Table de Matière

Introduction générale : 08
Chapitre 01 : la bibliographie : 10
Introduction : 11
1.1 Fonctionnement Global du système de freinage : 11
1.1.1 Les Composants Du Système De Freinage Et Leur Fonctionnement : 12
1.1.2 Frein De Service : 13
1.1.3 Frein De Stationnement : 14
1.2 Frein à tambour : 14
1.2.1 Principe de fonctionnement : 15
1.3 Frein à disque : 16
1.3.1 Les types de disque frein : 17
1.3.2 Avantages et Inconvénients : 18
1.3.3 Matériaux Des Disques De Freins : 18
1.3.3.1 Fonte grise : 18
1.3.3.2 Aciers inoxydables : 19
1.3.3.3 Matériaux composites 19
1.4 Les Plaquettes : 20
1.5 Etrier : 21
1.5.1 Frein à étrier coulissant : 22
1.5.2 Frein à étrier fixe : 23
1.6 Assistance (servofrein) 23
1.6.1 Composants du servofrein : 24
1.6.2 Fonctionnement du servofrein : 24
1.7 Maître-cylindre : 25
1.7.1 Le fonctionnement du maître-cylindre 26
1.8 Circuit de freinage : 27
1.8.1 Circuit parallèle et le circuit croisé en X : 27
1.8.2 Fonctionnement de Circuit parallèle et le circuit croisé : 28
1.9 Les Différents Aides Au Freinage : 28
1.9.1 Système de freins antiblocage (ABS) 29
1.9.2 Fonctionnement d'un système ABS 30
1.10 Bancs d'essai 31
1.10.1 Les différents types de bancs de test : 32
1.10.2 Le fonctionnement d'un banc de test 33
1.11 Elaboration du cahier de charge : 33
1.11.1 La bête à corne : 33

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

1.11.2 Diagramme PIEVRE : 34
1.11.3 Diagramme FAST : 35
1.11.4 Cahier de charge : 36
Chapitre 2 : conception et modélisation : 37
Introduction : 38
2.1 Dessin Assisté par Ordinateur : 38
2.2 Conception Assistée par Ordinateur : 38
2.3 Techniques de représentation en CAO : 40
2.3.1 Modélisation fil de fer : 40
2.3.2 Modélisation surfacique : 41
2.3.3 Modélisation solide : 42
2.4 Logiciel de conception SolidWorks : 43
2.5 Mise en plan des pièces élémentaires du système de freinage 44
2.6 La conception de l'accouplement : 55
2.7 Modélisation 3D du Banc d'essai pour le système de freinage : 60
2.8 Simulation et Analyse de mouvement du banc d'essai pour le système de freinage : 68
Chapitre 03 : La réalisation : 71
Introduction : 72
3.1 L'usinage de L'accouplement « arabe moteur – l'accouplement flexible » : 72
3.2 Usinages sur l'accouplement de cardon : 79
3.3 Réalisation du châssis : 83
3.4 Les pièces procurées : 86
Conclusion Generale : 93
Bibliographie : 94

Liste des figures

Figure 1.1 Schéma d'implantation du système de freinage.....12
Figure 1.2 : Freins d'automobile à tambour et à disque 14
Figure 1.3: Frein à tambour.....15
Figure 1.4 : fonctionnement du tambour 16
Figure 1.5:: Désignation des principaux éléments 17
Figure 1.6: : Exemple de disque plein 17
Figure 1.7: : Exemple de disque ventilé.....17

Figure 1.8: : Les micrographies de différentes fontes grises matériaux des disques de frein 18
Figure 1.9: Constitution d´un matériau composite 20
Figure 1.10: Les plaquettes de frein 21
Figure 1.11: Vue 3D Des étrier 22
Figure 1.12:Le système à étrier flottant.....23
Figure 1.13: Le système à étrier à chape flottante. 23
Figure 1.14: Le système à étrier fixe. 23
Figure 1.15: Assistance (servofrein).....24
Figure 1.16:les deux étapes de fonctionnement d'un Servofrein à dépression pour véhicule 25
Figure 1.17:Le maitre-cylindre 26
Figure 1.18:Vue éclater d'un maître-cylindre 27
Figure 1.19: Exemple de circuit multiple 27
Figure 1.20: Montage circuit parallèle 28
Figure 1.21: Montage Circuit croisé.....28

Figure 1.22: illustration d'un freinage avec et sans ABS 30
Figure 1.23: Schéma illustré d'un système ABS 31
Figure 1.24: banc-d-essais-pour-système-de-freinage 31
Figure 1.25: la bête a corne du système du freinage.....33

Figure 1.26: diagramme pieuvre pour le système de freinage.....34

Figure 1.27: diagramme FAST pour le système de freinage..... 35

Figure 1.28: tableau de cahier de charge pour le système de freinage.....36

Figure 2.1: une conception d'une fauteuil roulant avec SolidWorks.....40
Figure 2.2: Différents modes de représentation d'un cube 41
Figure 2.3: le logo du logiciel SolidWorks.....44
Figure 2.4: Situation d'un accouplement.....55
Figure 2.5:Actions mécaniques dans la section d'un arbre.....56
Figure 2.6:Mouvements relatifs à autoriser dans un accouplement 56
Figure 2.7: Combinaison de deux accouplements afin de favoriser le déplacement radial 56
Figure 2.8: Model 3D de L'accouplement 59
Figure 2.9: Model 3D de l'accouplement avec l'accouplement flexible.....59
Figure 2.10: Model du disque de frein.....60
Figure 2.11: model des étriers 61
Figure 2.12: model des plaquettes de Fein 61
Figure 2.13: Model de triangle 62
Figure 2.14: Model de cardan avec accouplement.....62
Figure 2.15: model de l'accouplement 63
Figure 2.16: model de l'accouplement 63
Figure 2.17: Model de moyeu avec support 64

Figure 2.18: Model de maitre-cylindre 64
Figure 2.19: model des pédales du frein et accélérateur 65
Figure 2.20: Model de l'assistance (servofrein) 65
Figure 2.21: Model de châssis de banc d'essai 66
Figure 2.22: Model 3D de moteur électrique 66
Figure 2.23: Vue 3D de banc d'essai 67
Figure 2.24: Vue de face de banc d'essai 67
Figure 2.25: consommation du puissance en watt en fonction du temps 68
Figure 2.26: courbe de couple moteur en fonction du temps 69
Figure 2.27: courbe de vitesse angulaire en fonction du temps 69
Figure 2.28: courbe de vitesse linière 70
Figure 3.1: l'opération de chariotage 72
Figure 3.2 utile a dressage 73
Figure 3.3: foret de diamètre 8 (en bas) et un foret de diamètre de 10 (en haut) 73
Figure 3.4: l'inclinaison de port utile 74
Figure 3.5: opération d'alésage 75
Figure 3.6: utile d'alésage utilisé 75
Figure 3.7: l'intérieure de la pièce après l'alésage 76
Figure 3.8: la machine fraiseuse 76
Figure 3.9: la réalisation de la denture. 77
Figure 3.10: utile a tronçonné 77
Figure 3.11: l'opération de tronçonnage 78
Figure 3.12: la pièce de l'accouplement à la fin de l'usinage 78
Figure 3.13: : l'accouplement avant l'usinage 79
Figure 3.14: centrage de l'accouplement à l'aide d'un comparateur 79
Figure 3.15: opérations de dressage 80
Figure 3.16:linterieur de l'accouplement avant l'usinage 80
Figure 3.17: les foret utilisé , a la droit foret diamètre 10 à gauche foret diamètre 16 81
Figure 3.18: avant trou dans l'accouplement diamètre 10 81
Figure 3.19: perçage final avec un foret de diamètre 26 sur la machine de tour 82
Figure 3.20: image du l'accouplement 82
Figure 3.21:laccouplement entre le cardon et l'arbre du moteur électrique 83
Figure 3.22: : l'état initial du châssis 83
Figure 3.23: découpe d'une barre du fer carré cru 84
Figure 3.24: image pris lors de la soudure 84
Figure 3.25: les supports pour les pièces de système 85
Figure 3.26:les boulonnes utilisé pour fixer le moteur au châssis 85
Figure 3.27: les écrous utilisé pour le serrage pour les boulonnes a diamètre 12 85
Figure 3.28: les boulonnes utilisé pour l'assemblage de support moyeu au châssis 86
Figure 3.29 : maitre-cylindre 86
Figure 3.30: moyeu avec support 87
Figure 3.31: l'arbre de transmission (cardan) 87
Figure 3.32: l'assistance (servofrein) 87
Figure 3.33: le support (triangle) 88
Figure 3.34: les étriers 88
Figure 3.35: les pédales du frein et accélérateur 88
Figure 3.36: réservoir d'huile 89
Figure 3.37: le moteur électrique 89
Figure 3.38: vue de droit du banc d'essai pour le système de freinage 90
Figure 3.39: vue de face du banc d'essai pour le système de freinage 91
Figure 3.40: vue final du banc d'essai pour le système de freinage 91

Figure 3.41: vue sur les élément de système de freinage 92
Figure 3.42: vue sur l'arbre de transmission et l'acouplement 92

Liste des Tableaux

Tableau 1.1: Composition du matériau acier inoxydable 28CrMoV5-08 ……19
Tableau 2.1: les démontions de l'accouplement. ……57

Nomenclature

C: carbone

Cr: chrome

Mo: molybdène

V: vanadium

Mn : manganèse

P : phosphore

S : soufre

Ni : nickel

Si : silicium

D : diamètre

Abbreviations:

ABS: Système antiblocage

FSE : Frein de Stationnement Électrique

TGV : train a grand vitesse

Nombres sans dimensions :

Re : Le nombre de Reynolds

Unité :

MPa : mégapascal

GPa : gigapascal

INTRODUCTION GENERALE

Le premier véhicule automobile fonctionnel a été inventé en 1769 par Nicolas Joseph Cugnot. La naissance de l'automobile s'est faite par l'adaptation d'une machine à vapeur sur un châssis autonome. Avec le développement des nouvelles technologies dans l'industrie automobile, les Véhicules sont devenus de plus en plus performants.

Un véhicule en mouvement possède une énergie cinétique, en fonction de la masse et de la vitesse. Le rôle des freins est d'arrêter ou de ralentir le véhicule en absorbant cette énergie en partie ou en totalité avec un maximum d'efficacité tout en alliant confort et sécurité.

Depuis l'invention de la roue, la problématique de l'immobilisation de celle-ci, dans certaines circonstances, s'est posé. Durant ces dernières années, la technologie des systèmes de freinage a fait des progrès non négligeables. Les systèmes de freinage automobiles utilisent actuellement des disques de frein. Le frein à disque est un système de freinage performant pour les véhicules munis de roues en contact avec le sol. Solidaire du moyeu sur lequel est fixée la roue, sa rotation sera ralentie ou stoppée par la friction des plaquettes de frein sur sa portée.

Les systèmes de freinage doivent suivre le même rythme du développement des nouvelles technologies Automobile. Le frein, comme organe majeur de sécurité, suscite constamment un grand intérêt pour les ingénieurs. L'objectif de l'ingénieur est donc de trouver le meilleur compromis entre ces exigences de sécurité et de ces contraintes technico-économiques. Cette nécessité a donné une naissance à un nouveau terme « les bancs d'essai ». Avec l'apparition des bancs d'essai en peut récolter une multitude des données qui nous donne la possibilité de développer des nouvelles technologies dans l'industrie de l'automobile.

