méthode on obtient la même résultat :

$T_{max}=M_t/(I_a/v)$

Le rayon $v = d/2$; $I_a=(\pi xd^4)/32$

Condition de résistance:

$T_{max} \leq R_{pg}=R_{eg}/s$

$R_{eg}=0,7R_e=0,7x1250=875N/mm^2$

$R_{pg}=875/2=437,5N/mm^2$

$T_{max} \leq R_{pg}$

IV.3.3. 2ème cas :

- **Etude de cisaillement sur l'axe 7 :**

  $T=P=513,35N$

  Contrainte de cisaillement :

  $T_{max}=T/S \leq R_{pg}$

  $S=(\pi xd^2)/4=(\pi x16^2)/4=201,06mm^2$

  $T_{max}=513,35/201,06=2,5N/mm^2$

  Acier Inoxydable: $R_e=185N/mm^2$

  $R_{pg}=R_{eg}/s$; $R_{eg}=0,7xR_e$

  $R_{eg}=0,7x185=129,5N/mm^2$

  $129,5/2=64,75N/mm^2$

IV.4. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons étudié les cas les plus extrêmes qui relatives à l'étude statique et à la partie RDM.

Conclusion générale

Conclusion générale et perspective

Le travail réalisé consiste à concevoir une machine pour le surfaçage des blocs en béton.

Il est inspiré d'une fraiseuse verticale conventionnelle, notre machine est composée de 3 groupes fonctionnelles ; porte broche, portique et le châssis avec les différents éléments de liaisons.

La machine est adaptée pour un fonctionnement à commande numérique (utilisation des moteurs pas à pas). L'outil utilisé pour la conception est le logiciel SOLIDWORKS.

On a modélisé les efforts et sollicitations pour le dimensionnement de différentes pièces de la machine.

L'étude concerne un calcul cinématique, statique et d'RDM et il aurait été souhaitable de poursuivre l'étude avec un calcul dynamique.

Annexe

Annexe 1 **: Tableau représentant les différentes valeurs des coefficients de frottement et d'adhérence correspondant à la matière:**

Matériaux	Matériaux	Contact	Coefficient de frottement	Facteur d'adhérence
Acier	Acier	-	0,1	0,2
Acier	Acier	graisse	0,05	0,1
Acier trempé	Acier trempé	huile	0,1 / 0,07	0,11
Acier trempé	Acier trempé	huile sous pression	0,05	0,11
Acier	XC35	eau	0,25	.
XC35	XC35	huile	0,09	.
Acier 16NC6	Acier	eau	0,065	.
Acier cémenté	fonte trempée	-	0,15	.
Acier cémenté	fonte trempée	lubrifié	0,08	.
Acier	fonte	lubrifié	0,08 / 0,05	0,08
Acier	fonte	-	0,1	0,12
Acier Z30C13	Fonte grise alliée	huile	0,23	
Acier 16NC6	AU4G	eau	0,45	.
Acier 16NC6	AU4G	vaseline	0,075	.
Acier trempé	Bronze trempé	-	0,25 /0,15	0,2
Acier trempé	Bronze trempé	lubrifié	0,12	0,2
Acier trempé	Bronze trempé	huile sous pression	0,05	0,11 / 0,12
Acier 16NC6	CuSn12Zn1P	eau/vaseline	0,17	.
Acier inoxydable chromé	Aluminium	-	0,4	.
Acier inoxydable chromé	Aluminium	lubrifié	0,1	.
Acier	Cuivre étamé	-	0,12	.
Acier	Cuivre étamé	lubrifié	0,09	.
Acier	Métal Fritté	-	0,1/0,12	.
Acier	Métal Fritté	lubrifié	0,03/0,06	.
Acier	Ferrodo	-	0,25/0,35	.
Acier	Graphite	lubrifié	0,09	.
Acier graphité	Téflon	-	0,1	.
Acier graphité	Téflon (PTFE)	lubrifié	0,05/0,08	.