Les bancs didactiques sont destinés à l'enseignement de diverses technologies. Ces équipements présentent un intérêt pédagogique évident puisqu'ils permettent aux étudiants de visualiser très clairement le fonctionnement de systèmes ou sous-systèmes qui ne sont habituellement pas visibles à l'œil nu, améliorant ainsi leur compréhension sur les phénomènes mis en jeu. L'objectif de ce travail est l'étude et la réalisation d'un banc d'essai pour un système de freinage à disque.

La présentation de ce travail s'articule autour de trois chapitres.

Le chapitre I présente une étude bibliographique basée sur le système de freinage de l'automobile, et leurs déférents types, ainsi que l'élaboration de cahier de charge.

Rapport-Gratuit.com

Le chapitre II porte sur la mise en plan des pièces élémentaires du système de freinage et la modélisation numérique en 3D, suivi par l'analyse de mouvement du banc d'essai. Le logiciel SolidWorks est utilisé en modélisation et en simulation.

Le chapitre III est consacré à la présentation des différentes phases de réalisation du banc d'essai.

Enfin, ce travail se termine par une conclusion générale et des perspectives.

Chapitre 1 : La bibliographie

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Introduction :

Grace aux développements de la technologie, les automobiles sont devenue de plus en plus rapides, cela mène les ingénieurs à faire face à un vrai défi, comment faire arrêter une telle machine qui dispose d'une puissance égales à des centaines des cheveux ?

Les freins dans une voiture comme organe majeur de sécurité, Si ce système est dans une état mauvaise les dégâts que ça va produire est immense grave peut même provoquer la mort. C'est pour cette raison que l'utilité des freins est d'une importance élevée.

Les développeurs insistent surtout lors de mis en point du système de freinage sur l'efficacité ; la régularité du couple de freinage ; le silence lors du fonctionnement ; une construction facile ; un entretien facile ; un bas prix de revient correspondant au genre de construction de la machine. Dans ce cadre et à cause de la puissance des nouvelle voiture le choix de matériaux des disques de freine devient un chose crucial. La technologie des matériaux composite ou les matériaux qui entre dans les domaines spatiaux a lancé une concurrence industrielle toujours croissante dans ce domaine-là pour posséder la meilleure recette pour les matériaux qui entre dans la fabrication d'un système de freinage.

Dans ce chapitre on va présenter une recherche bibliographique sur le système de freinage d'une voiture, leurs fonctionnements et ainsi que les bancs d'essai est leur utilité dans ce domaine.

1.1 Fonctionnement global du système de freinage :

Le système de freinage permet de diminuer la vitesse d'un véhicule jusqu'à son arrêt complet, il utilise le Principe de friction entre deux surfaces en contact qui se trouvent en mouvement relatif.

L'efficacité d'un freinage dépend du poids du véhicule, de la vitesse, de la force exercée et des matériaux de friction (disques et plaquettes) utilisés sur les surfaces de freinage. Avec une force de 14kg exercée sur la pédale de frein, la force de freinage appliquée sur une roue avant peut dépasser les 2 tonnes et 1,4 tonnes sur une roue arrière. Dans un système de freinage tous les composants sont liés les uns aux autres, c'est la pression hydraulique qui permet de les faire fonctionner. La commande de freinage s'effectue à partir du maitre-cylindre (voir la figure 1.1), pièce maitresse du système sur laquelle est raccordé le réservoir de liquide de frein, c'est en quelque sorte le même principe qu'une seringue à laquelle seraient raccordés 4 tuyaux, un pour chaque roue.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Quand le conducteur appuie sur la pédale de frein, la force qu'il utilise sur la pédale est transmise au servofrein, lui-même relié par des leviers et tiges à la pédale, qui transfère alors cette puissance au maitre-cylindre. C'est donc votre force d'appuie qui déterminera la puissance de votre freinage.

Lorsque le conducteur exerce une pression sur la pédale de frein, le maitre-cylindre va alors pousser le liquide de frein (pression hydraulique) dans les canalisations jusqu'aux étriers (pour les freins à disques) ou cylindres de roues (pour les freins à tambours). Ces canalisations sont montées en deux circuits croisés : un qui contrôle la roue avant gauche et la roue arrière droite et le deuxième la roue avant droite et la roue arrière gauche ; ce fonctionnement optimise le système de freinage qui restera alors équilibré en cas de problème avec l'un des deux circuits. La pression hydraulique exercée par le maitre-cylindre va ainsi permettre aux pièces de friction d'entrer en contact (les plaquettes de frein avec les disques ou les segments avec les tambours) afin de ralentir la rotation des disques ou tambours qui sont solidaires des roues pour freiner ou arrêter le véhicule. [1]

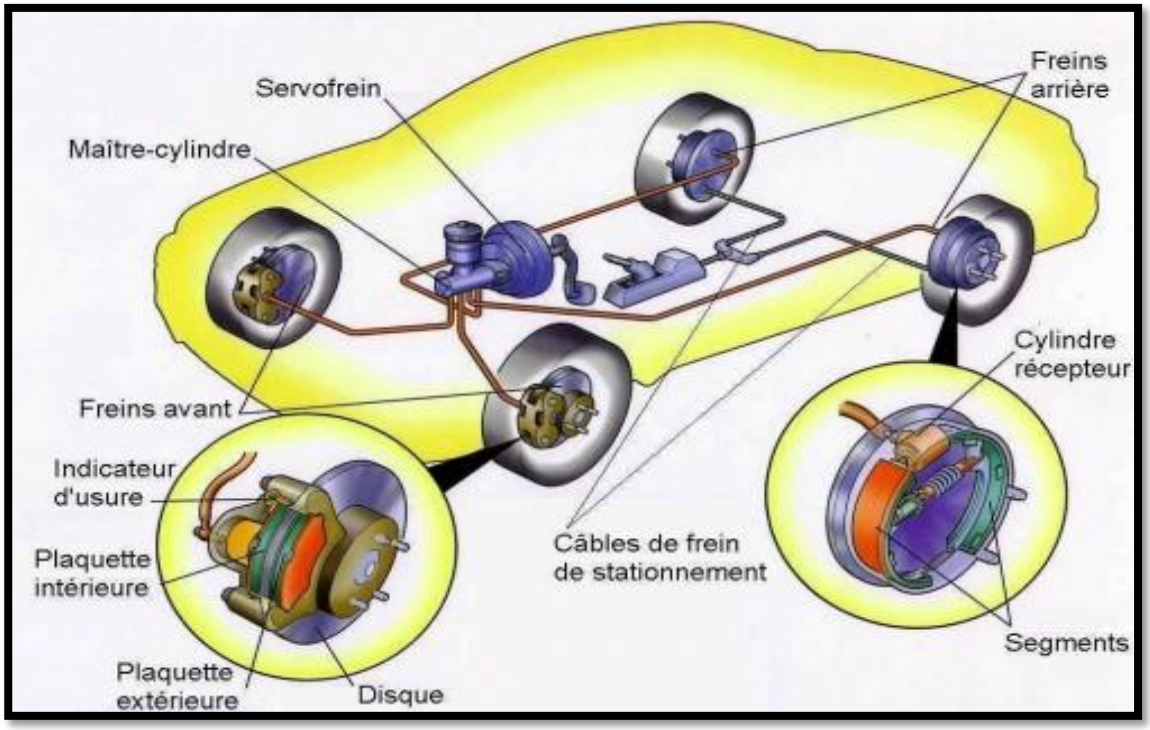


Figure 1.1 Schéma d'implantation du système de freinage.[1]

1.1.1 Composants du système de freinage et leur fonctionnement :

Aujourd'hui la majorité des véhicules sont équipés de freins à disque à l'avant et à l'arrière, cependant quelques voitures citadines ou certains utilitaires conservent des freins à tambour, uniquement à l'arrière. [1]

Tous les véhicules sont équipés de deux systèmes de freins distincts, le frein de service et le frein de stationnement. Un autre système connu, le frein moteur, peut lui aussi être utilisé pour ralentir le véhicule.

1.1.2 Frein de service :

- **Le maitre-cylindre :** c'est la commande mère du système
- **Le liquide de frein :** Sans lui, plus rien ne fonctionne ! Son remplacement est préconisé environ tous les deux ans. Un liquide usé provoque une absence de lubrification du système et des fuites prématurées, ainsi que des risques de vapor lock* causé par un taux important d'humidité (*dysfonctionnement du carburateur dû à l'absence d'essence ou de diesel, ce qui créé des difficultés à démarrer ou un moteur qui cale).
- **Les flexibles :** Ils relient les canalisations rigides aux étriers de frein. Ils sont en caoutchouc et doivent être vérifiés à chaque visite de contrôle (voir la figure 1.2).
- **Les étriers :** Organe hydraulique dans lequel viennent se loger les plaquettes, plus communément appelé « la pince ».
- **Les plaquettes de frein :** deux plaquettes par roue, disposées de part et d'autre du disque de frein. Pièces consommables : les garnitures, souvent munis d'un témoin d'usure qui allumera le voyant pour informer le conducteur du changement à prévoir.
- **Les disques de frein :** Solidaire du moyeu sur lequel est fixée la roue, sa rotation sera ralentie ou stoppée par la friction des plaquettes de frein sur sa portée. Sur les véhicules récents, équipés d'ABS ou ESP, on constate un remplacement de disques pour deux remplacement de plaquettes en moyenne. Le frein à disque est progressif et demande une grande pression pour devenir très efficace.
- **Le kit de frein à tambour :** composé de cylindre de roue (organe hydraulique) et de segments de frein qui s'écartent vers l'extérieur sous la pression, deux mâchoires viennent alors frotter l'intérieur du tambour, ce qui permet de ralentir et immobiliser le tambour de frein (les pièces consommables sont les garnitures). Le remplacement du kit de frein est à prévoir environ tous les 100 000 kms. [1]

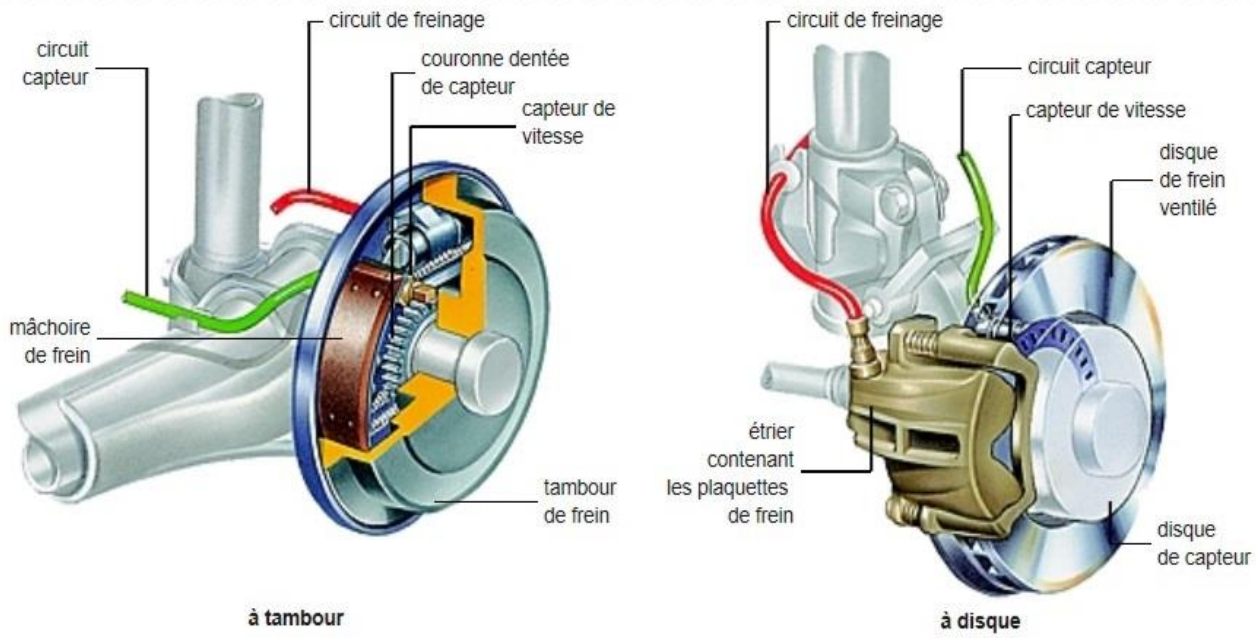


Figure 1.2 : Freins d'automobile à tambour et à disque [6]

1.1.3 Frein de stationnement :

On utilise majoritairement le système de frein de stationnement pour l'immobilisation complète du véhicule, il peut être utilisé lors des démarrages en côte et parfois lors des freinages d'urgence. Le frein de stationnement possède plusieurs appellations : frein de stationnement, frein à main et frein de parking**.** Il peut être mécanique ou électrique.