Acier	Téflon (PTFE)	-	0,1	0,15
Acier inoxydable	Téflon graphité	eau	0,06	.
Acier	Palier PTFE	-	0,02/0,08	.
Acier	Palier PTFE	lubrifié	0,003! /0,05	.
Acier	Polyéthylène	-	0,3/0,8	.
Acier	Nylon	-	0,15	0,2
Acier	Nylon	eau	0,5	.
Acier	Nylon	huile	0,1	0,15
Acier	Acétal	huile	0,2	.
Acier	Polyamide 6.6	huile	0,12	.
Fonte grise alliée	Fonte GS rectifiée	huile	0,13	.
Fonte grise alliée	Fonte blanche	huile	0,11	.
Fonte	Bronze	-	0,21	0,43
Fonte	Caoutchouc	-	0,20	0,80
Fonte polie	Cuir	-	0,10	0,43
Fonte polie	Cuir	gras	0,20	0,43
Fonte polie	Corde neuve	-	0,075	0,79
Bronze	Bronze	-	0,20	0,43
Caoutchouc	Fonte polie	-	0,20	0,80
Caoutchouc	Sol moyen	-	0,65	0,80
Caoutchouc	Sol moyen	humide	0,30	0,80
Caoutchouc	Sol moyen	boueux	0,10	0,80
Caoutchouc	Sol moyen	très mouillé	0,25	0,80
Pneu	Route	-	0,5/0,6	.
Pneu	Route	mouillé	0,3/0,5	.
Pneu	Asphalte à 25km/h	-	0,02/0,03	.
Roues en fer	Asphalte bon état	-	0,010	.
Roues en fer	Dalles en pierre	-	0,006	.
Roues en fer	Rail sec	-	0,35	.
Roues en fer	Pavé bois	-	0,018	.
Roues en fer	Pavé pierre	-	0,02	.
Roues en fer	Pavé pierre mauvaise état	-	0,033	.
Roues en fer	Route empierré bon état	-	0,023	.
Roues en fer	Route empierré avec poussière	-	0,028	.
Roues en fer	Route empierré défoncée, boue	-	0,035	.
Roues en fer	Chemin terre bon état	-	0,08	.

Roues en fer	Chemin terre mauvais état	-	0,16	.
Roues en fer	sable	-	0,15 /0,30	.

Chêne	Chêne	-	0,34	0,54
Chêne	Chêne	savonné	0,16	0,44
Chêne	Chêne	humide	0,25	0,71
Chêne	Corde neuve	-	0,52	0,80
Chêne	Cuir	-	0,33	0,43
Chêne(sens des fibres)	Fer	humide	0,26	0,65
Billes	Plan	-	0,05	.
Galets	Plan	-	0,005	.
Roulements	rail	-	0,003	.
Douilles à billes	Axes	-	0,002	.

Sources :

Formulaire technique de Mécanique Générale par Jacques Muller

Systèmes mécaniques - Théorie et dimensionnement / DUNOD

Construction mécanique - 1ére et Terminale / DUNOD

Précis de construction mécanique - Tome 3 / AFNOR-NATHAN

Annexe 3 : Désignations de filetage.

Tableau des dimensions NF E 03.014.

Diamètre nominal	Pas gros	Pas fins recomm.	Diamètre sur flancs	Diamètre intérieur taraudage	Diamètre noyau vis	Section résistante boulonnerie	Diamètre nominal	Pas gros	Pas fins recomm.	Diamètre sur flancs	Diamètre intérieur taraudage	Diamètre noyau vis	Section résistante boulonnerie
$d=D$ mm	P mm	mm	$D_2=d_2$ mm	D_1 mm	d_1 mm	$\frac{\pi}{4}\left(\frac{d_2+d_3}{2}\right)^2$	$d=D$ mm	P mm	mm	$D_2=d_2$ mm	D_1 mm	d_1 mm	$\frac{\pi}{4}\left(\frac{d_2+d_3}{2}\right)^2$
3	0,5	-	2,675	2,459	2,387	5,03	48	5	3-1,5	44,752	42,587	41,866	1473
4	0,7	-	3,545	3,242	3,14	8,78	52	5	3-2	48,752	46,587	45,866	1758
5	0,8	-	4,480	4,134	4,019	14,2	56	5,5	4-2	52,428	50,046	49,252	2030
6	1	-	5,350	4,918	4,773	20,1	60	5,5	4-2	56,428	54,046	53,252	2362
8	1,25	1	7,188	6,647	6,466	36,6	64	6	4-2	60,103	57,505	56,639	2676
10	1,5	1,25-0,75	9,026	8,376	8,160	58,0	68	6	4-2	64,103	61,505	6,639	3055
12	1,75	1,25-1	10,863	10,105	9,853	84,3	72	-	6 4-2	68,103	65,505	64,639	3460
14	2	1,5-1	12,701	11,835	15,546	115	76	-	6 4-2	72,103	69,505	68,639	3889
16	2	1,5-1	14,701	13,835	13,546	157	80	-	6 4-2	76,103	73,505	72,639	4344
18	2,5	1,5-1	16,376	15,294	14,933	192	85	-	6 4-2	81,103	78,505	77,639	4948
20	2,5	1,5-1	18,376	17,294	16,933	245	90	-	6 4-2	86,103	83,505	82,639	5591
22	2,5	1,5-1	20,376	19,294	18,933	303	95	-	6 4-2	91,103	88,505	87,639	6273
24	3	2-1,5	22,051	20,752	20,319	353	100	-	6 4-2	96,103	93,505	92,639	6994
27	3	2-1,5	25,051	23,752	23,319	459	105	-	6 4-2	101,103	98,505	97,639	7755
30	3,5	2-1,5	27,727	26,211	25,706	561	110	-	6 4-2	106,103	103,505	102,639	8555
33	3,5	2-1,5	30,727	29,211	28,706	694	115	-	6 4-2	111,103	108,505	107,639	9395
36	4	3-1,5	33,402	31,670	31,092	817	120	-	6 4-2	116,103	113,505	112,639	10273
39	4	3-1,5	36,402	34,670	34,092	976	125	-	6 4-2	121,103	118,505	117,639	11191
42	4,5	3-1,5	39,077	37,129	36,479	1121	130	-	6 4-2	126,103	123,505	122,639	12148
45	4,5	3-1,5	42,077	40,129	39,479	1306	140	-	6 4-2	136,103	133,505	132,639	14181
							150	-	6 4-2	146,103	143,505	142,639	16370

Source : MEMOTHECH PRODUCTIQUE conception et dessin, 3ème édition, Pr. Claude BARLIER.

Annexe 3 : Propriétés mécaniques des certains matériaux

Aciers et fontes :

Nuances normalisées	Module d'élasticité E	Coefficient de Poisson	Masse volumique	Résistance à la rupture à la traction Rr	Limite élastique à la traction Re
	(Mpa)	(sans Dim)	(Kg/m3)	(MPa)	(MPa)
Aciers d'usage général - structures minces (tôles et profilés)					
S 235	*205000*	*0.3*	*7800*	*340*	*235*
S335	*205000*	*0.3*	*7800*	*490*	*355*
Aciers de construction mécanique					
E295	*205000*	*0.3*	*7800*	*470*	*295*
S355	*205000*	*0.3*	*7800*	*490*	*355*
Aciers faiblement alliés (aucun élément d'addition ne dépasse 5% en masse)					
34 Cr Mo 4	*205000*	*0.3*	*7800*	*700 à 1100*	*450 à 750*
36 Ni Cr Mo 16	*205000*	*0.3*	*7800*	*1000 à 1750*	*800 à 1250*
Aciers fortement alliés (acier inoxydable)					
X 2 Cr Ni 19-11	*205000*	*0.3*	*7800*	*440 à 640*	*185*
Fonte à graphite sphéroïdal					
FGS 400-15	*165000*	*0.3*	*7200*	*400*	*250*

Source ***: Daniel GAY, Jacques GAMBELIN, "Dimensionnement des structures», édition Hermès 1999.***