Le fonctionnement du frein de stationnement mécanique est assuré par des câbles de frein (un pour chaque roue) qui, lorsque le conducteur tire sur le levier, viennent pousser les segments de frein sur les tambours : les mâchoires sont ainsi plaquées sur le tambour et bloquent les roues, la rotation devient impossible. Le véhicule est immobilisé.

Il existe deux systèmes de frein de stationnement électrique (FSE) :

- Un système piloté par câbles (le levier de frein à main est remplacé par un moteur électrique, placé sous le siège du conducteur, qui tire sur les câbles de serrage des disques de frein arrière)
- Un système par étriers électrohydrauliques (petit moteur électrique sur chaque étrier qui pousse le piston) [1].

1.2 Frein à tambour :

Le frein à tambour a longtemps été le seul système employé pour ralentir et arrêter une automobile. S'il n'est pratiquement plus de voitures de tourisme équipées de freins à tambour sur les quatre roues, nombre d'entre elles, bien qu'équipées de disques à l'avant, conservent ce

système sur les roues arrière. Le principe de fonctionnement en est simple deux mâchoires en acier, garnies d'une couche de matériau à base.

D'amiante, s'écartent à l'intérieur d'un tambour, généralement en fonte, solidaire de la roue. Le frottement qui en résulte freine le tambour et donc la roue, ralentissant puis immobilisant la voiture. L'écartement de ces mâchoires était autrefois assuré par une came, commandée par une tringlerie ou un câble. La commande hydraulique s'est généralisée après la Seconde Guerre mondiale. [10]

Il se compose d'un tambour en fonte solidaire de la roue, de mâchoires solidaires du châssis, garnies d'un matériau à haute résistance au frottement et à l'échauffement et d'un cylindre qui presse les mâchoires contre le tambour (Fig.1.3). Les mâchoires sont en acier recouvert d'une garniture d'un matériau composite ayant un bon coefficient de frottement (0,35 à 0,40) avec le matériau du tambour et s'usant plus vite. L'usure peut être rattrapée par un mécanisme de réglage accessible de l'extérieur non (automatique) [7].

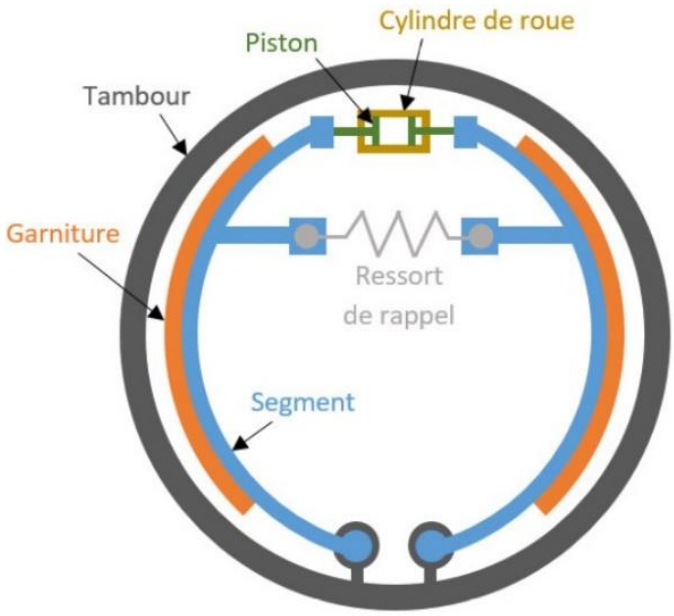


Figure 1.3: Frein à tambour.[9]

1.2.1 Principe de fonctionnement :

Un flasque en tôle emboutie solidaire de la fusée de roue porte un cylindre, muni de deux pistons (un à chaque extrémité du cylindre) et les mâchoires de freins. La partie inférieure des mâchoires pivote sur un axe monté sur le flasque et leur partie supérieure repose sur les pistons du cylindre de roue. De puissants ressorts rappellent les mâchoires l'une vers l'autre lorsqu'on n'appuie plus sur la pédale de frein. Afin que la course vers la surface de friction du tambour soit toujours la même, quelle que soit l'usure des garnitures, des excentriques, agissant

sur le retour des mâchoires, permettent de régler leur jeu. Ils sont évidemment réglables de l'extérieur pour ne pas avoir à déposer le tambour de frein. Deux petits ressorts retiennent chaque mâchoire plaquée contre le flasque pour éviter les vibrations au freinage et complètent ainsi l'ensemble du dispositif. [10]

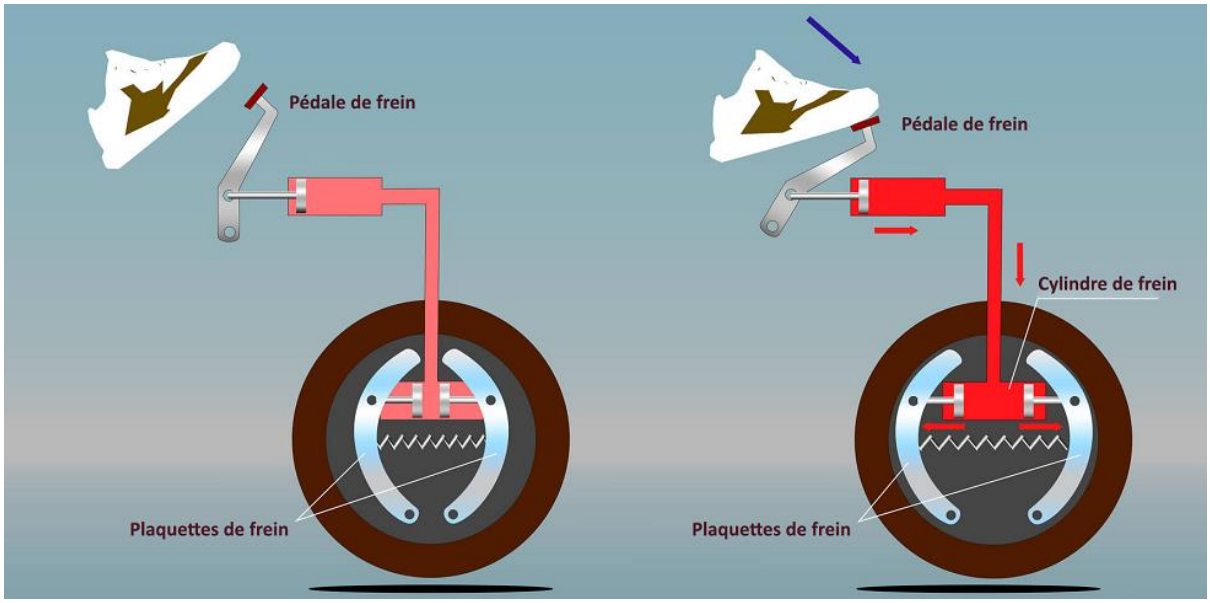


Figure 1.4 : fonctionnement du tambour [2]

1.3 Frein à disque :

Le frein à disque est un système de freinage performant pour les véhicules munis de roues en contact avec le sol : automobile, avion, train, etc. et pour diverses machines. Ce système transforme l'énergie cinétique du véhicule en chaleur.

Bien que le système du freinage à disque existe depuis les débuts des véhicules motorisés, il n'a pas été utilisé avant très longtemps à cause d'un problème évident de fiabilité. A l'époque, il était difficile pour les matériaux de lutter contre de telles chaleurs, le système a donc été abandonné au profit des freins à tambour, plus fiables.

Dans le domaine de l'automobile, c'est Jaguar qui fut le premier constructeur à développer un système de freinage à disque suffisamment performant pour être monté sur sa Type-C. A l'époque, il s'agissait là d'une gigantesque avancée technologique, ce qui permis au constructeur britannique de gagner la prestigieuse course des 24 Heures du Mans de 1953.

Ensuite, Citroën fut le premier constructeur à proposer des freins à disque de série à l'avant de sa DS en 1955. Cinq années plus tard, Renault relève le défi de greffer pour la première fois quatre freins à disque sur sa Dauphine. La dernière réelle innovation en terme de freinage est l'arrivée des freins en céramique sur des voitures de série, faite par Mercedes en 2003. [11]

Le frein à disque (Fig.1.5) est composé de :

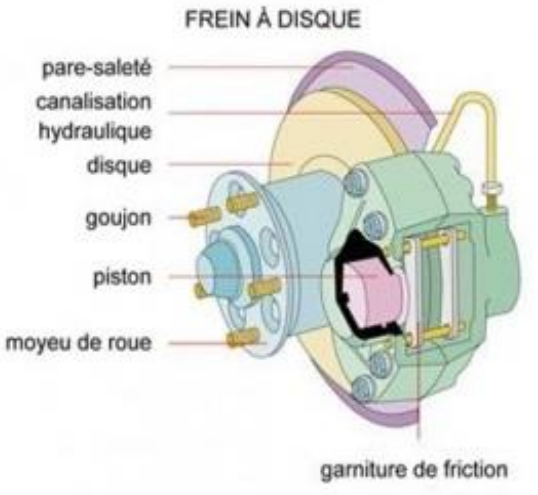


Figure 1.5:: Désignation des principaux éléments [1]

Les disques sont des composants soumis à de fortes températures. De manière générale, on trouve sur les véhicules de série des disques pleins. Afin d'augmenter l'échange thermique entre le disque et l'air environnant, on peut utiliser des disques ventilés. En diminuant ainsi la température, on garantit un meilleur frottement des garnitures sur les disques [8].