Nuances normalisées	Module d'élasticité E	Coefficient de Poisson	Masse volumique	Coefficient de Dilatation (*10-6)	Conductivité Thermique	Capacité Calorique volumique	Limite élastique à la traction Re
	(Mpa)	*(sansDim)*	*(Kg/m3)*	*(1/°K)*	*(W/m°K)*	*(MJ/m3°K)*	*(MPa)*
Fer	*210000*	*0.285*	*7850*	*12.5*	*71.1*	*3.65*	*200*
Acier 45SCD6	*220000*	*0.285*	*7850*	*13*	*50*	*3.58*	*1450*
Acier Inox	*220000*	*0.29*	*7850*	*15*	*35*	*3.74*	*200*
Fonte	*100000*	*0.29*	*7100*	*11*	*58*	*3.83*	*200*
Titane	*110000*	*0.33*	*4500*	*8.5*	*16.7*	*2.35*	*260*
TA 6 V	*105000*	*0.34*	*4400*	*8*	*7.2*	*2.3*	*870*
Aluminium	*67500*	*0.34*	*2700*	*24*	*209*	*2.39*	*30*
AU 4 G	*74000*	*0.33*	*2800*	*22.6*	*159*	*2.69*	*240*
AU 2 GN	*73000*	*0.34*	*2750*	*22*	*159*	*2.64*	*400*
Zicral AZ8GU	*72000*	*0.35*	*2800*	*23.5*	*135*	*2.7*	*210*
Cuivre	*100000*	*0.34*	*8930*	*16.5*	*393*	*3.43*	*40*
Laiton UZ40	*92000*	*0.33*	*8400*	*20.8*	*121*	*3.16*	*180*
Bronze	*106000*	*0.35*	*8800*	*17.5*	*47*	*3.1*	*126*
Bronze Béryllium	*130000*	*0.34*	*8250*	*17*	*47*	*3.45*	*175*
Béryllium	*294000*	*0.05*	*1850*	*12.3*	*160*	*1.88*	*60*
Magnésium	*45000*	*0.34*	*1740*	*27*	*160*	*1.88*	*60*
Plomb	*16700*	*0.44*	*11350*	*29.1*	*33*	*1.42*	*1.4*
Plexiglas	*2900*	*0.4*	*1800*	*81*	*0.18*	*1.62*	*80*
Verre	*6000*	*0.25*	*2600*	*6*	*0.98*	*2.18*	*50*
PVC	*3500*	*0.3*	*1400*	*65*	*0.2*	*1.46*	*35*

Source *: S LAROZE, J.J. BARREAU, "Mécanique des structures", édition Masson 1988*

***Annexe 4* : désignation de Vis à billes**



Ecrous pour vis à billes

Ecrous pour vis à billes

Type d'ensemble	Type de recirculation	Diamètre	Pas à droite	Jeu axial	Elimination de jeu	Précharge pour rigidité max.	Accessoires d'écrous	Accessoires de vis	Page du catalogue
SD/BD	Interne, par plons	8	2.5	SD	BD				14
		10	2 - 4	SD	BD				
		12	2 - 4 - 5	SD	BD				
		14	4	SD	BD				
		16	2 - 5 - 10	SD	BD			oui	
SDS/BDS	Acier inox en option								16
SH	Externe, par tube intégré	6	2	SH					18
		10	3	SH					
		12.7	12.7	SH					
SHS	Acier inox en option								16
SX/BX	Interne, par plons	20	5	SX	BX		oui	oui	20
		25	5 - 10	SX	BX		oui	oui	
		32	5 - 10	SX	BX		oui	oui	
		40	5 - 10	SX	BX		oui	oui	
		50	10	SX	BX		oui	oui	
		63	10	SX	BX		oui	oui	
SND/BND/PND	Interne, par plons	16	5 - 10	SND	BND	PND		oui	24
		20	5	SND	BND	PND		oui	
		25	5 - 10	SND	BND	PND		oui	
		32	5 - 10	SND	BND	PND		oui	
		40	5 - 10	SND	BND	PND		oui	
		50	10	SND	BND	PND		oui	
		63	10	SND	BND	PND		oui	
Norme DIN									
SN/BN/PN	Interne, par plons	16	5	SN	BN	PN		oui	28
		20	5	SN	BN	PN		oui	
		25	5 - 10	SN	BN	PN		oui	
		32	5 - 10	SN	BN	PN		oui	
		40	5 - 10	SN	BN	PN		oui	
		50	10	SN	BN	PN		oui	
		63	10	SN	BN	PN		oui	
SL/BL - SLD/BLD	Par faces	25	20 - 25	SL	BL			oui	32
		32	20 - 40	SL	BL			oui	
		32	32	SL	BL			oui	
		32	32	SLD	BLD			oui	
		40	20 - 40	SL	BL			oui	
		50	50	SL	BL			oui	
SLT, BLT, Ecrous tournants							avec vis à grand pas SL/BL		34
Accessoires: FLBU, PLBU, BUF									40