1.3.1 Les types de disque frein :

Il existe deux type de disque :

- **Le disque plein** de géométrie simple et donc de fabrication simple, il se compose tout simplement d'une couronne plein reliée à un « bol » qui est fixe sur le moyeu la voiture (figure1.6).
- **Le disque ventilé** de géométrie plus complexe, ils se composent de deux couronnés « appelées flasques » séparées par des ailettes, il refroidit mieux que le disque plein (figure 1.7).

Figure 1.6: : Exemple de disque plein [19]

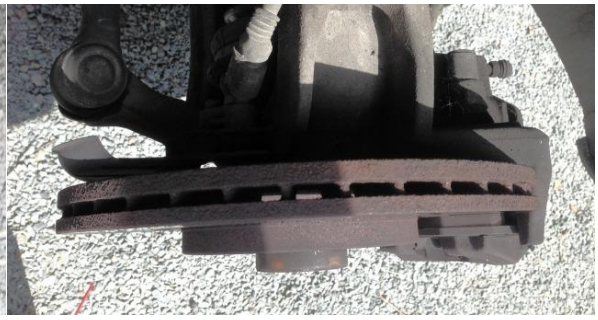


Figure 1.7: : Exemple de disque ventilé [19]

1.3.2 Avantages et inconvénients :

- **Avantages :**

• Les freins à disques se sont améliorés avec le temps. Ils sont généralement plus endurants et mieux refroidis grâce aux modèles ventilés

• Meilleure dissipation de la chaleur que le frein à tambour, puisqu'aéré

• Plus esthétique

• Permet de disposer de l'ABS pour éviter le blocage des roues

- **Inconvénients :**

• Moins efficace sur le mouillé puisqu'il peut se recouvrir d'eau et augmenter le temps de freinage

• Remplacement assez onéreux des disques, surtout s'ils sont en carbone-céramique, ou dans une moindre mesure en acier. [11]

1.3.3 Matériaux des disques de freins :

1.3.3.1 Fonte grise :

Dans l'industrie automobile, on utilise communément des disques de frein en fonte grise à graphite lamellaire, pratiquement exemptes de cémentite et d'eutectique phosphoreux. La fonte grise possède un bon comportement thermomécanique ; elle est peu chère, peut être coulée facilement et se fabrique aisément. Elle présente une bonne conductivité, une résistance mécanique satisfaisante et une faible usure. Les proportions de carbone et l´addition de différents éléments (phosphore, potassium, silicium, manganèse, cuivre, soufre, nickel, chrome, molybdène, aluminium, autres éléments d'alliages et des impuretés diverses) permettent d´améliorer les propriétés thermomécaniques et tribologiques de la fonte [20-21]. Notons que plus la teneur en carbone n'est élevée, plus la résistance mécanique de la fonte ne devient mauvaise. Les contraintes thermiques diminuent avec l´augmentation de la conductivité.

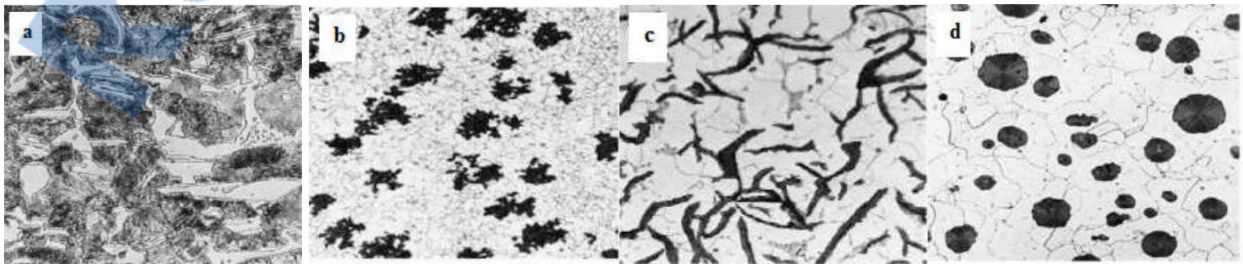


Figure 1.8: : Les micrographies de différentes fontes grises matériaux des disques de frein [22]

a- Fonte grise; b- Fonte malléable ; c -Fonte blanche ; d- Fonte ductile.

Rapport-Gratuit.com

1.3.3.2 Aciers inoxydables :

Dans le secteur ferroviaire, on utilise pour les trains à grande vitesse de plus en plus des aciers inoxydables alliés au chrome, au molybdène et au vanadium. Les propriétés mécaniques de ces aciers sont la grande ductilité (R_e > 1000 MPa à 20$^\circ C$ et R_e > 800 MPa à 450$^\circ C$) et la résilience élevée surtout à haute température [23]. Dans le cas du contact glissant, la différence entre les aciers et les fontes se situe au niveau du film de transfert qui se forme entre le disque et la plaquette de frein. Pour l'acier, on a un dépôt avec microstructure cristallisée et une composition chimique dépendent de la réactivité entre le matériau de friction et les oxydes de fer. Pour une fonte, le dépôt présente un caractère plus complexe avec l'existence de matériaux amorphes et de composition chimique plus complexe. Cette différence de comportement est due aux facteurs suivants :

Les températures des aspérités de contact où a lieu le dépôt sont très différentes en raison des caractéristiques thermiques de l'acier et de la fonte (en particulier de l'effusivité), les actions mécaniques à l'interface entraînent des ruptures de nature différentes au niveau des aspérités de surface (ductilité de l'acier et la fragilité de la fonte).

Le matériau des disques de frein TGV est en acier inoxydable 28CrMoV5-08, qui est obtenus par forgeage puis subisse un traitement thermique de trempe (austénitisation à 975°C pendant 5 heures) suivi d'un revenu (635°C pendant 9 heures). La composition chimique de ce matériau est présentée dans le tableau 1.1 [24].

	C	Cr	Mo	V	Mn	p	S	Ni	Si
Elément (%)	0.2-0.3	1.2-1.6	0.6-09	0.2- 0.4	0.5-0.9	<0.015	<0.007	<0.4	0.4-0.1

Tableau 1.1: Composition du matériau acier inoxydable 28CrMoV5-08 [24].

1.3.3.3 Matériaux composites

Dans l´industrie automobile et aéronautique, où la sécurité et l'efficacité du système de freinage jouent un rôle primordial, des disques de frein en matériaux composites ayant de meilleurs comportements thermiques et tribologiques ont vu le jour ces dernières décennies.

Un matériau composite est un assemblage d'au moins deux matériaux non miscibles, de nature différente et complémentaire, ayant une forte capacité d'adhésion donnant naissance.

Un nouveau matériau hétérogène et possédant de meilleures performances que les autres matériaux couramment utilisés [25]. Du fait des performances élevées (très bonne résistance mécanique et faible densité) que présentent certains composites, ils ont remplacé progressivement les matériaux classiques.

Les matériaux composites sont constitués d'une ossature, appelée renfort, qui assure la tenue mécanique et d'une protection, appelée matrice, qui assure la cohésion de la structure et transmet les sollicitations vers le renfort (figure 1.9). Parmi les matériaux composites employés dans la construction des disques de freins, on a le carbone-carbone (C-C), les composites à matrice métallique (CMM) et les composites à matrice céramique (CMC).

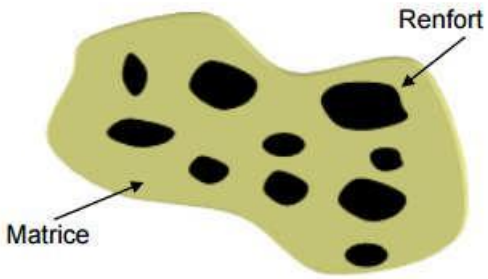


Figure 1.9: Constitution d´un matériau composite [25].

1.4 Les Plaquettes :

Les plaquettes de frein sont composées d'une plaque en métal relativement rigide sur laquelle est collée une garniture, semblable à celle que l'on peut trouver dans les freins à tambour. Elle est toutefois soumise à des pressions plus élevées, la surface de contact étant plus réduite. La garniture est l'élément d'usure d'un système de frein et sa périodicité de changement est plus courte que celle du disque. La surface d'une garniture est très réduite comparativement à la puissance de freinage qu'elle doit fournir. Elle doit avoir de bonnes propriétés thermomécaniques et également fournir un coefficient de frottement relativement stable avec la température afin d'assurer un freinage le plus constant possible.

Si la rigidité de la garniture est relativement faible, de l'ordre de quelques *GPa*, la plaque métallique au dos de la garniture se doit d'être relativement rigide d'une part pour transmettre l'effort provenant du piston hydraulique et d'autre part pour répartir la pression le plus uniformément possible sur l'ensemble de la surface de la garniture. Cela permet une usure

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MEMOIRES

uniforme de la garniture, rendant le freinage constant au cours du temps et une répartition optimale du flux de chaleur.

Les plaquettes sont les pièces les plus essentielles de l'étrier, elles assurent le pincement du disque et de ce fait l'arrêt du véhicule. Elles doivent supporter des températures importantes liées aux frottements contre le disque (ces températures peuvent atteindre les 800°C) [12]. Les plaquettes de frein automobile com portent des rainures (Fig.1.10). Outre leurs caractères d'évacuation des poussières et de l'eau, ces rainures influent elles sur le comportement thermique de la plaquette. Cette dernière doit présenter :

Une bonne résistance à l'usure, non agressivité des pistes de frottement. Absence de bruit. Haute résistance thermique. La température des garnitures peut atteindre 600°C 700°C.

Figure 1.10: Les plaquettes de frein[32]

-

Une température trop élevée peut entraîner une perte d'efficacité presque totale du freinage appelée : évanouissement ou fading. La fabrication de la plaquette nécessite l'application de plusieurs techniques [13] :

- **Support métallique** : obtenu par découpage (découpage fin pour la première monte), il subit des opérations de nettoyage et de grenaillage.
- **Matériau de friction** : pesage mélange.
- **L'ensemble** : cuisson, cautérisation (pour la première monte), rectification et peinture.
- **Personnalisation** : plaque antibruit, marquage

1.5 Etrier :

L'étrier est une pièce rigide solidaire de l'essieu, il coiffe le disque sur une portion d'arc. Il porte de part et d'autre du disque un élément de friction communément appelé "plaquette de frein" dont la poussée contre le disque peut être obtenue suivant deux principes :

- Étrier fixe à pistons opposés.
- Étrier flottant à deux pistons ou à piston unique.

L'étrier constitue la terminaison de la commande hydraulique du frein à disque. Il comprend le système cylindre / piston qui actionne les plaquettes de frein (Figure 1.11). [14]

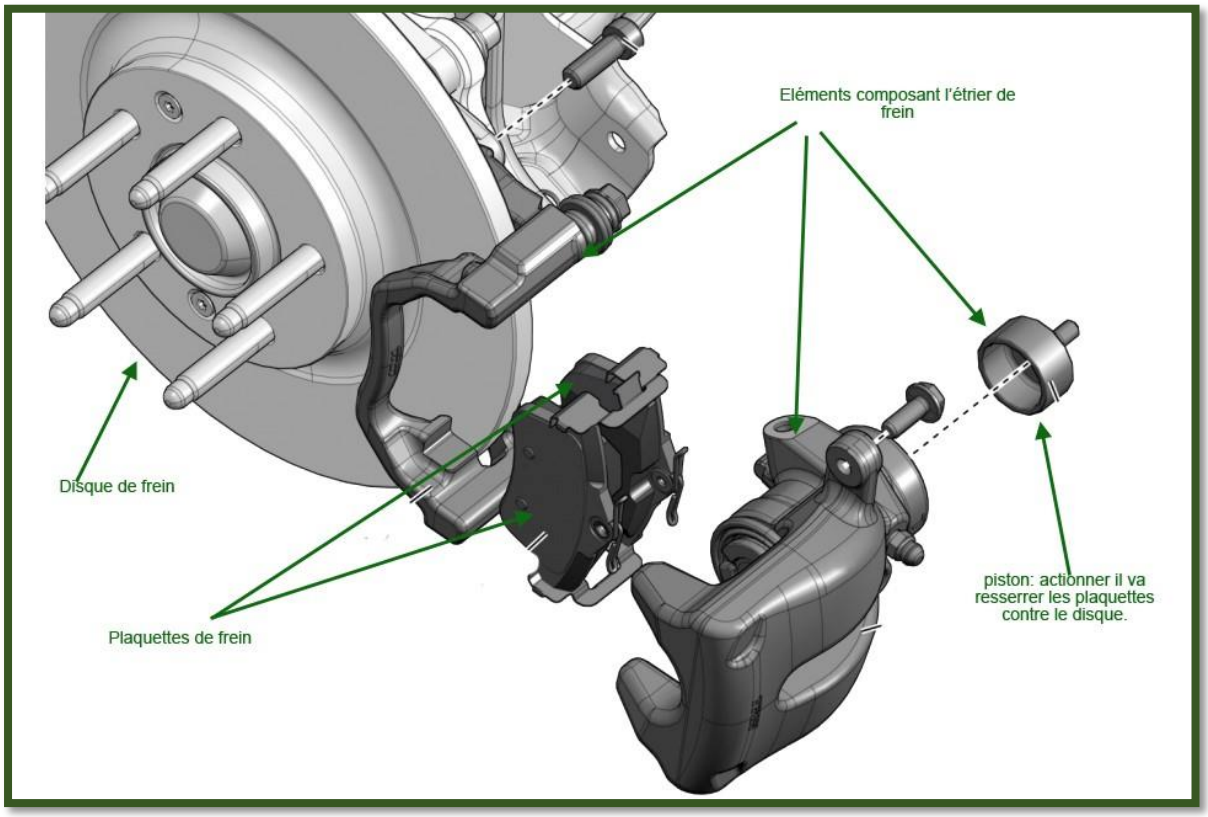


Figure 1.11: Vue 3D Des étrier[14]

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

1.5.1 Frein à étrier coulissant :

Lorsque le véhicule est en mouvement, le disque est en rotation. Dans le cas d'un système à étrier coulissant (Fig. 1.12), pendant la phase de freinage, un circuit hydraulique commandé par la pédale de frein actionne le piston qui presse la première plaquette (plaquette interne) contre le disque. Lorsque celle-ci est en contact avec le disque, l'étrier se déplace par réaction grâce à un système de coulissage et entraîne la seconde plaquette contre le disque.

On pourra également trouver des freins à chape coulissante au fonctionnement quasi identique que les freins à étriers coulissants [7] (Fig. 1.13).

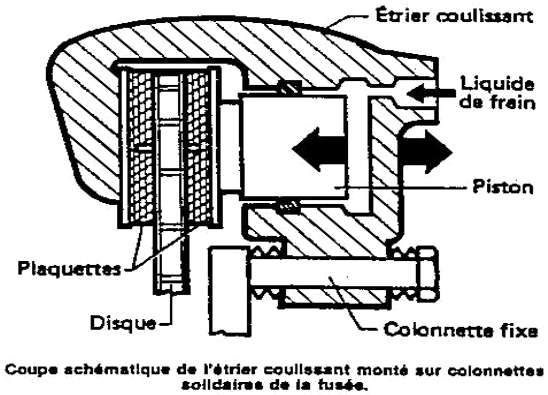


Figure 1.13:Le système à étrier flottant.

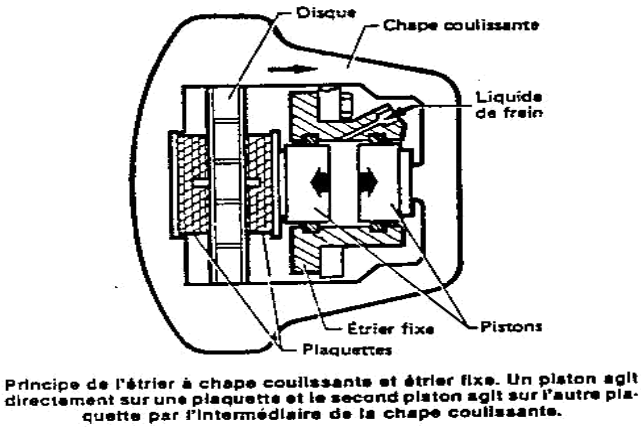


Figure 1.12: Le système à étrier à chape flottante.

1.5.2 Frein à étrier fixe :

Dans le cas de l'étrier fixe, qui est rigidement attaché à l'essieu et qui comporte deux pistons opposés alimentés par un même circuit hydraulique, les deux pistons viennent presser les deux plaquettes sur le disque lors de la mise en pression (Fig. 1.14). L'avantage de ce dispositif par rapport à l'étrier coulissant est la moindre quantité de liquide mise en jeu (puisque chaque piston ne parcourt qu'une de mi-distance).

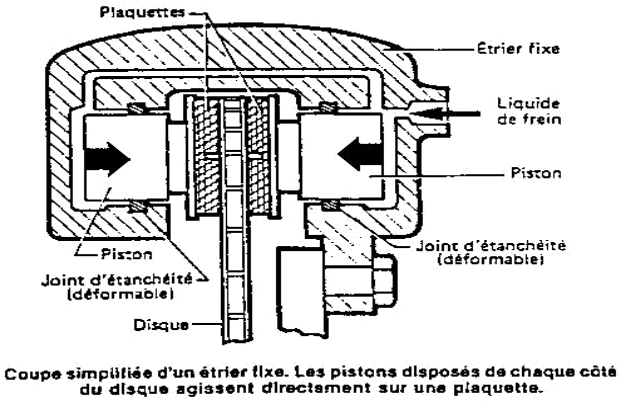


Figure 1.14: Le système à étrier fixe.

1.6 Assistance (servofrein) :

Le frein à disque procure un frottement plus puissant que le frein à tambour mais nécessitent par contre une force pressante plus élevée.

Afin d'accroître l'agrément de freinage en diminuant l'effort à la pédale, on utilise fréquemment des servofreins. Par dispositif commandé par la pédale de frein, qui multiplie l'effort exercé par le conducteur pendant le freinage, en faisant appel à une source d'énergie auxiliaire (figure1.15). [30]

1.6.1 Composants du servofrein :

Le servofrein est donc venu soulager la jambe du conducteur. Son principe de fonctionnement est relativement simple : il utilise la dépression régnant dans la pipe d'admission du moteur pour actionner un piston qui multiplie la pression engendrée dans le maître-cylindre.

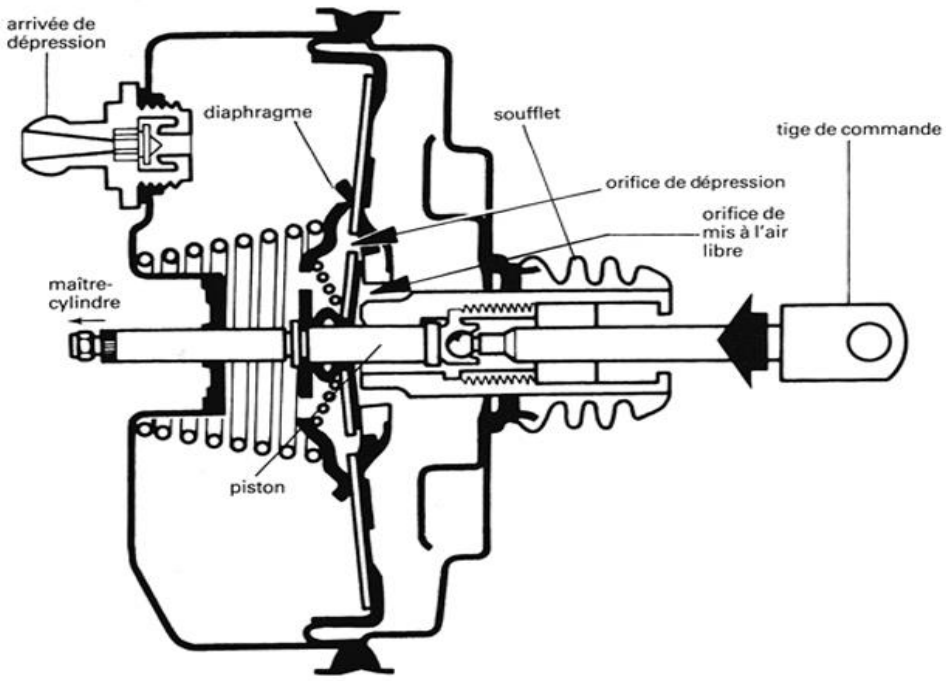


Figure 1.15: Assistance (servofrein)[15]

Il se compose de deux parties bien distinctes une partie hydraulique et une partie pneumatique.

– La **partie hydraulique** : ressemble à un maître-cylindre classique avec, en plus, un petit piston monté à l'extérieur du cylindre principal, piston qui commande la valve d'arrivée de dépression et qui est rappelé en position fermée par un ressort.

– **La partie pneumatique :** comprend un gros cylindre de 20 à 25 cm de diamètre dans lequel se déplace un piston muni d'une membrane de caoutchouc assurant l'étanchéité. Une tige d'acier le relie au piston de la partie hydraulique et un gros ressort le maintien sur le fond du cylindre. L'arrivée de dépression commandée par le petit piston de la partie hydraulique débouche dans le cylindre pneumatique, du côté de la face interne de la membrane. [15]

1.6.2 Fonctionnement du servofrein :

Lorsque le conducteur appuie sur la pédale de frein, la pression engendrée par le maître-cylindre débouche dans le cylindre de la partie hydraulique du servofrein, repoussant le petit piston qui commande l'arrivée de dépression. Le vide se fait donc dans la partie pneumatique et aspire le piston vers l'intérieur, celui-ci poussant à son tour le piston principal de la partie hydraulique et fermant l'arrivée en provenance du maître-cylindre. La pression hydraulique ainsi engendrée est transmise aux freins de la voiture. Lorsqu'on relâche la pédale de frein, l'arrivée

de dépression se ferme et tout revient en position de repos. Notons également qu'un circuit by-pass permet aux freins de fonctionner sans assistance en cas de défaillance du servofrein.