Source ***: catalogue SKF, titre : vis à billes, publication 4141, 2008-06.***

***Annexe 4* : Les différentes liaisons connues :**

Liaisons	Point A considéré	Mouvements cinématiquement admissibles	Efforts transmissibles
Ponctuelle de centre A et de normale Z 	En tout point de la normale de contact, dont A	$\mathrm{M}\begin{Bmatrix}\omega_x & v_x\\ \omega_y & v_y\\ \omega_z & 0\end{Bmatrix}_{i/j}$	$\mathrm{M}\begin{Bmatrix}0 & 0\\ 0 & 0\\ \mathrm{Z} & 0\end{Bmatrix}$
Linéaire rectiligne d'axe (A, x) et de normale Z 	En tout point du plan (A, y, z), dont A	$\mathrm{M}\begin{Bmatrix}\omega_x & v_x\\ 0 & v_y\\ \omega_z & 0\end{Bmatrix}_{i/j}$	$\mathrm{M}\begin{Bmatrix}0 & 0\\ 0 & \mathrm{M}\\ \mathrm{Z} & 0\end{Bmatrix}$
Linéaire annulaire de centre A et d'axe (A, x) 	Au centre de la liaison	$\mathrm{A}\begin{Bmatrix}\omega_x & v_x\\ \omega_y & 0\\ \omega_z & 0\end{Bmatrix}_{i/j}$	$\mathrm{A}\begin{Bmatrix}0 & 0\\ \mathrm{Y} & 0\\ \mathrm{Z} & 0\end{Bmatrix}$
Rotule de centre A 	Au centre de la liaison	$\mathrm{A}\begin{Bmatrix}\omega_x & 0\\ \omega_y & 0\\ \omega_z & 0\end{Bmatrix}_{i/j}$	$\mathrm{A}\begin{Bmatrix}\mathrm{X} & 0\\ \mathrm{Y} & 0\\ \mathrm{Z} & 0\end{Bmatrix}$
Pivot glissant d'axe (A, x) 	En tout point de l'axe, dont A	$\mathrm{M}\begin{Bmatrix}\omega_x & v_x\\ 0 & 0\\ 0 & 0\end{Bmatrix}_{i/j}$	$\mathrm{M}\begin{Bmatrix}0 & 0\\ \mathrm{Y} & \mathrm{M}\\ \mathrm{Z} & \mathrm{N}\end{Bmatrix}$
Appui plan et de normale Z 	En tout point de l'espace	$\mathrm{M}\begin{Bmatrix}0 & v_x\\ 0 & v_y\\ \omega_z & 0\end{Bmatrix}_{i/j}$	$\mathrm{M}\begin{Bmatrix}\mathrm{X} & \mathrm{L}\\ \mathrm{Y} & \mathrm{M}\\ \mathrm{Z} & 0\end{Bmatrix}$
Pivot d'axe (A, z) 	En tout point de l'axe, dont A	$\mathrm{M}\begin{Bmatrix}0 & 0\\ 0 & 0\\ \omega_z & 0\end{Bmatrix}_{i/j}$	$\mathrm{M}\begin{Bmatrix}\mathrm{X} & \mathrm{L}\\ \mathrm{Y} & \mathrm{M}\\ \mathrm{Z} & 0\end{Bmatrix}$
Glissière de direction x 	En tout point de l'espace	$\mathrm{M}\begin{Bmatrix}0 & v_x\\ 0 & 0\\ 0 & 0\end{Bmatrix}_{i/j}$	$\mathrm{M}\begin{Bmatrix}0 & \mathrm{L}\\ \mathrm{Y} & \mathrm{M}\\ \mathrm{Z} & \mathrm{N}\end{Bmatrix}$

Hélicoïdale d'axe (A, x) et de pas p 	En tout point de l'axe, dont A	$\underset{M}{\begin{Bmatrix} \omega_x & u\cdot\omega_x \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}}_{i/j}$ $\underset{M}{\begin{Bmatrix} X & u\cdot X \\ Y & M \\ Z & N \end{Bmatrix}}$
Rotule à doigt de centre A bloquée en Z 	Au centre de la liaison	$\underset{A}{\begin{Bmatrix} \omega_x & 0 \\ \omega_y & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}}_{i/j}$ $\underset{A}{\begin{Bmatrix} X & 0 \\ Y & 0 \\ Z & N \end{Bmatrix}}$
Encastrement	En tout point de l'espace	$\underset{M}{\begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{Bmatrix}}_{i/j}$ $\underset{M}{\begin{Bmatrix} X & L \\ Y & M \\ Z & N \end{Bmatrix}}$

Bibliographie

[1] Extrait « Les principales opérations d'usinage », de « Préparation de Production en Productique Mécanique - Étude de Fabrication et Analyse d'Usinage (3PM-EFAU) », Université de Lille 1 ,20 février 2015.

[2] COMMUNIQUÉ DE PRESSE, Föhrenbach, 5/2017.