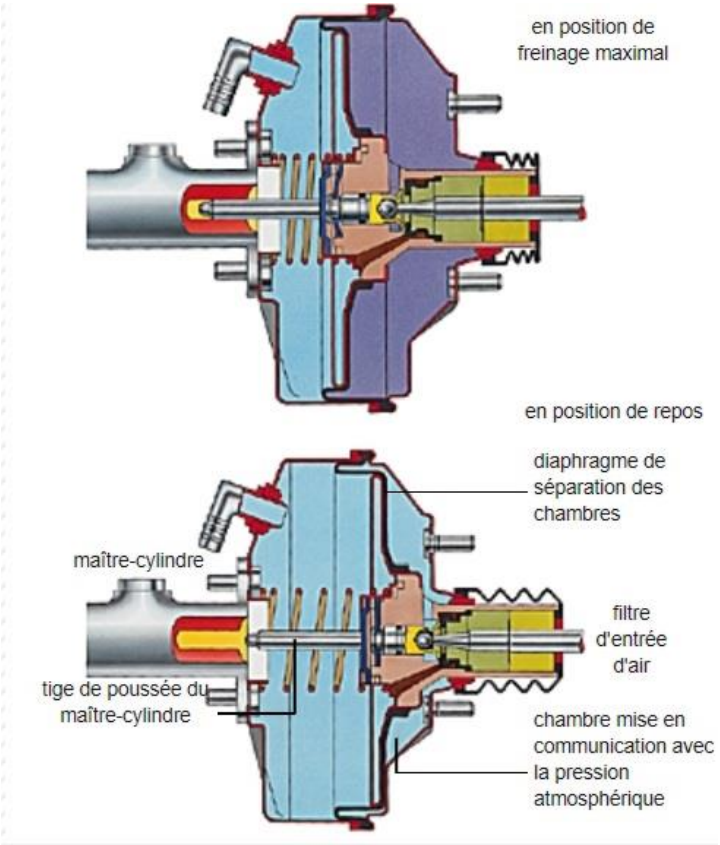


Figure 1.16:les deux étapes de fonctionnement d'un Servofrein à dépression pour véhicule [16]

Les premiers servofreins étaient montés séparément du maître-cylindre, certains se trouvant même sous le châssis de la voiture, ou dans une des ailes. Actuellement, ils sont montés directement sur la cloison pare-feu, et le maître-cylindre est boulonné dessus. L'action est directe, et cette disposition est plus économique. [15]

1.7 Maître-cylindre :

Partie intégrante du système de freinage d'un véhicule, le maître-cylindre est une pièce placée derrière la coupelle à dépression qui a pour principale mission l'envoi du liquide de frein sous pression à l'ensemble du dispositif de freinage, jusqu'aux roues. Le maître-cylindre se compose généralement :

- D’un réservoir de liquide de frein situé sur le dessus, pour compenser les variations liées à la température du circuit et de l'air, et qui présente deux repères, minimum et maximum, entre lesquels le niveau de liquide de frein doit toujours se situer ;
- D’un cylindre et d'un piston dont le rôle est de faciliter la mise sous pression du circuit de freinage lorsque le conducteur actionne la pédale de frein ;

De deux sorties pour chaque circuit de freinage. [17]

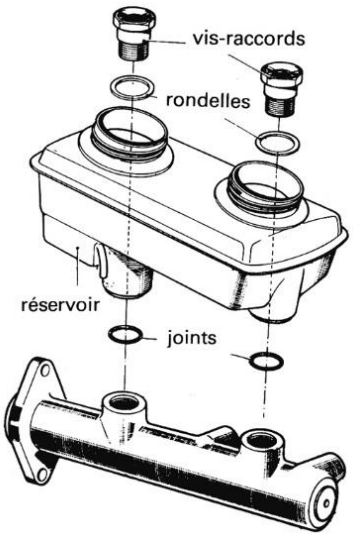


Figure 1.17:Le maitre-cylindre [18]

1.7.1 Le fonctionnement du maître-cylindre

Lorsqu'il n'est pas en action et n'est donc pas sollicité par le conducteur, le maître-cylindre se caractérise par une position du piston contre la rondelle de butée, ce qui lui permet de découvrir les orifices de dilatation et d'alimentation. Lorsque le conducteur exerce une action de freinage, le piston et la coupelle primaire se dirigent vers le fond de l'alésage afin d'obstruer l'orifice de dilatation, une action qui, résumée rapidement, permet la compression du liquide, et donc le freinage. Lorsqu'un conducteur constate une baisse des performances de freinage de son véhicule, il est possible que le maître-cylindre soit en cause. Il est alors nécessaire de vérifier, entre autres, l'absence de fuite du liquide de frein. Le remplacement d'un maître-cylindre défaillant est plus ou moins complexe selon les véhicules. Déterminant dans le freinage, et donc dans la sécurité des conducteurs, le maître-cylindre doit être remplacé avec précaution et en prenant soin de respecter les préconisations des constructeurs. [17]

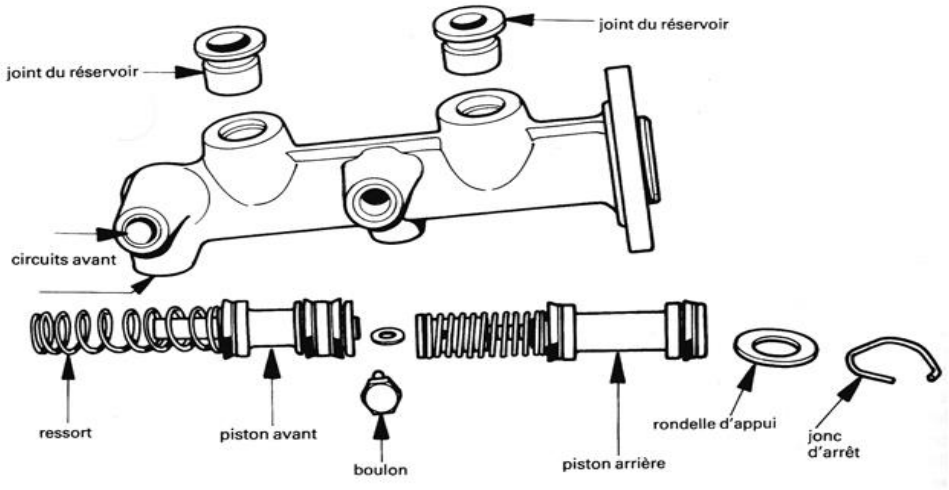


Figure 1.18:Vue éclater d'un maître-cylindre[18]

1.8 Circuit de freinage :

1.8.1 Circuit parallèle et le circuit croisé en X :

Le circuit en X consiste à relier les roues en diagonal (avant-gauche avec arrière-droit et avant-droit avec arrière-gauche) et non pas en parallèle (roues avant reliées entre elles et idem pour l'arrière). Le but de cette architecture est de pouvoir garder un peu de freinage aux roues arrière et avant en cas de fuite sur une des canalisations. Si l'une d'entre elles fuit, on perdra le freinage d'une roue avant et une roue arrière, ce qui permet d'avoir encore un peu de freinage à l'avant et à l'arrière. [19]

Pour des raisons de sécurité, toutes les voitures construites actuellement doivent être équipées d'un double circuit de freinage : si l'un des circuits lâche, le deuxième permettra toujours d'arrêter la voiture.

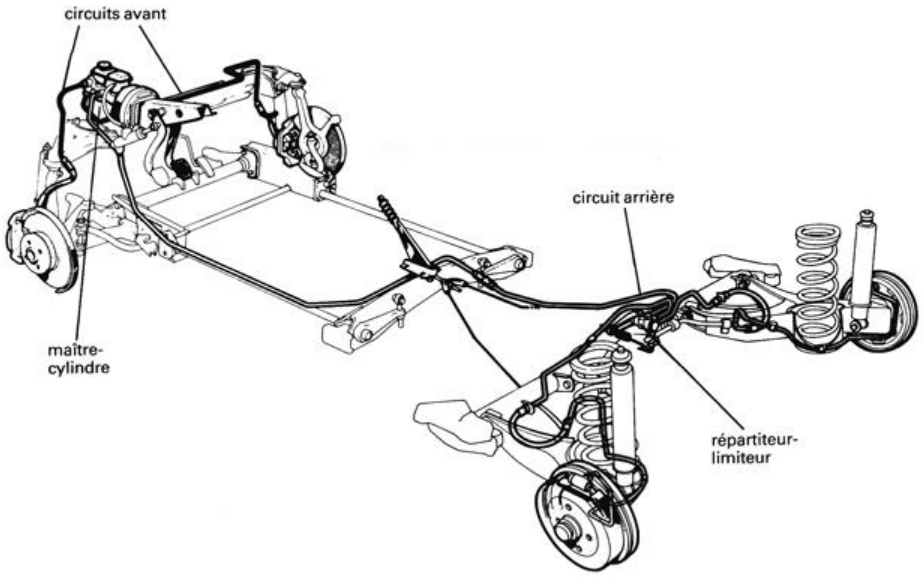


Figure 1.19: Exemple de circuit multiple [18]

1.8.2 Fonctionnement de Circuit parallèle et le circuit croisé :

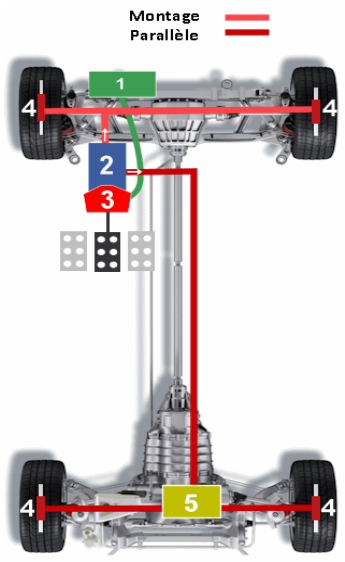


Figure 1.20: Montage circuit parallèle

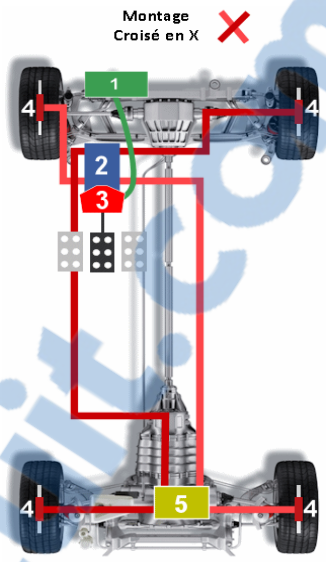


Figure 1.21: Montage Circuit croisé

La pompe à vide/admission (1) fait une dépression dans le servo frein (3)**,** d'où une pédale très dure quand le moteur est arrêté. Le vide est donc fait soit par cette pompe à vide (diesel) ou en exploitant directement la dépression existante dans la tubulure d'admission quand il s'agit d'un moteur essence. Le servo frein, aidé d'un système de dépression, constitue une assistance au freinage puisqu'il n'y a plus besoin d'appuyer comme un forcené pour freiner efficacement.

Le liquide de frein est donc envoyé sous pression par les maitre-cylindre (2) (là où il y a le bocal pour vérifier le niveau de liquide de frein) dans tout le circuit afin de pousser les plaquettes via les étriers vers les disques (4)**.** Les canalisations (matérialisées par les lignes rouges nuancées, afin de distinguer les deux circuits isolés : pour la sécurité) du circuit sont en métal afin de résister aux fortes pressions hydrauliques internes.

Il y a aussi un correcteur de freinage (5) situé à l'arrière dont le rôle est d'équilibrer la force entre les freins de devant et de derrière. Il est de plus en plus remplacé par un système hydro-électrique couplé au boitier ABS (appelé EBD en anglais et REF en français), le dosage est donc réalisé dès le début du circuit. [19]

1.9 Les différents aides au freinage :

Pour faire face aux nombreux accidents dans l'histoire de l'automobile, les systèmes de sécurité ont été progressivement améliorés. D'ailleurs, le système de freinage a longtemps été au centre des préoccupations des constructeurs. Parmi toutes les innovations qu'ont connu les systèmes de freinage, l'innovation la plus important est sans doute le système ABS qui, utilisant

Rapport-Gratuit.com

lors de freinages violents, permet d'éviter que les roues ne se bloquent totalement. Ce dispositif permet au conducteur de garder le contrôle de la direction de son véhicule, même sur des surfaces peu adhérentes.

Le système ABS est à présent associé au système de freinage d'urgence (AFU), qui permet de freiner à la puissance maximale immédiatement, ainsi qu'aux Electro stabilisateurs Programmés**,** ou ESP, qui permettent de corriger automatiquement la trajectoire du véhicule durant un freinage. Ce système peut actionner, de manière autonome, les freins dès qu'il émet la suspicion d'une possible collision**.** [2]

1.9.1 Système de freins antiblocage (ABS) :

Le système de freins antiblocage (ABS) est une caractéristique de sécurité active conçue pour empêcher les roues d'un véhicule de se bloquer à la suite d'un freinage vigoureux, réduisant ainsi le risque de dérapage et permettant au conducteur de conserver la maîtrise de son véhicule. Sur des routes détrempées ou glissantes, le système ABS peut également réduire la distance d'arrêt du véhicule. Quand le conducteur appuie à fond sur les freins dans un véhicule sans ABS, les roues sont susceptibles de cesser de tourner et de se bloquer. Lorsque les roues se bloquent, le conducteur du véhicule n'a plus aucune maîtrise de la direction et le véhicule peut commencer à patiner.

Sur des surfaces de route plus accidentées, des nids de poule ou des courbes douces pourraient entraîner le dérapage du véhicule s'il est déjà en train de patiner. Si votre système ABS détecte que l'une ou plusieurs de vos roues sont susceptibles de se bloquer, il réduira automatiquement le freinage de cette roue pour qu'elle continue de tourner. Le système ABS agit en « pompant le frein », c'est-à-dire en appliquant et en relâchant les freins en succession rapide. Dans le passé, on apprenait aux automobilistes à utiliser eux-mêmes cette technique lorsqu'ils détectaient le blocage imminent des roues de leur véhicule.

Toutefois, le système ABS est en mesure de pomper les freins de façon plus efficace et de détecter plus facilement la menace d'un blocage de roue que la plupart des conducteurs. Pendant que le système ABS surveille les freins et module au besoin la pression, tout ce dont le conducteur a besoin de faire est de continuer à appliquer une pression ferme et uniforme sur la pédale de frein et de guider le véhicule dans la direction souhaitée. [3]

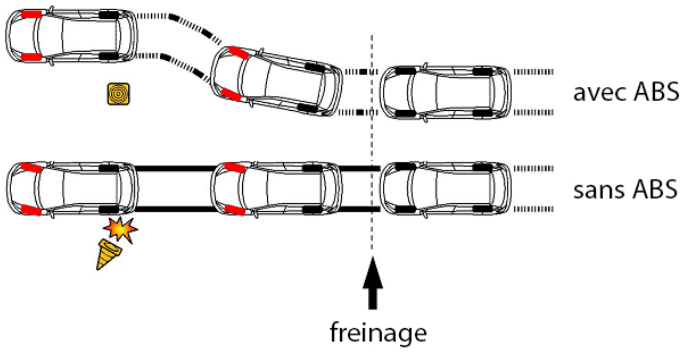


Figure 1.22: illustration d'un freinage avec et sans ABS[3]

1.9.2 Fonctionnement d'un système ABS

Les systèmes ABS ne sont pas tous configurés de la même façon. Certains préviennent le blocage des quatre roues, tandis que d'autres empêchent uniquement le blocage des roues arrière. Tous les systèmes ABS fonctionnent toutefois en surveillant la vitesse des roues et, si un blocage potentiel d'une roue est détecté, en appliquant et en relâchant rapidement le frein de cette roue. En fait, le système ABS applique la technique de « pompage des freins » qui était enseignée aux conducteurs avant le développement de la technologie de prévention du blocage des roues. La différence, c'est que le système ABS est capable de détecter un blocage potentiel de roue et de s'attaquer au problème plus rapidement et plus efficacement que le conducteur pourrait le faire. Tous les systèmes ABS emploient les trois principaux composants suivants :

- **Capteurs de vitesse des roues** qui surveillent la vitesse de rotation des roues ;
- **Unités hydrauliques** qui « pompent » les freins, et ;
- **Unité électronique de commande (ECU)** qui reçoit l'information provenant des capteurs de vitesse des roues et, si nécessaire, commande aux unités de pomper les freins d'une ou de plusieurs roue(s).

Dans un système ABS moderne, l'ECU et les unités hydrauliques sont intégrées, donc, bien que leurs fonctions soient différentes, elles sont physiquement une seule unité. L'ECU surveille constamment pour détecter tout signe de décélération rapide d'une roue, une indication qu'elle s'apprête à bloquer. Si une roue s'apprête à bloquer, l'ECU commande à l'unité électronique concernée de pomper son frein jusqu'à ce qu'elle se remette à tourner normalement. [4]

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

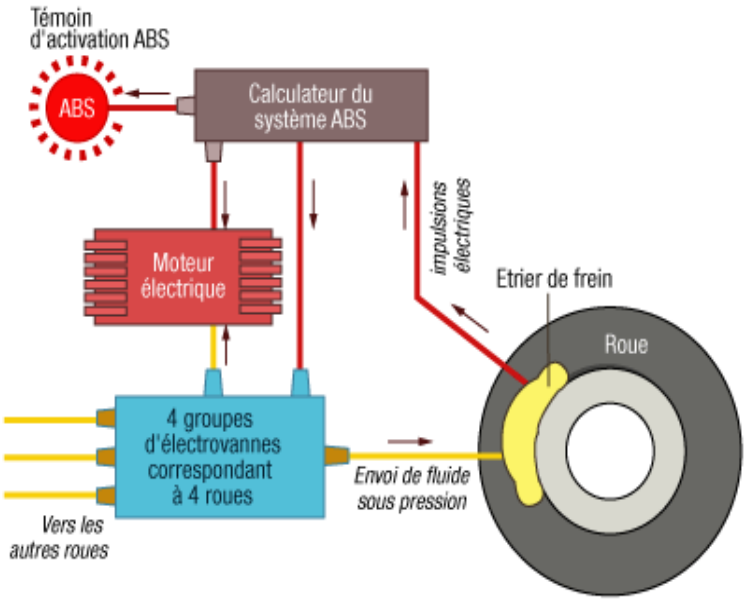


Figure 1.23: Schéma illustré d'un système ABS[5]

1.10 Bancs de d'essai :

Appelé aussi système de test, un banc d'essai permet de mettre un produit en conditions d'utilisation, afin d'observer et d'analyser ses comportements. Il est très utilisé en l'industrie et représente pour ce secteur une part importante du budget de développement de l'entreprise.

Le banc d'essai est un système physique fonctionnel, destiné à vérifier et/ou valider les propriétés et les fonctionnalités du produit, tout au long du processus de la fabrication jusqu'à sa forme définitive.

Les besoins en termes de système de test varient selon la nature du produit à tester. Il faut ainsi concevoir un banc d'essai sur mesure, spécifique à chaque gamme de produits.[26]

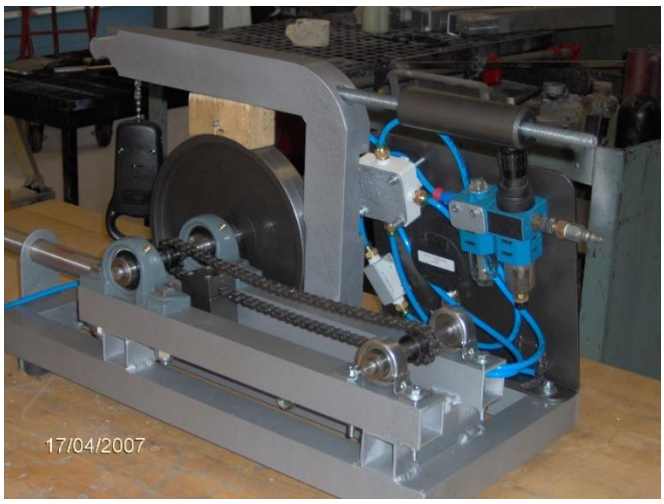


Figure 1.24: banc-d-essais-pour-système-de-freinage [27]

1.10.1 Les différents types banc de test :

Selon la nature et le cycle de vie du produit, on distingue plusieurs types de bancs de test, à savoir :

- **Banc d'essai:**
  Le banc d'essai est une plate-forme conçue pour mesurer les performances d'un produit et d'en faire la mise au point. Le terme désigne également un environnement de développement sécurisé contre les risques et les dangers des expériences. En exemple, ce type de banc de test est utilisé pour l'essai de choc automobile.
- **Banc d'essai didactique :**
  Les bancs didactiques sont destinés à l'enseignement de diverses technologies. Ces équipements présentent un intérêt pédagogique évident puisqu'ils permettent aux étudiants de visualiser très clairement le fonctionnement de systèmes ou sous-systèmes qui ne sont habituellement pas visibles à l'œil nu, améliorant ainsi leur compréhension sur les phénomènes mis en jeu.
- **Banc de validation :**
  Le banc de validation permet de tester un produit en phase de fabrication afin de le valider avant sa commercialisation. Il s'agit de vérifier que les performances du produit correspondent à ses spécifications de conception.
- **Banc d'endurance :**
  Aussi appelé banc de maturité et de robustesse, le banc d'endurance permet de tester la durée de vie et la fiabilité du produit. Ce banc de test est utilisé en phase de développement.
- **Banc de charge pour la maintenance :**
  Ce banc de test est sollicité en phase de maintenance, particulièrement dans le domaine de l'électronique. Il permet de détecter un produit défectueux et l'origine de sa panne. Certains systèmes de test proposent également le changement des pièces et des composantes défectueuses du produit.
- **Banc de test GO/NO GO :**
  Ce banc de test est conçu pour la vérification du bon fonctionnement du produit en état de marche. Si les résultats sont conformes aux spécificités du produit, la décision favorable serait un (Go). S'ils ne sont pas conformes aux attentes, le projet serait arrêté (No go). [26]

1.10.2 Le fonctionnement d'un banc de test :

Un banc de test peut être semi-automatique ou automatique. Le premier permet de guider le technicien pour la mesure des performances, alors que le second réalise le test automatiquement et en toute autonomie. Pour les bancs de test les plus modernes, un logiciel enchaine les scénarios de test : température de test, position du produit par rapport à un instrument, etc. [26]

1.11 Elaboration du cahier de charge :

1.11.1 La bête à corne :

La bête à corne est un diagramme dont la forme triangulaire peut évoquer un animal à cornes. Il s'agit de la première étape d'une méthode d'analyse pour rendre un projet plus viable.