[3] Catalogue : LM 600 RX, calibrating, dressing and polishing machines for marble, SIMEC

[4] Cours ETS, Caractéristiques fondamentales de béton, Mr.S.Laldji, hiver 2015.

[5] Annexe 1, page : 53,54 et 55

[6] Ouvrage : GUIDE DE MECANIQUE, Pr. JEAN-LOUIS FANSHON, publié par NATHAN, No d'Éditeur : 10052065, Novembre 1998.

[7] [PDF]Noguet, Lycée Blaise de Colmar, cours de guidage en translation

[8] Livre : Guide de conception, par J.P Faurie Ingénieur CESTI , P.Monnier Ingénieur ENIS , D.Niku-Larl Docteur-Ingénieur (Université Paris VI), avec participation de : R.Sutterlin Ingénieur de l'Armement, page: 18-19.

[9] Référence : DANIEL GAY,JACQUES GAMBELN" Dimensionnement des structures", édition Hermés1999.

Nétographie

[a] http://www.roci-outillage.com/Usinage/Fraises-a-plaquettes.html, Fournitures industrielles, machines outils, outillage professionnel, ROCI outillage.

[b] https://www.aliexpress.com/w/wholesale-tool-diamond.html

[c] http://fr.made-in-china.com/co_songjingru/product_High-Precision-Milling-Machine-X64-Series-of-Smac-Brand_hinoehhgg.html, SJR Machinery Limited, Made-in-China.com.

[d] http://materiel.hellopro.fr/f/3006507/fraiseuse-verticale-8002-1.html, Fraiseuse verticale, Hellopro.

[e] http://www.machine-outil.com/t224/p608-fraiseuse-universelle.html, Fraiseuses universelles, LE REPERTOIRE DE LA MACHINE OUTIL.

[f] http://www.machine-outil.com/t217/p1552-mecanumeric-mecaplus-fraiseuses-cn-3-axes-grand-format.html, MECANUMERIC MECAPLUS : fraiseuses CN 3 axes grand format, LE REPERTOIRE DE LA MACHINE OUTIL.

[g] http://numerique-albi.fr/albilab-fablab-albi/quels-equipements-trouve-t-on-dans-un-fablab/

[h] http://www.directindustry.fr/prod/flex/product-111921-1063939.html, Ponceuse électrique / à disque / pour sol en béton, Direct-INDUSTRY.

[i] http://www.forbetonest.com/polissage-du-beton/, TRAITEMENT DE SOL : Ponçage-Polissage du béton au sol, FORBETON EST.

Résumé

ملخص:
يهدف هذا العمل الى إنجاز دراسة وتصميم آلة تفريز عمودية ذات تحكم رقمي لصقل الكتل الخرسانية. وبغض النظر عن مهمتها الأولية والتي تتمثل في صقل الكتل الخرسانية فبإمكانها إنجاز مهام أخرى تخص عمليات التفريز .

في هذا العمل قدمنا تصميم أولي لمختلف مكونات الآلة في برنامج ,SOLIDWORKS كما أخضعنا بعض أجزاء الآلة لدراسة سكونية وحركية.

كلمات مفتاحية: تصميم، الآلة، تفريز، تحكم رقمي، صقل، الخرسانة، دراسة سكونية و حركية.

Abstract:
This work aims to make a study and design of vertical machine with a digital control for polishing the concrete blocks. Irrespectively of its primary task, which is to polish the concrete blocks, it can accomplish other tasks related to the milling.
In this work we presented a preliminary design of the various components of the machine in the SOLIDWORKS program, and also we subjected some parts of the machine to a static and kinematic study.

Keywords : Vertical machine, digital control, polishing, concrete, milling, design, SOLIDWORKS, static, kinematic.

Résumé:
Ce travail vise à réaliser une étude et conception d’une fraiseuse verticale avec un contrôle numérique pour le polissage des blocs de béton. De manière primordiale, cette machine consiste à polir les blocs en béton, et elle peut accomplir d'autres tâches liées au fraisage.

Dans ce travail, nous avons fait une conception préliminaire des différentes composantes de la machine au niveau de logiciel SOLIDWORKS, et nous avons également soumis certaines parties de la machine à une étude statique et cinématique.

Mots clés : Conception, fraiseuse, contrôle numérique, polissage, béton, fraisage, SOLIDWORKS, statique, cinématique.