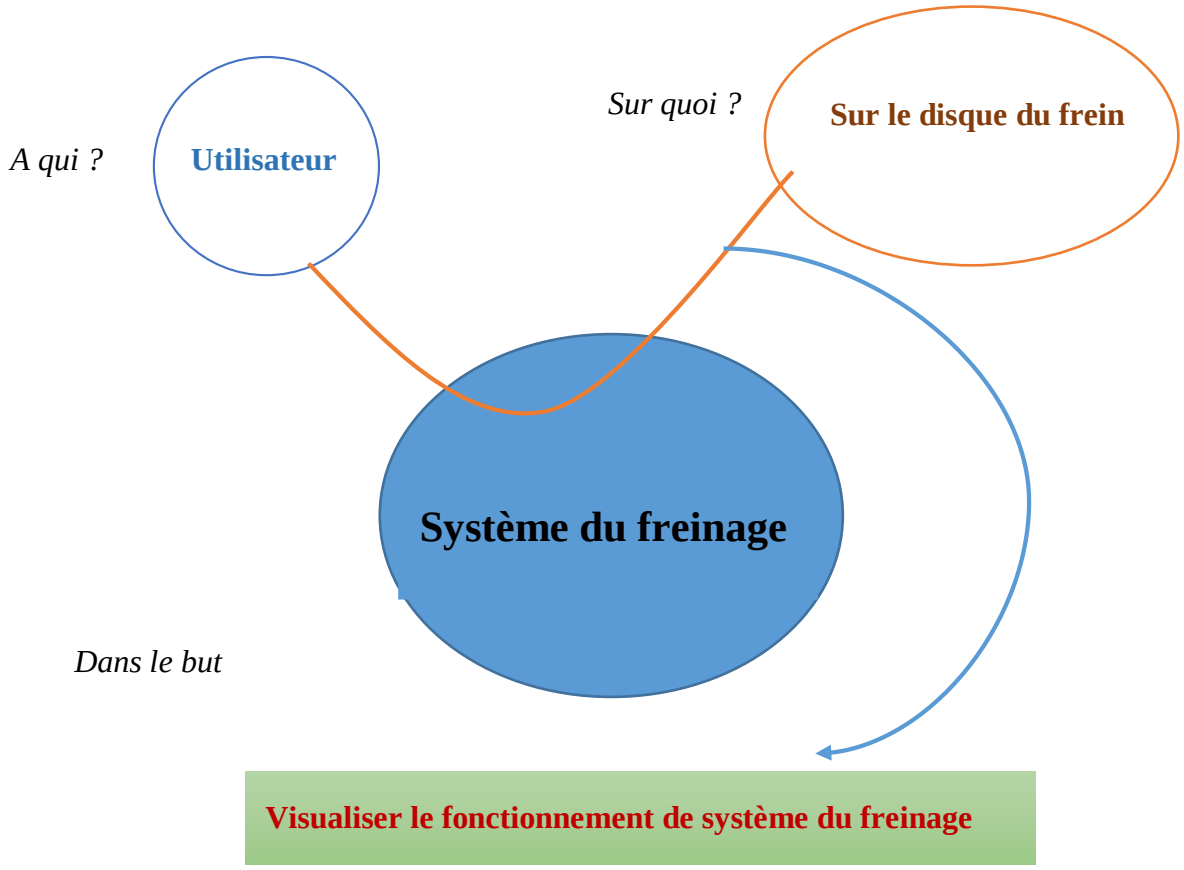


Figure 1.25: la bête z corne du système du freinage

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

1.11.2 Diagramme PIEVRE :

Le diagramme pieuvre sert avant tout à définir les fonctions que doit remplir un objet technique.

Les fonctions sont notée ci-dessous :

- Fonction principale (FP) : L'objectif premier d'un objet.
- Fonction de contrainte (FC 1,2,3…) : Ce sont les objectifs que doit remplir l'objet par ordre de priorité.

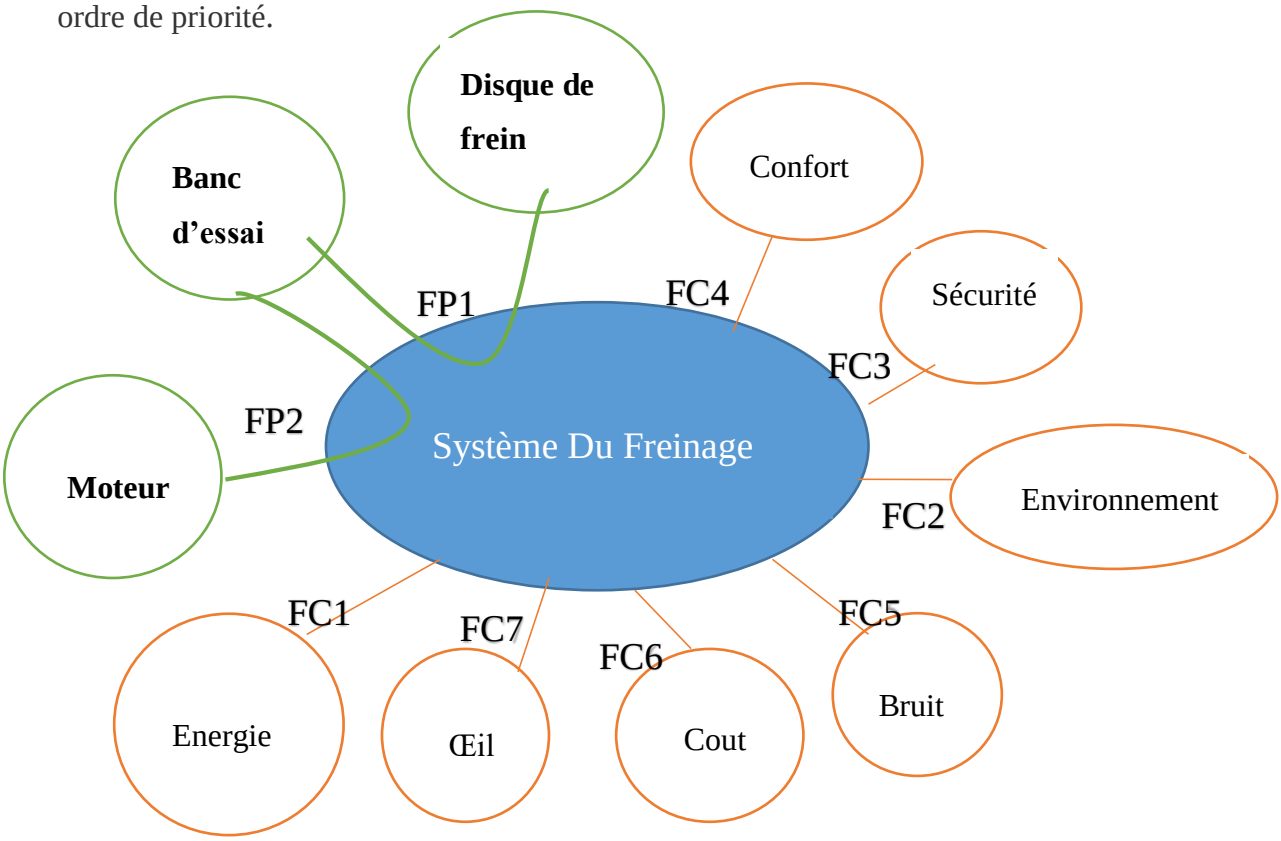


Figure 1.26: diagramme pieuvre pour le système de freinage.

❖ **Les Fonctions :**

- FP1 : permettre aux utilisateurs de freiner le disque de frein.
- FP2 : Permettrai de faire tourner le disque de frein.
- FC1 : s'adapter aux énergie disponible.
- FC2 : s'adapter au milieu de travail.
- FC3 : Ne doit pas présenter de danger pour l'utilisateur.
- FC4 : doit être adapter aux condition de travail.
- FC 5 : Fonctionnements silencieux.

- FC 6 : Doit être esthétique.
- FC7 : ne doit pas dépasser un certain cout.

1.11.3 Diagramme FAST :

FAST (Fonction analyses system technique) est un type de diagramme qui présente une manière de penser, d'agir, ou de parler. Le diagramme FAST se construit de gauche à droite, dans la logique suivante : du "pourquoi" au "comment". Grâce à sa culture technique et scientifique, l'ingénieur développe les fonctions de service du produit en fonctions techniques. Il choisit des solutions pour construire finalement le produit.

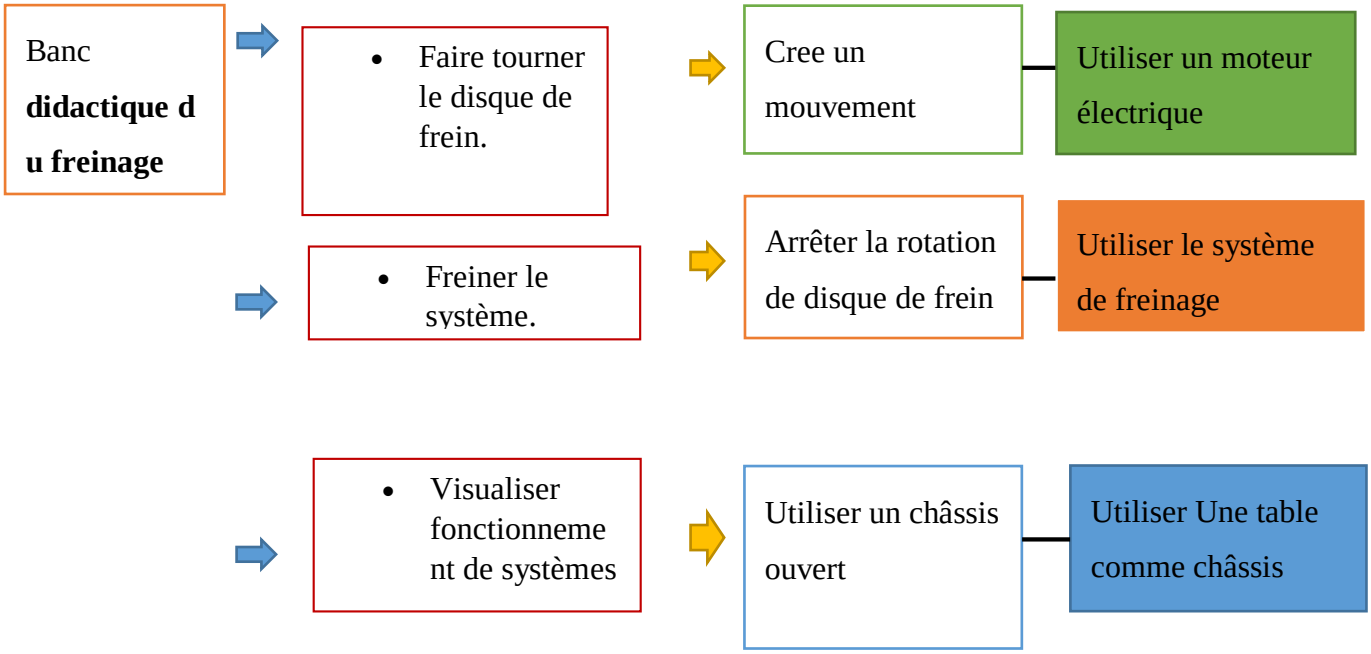


Figure 1.27: diagramme FAST pour le système de freinage.

1.11.4 Cahier de charge :

Un cahier des charges (parfois abrégé en CDC) est un document qui doit être respecté lors de la conception d'un projet. C'est un document contractuel entre le client et le prestataire/vendeur, mais il ne constitue pas à lui seul le contrat commercial. Il permet aussi de remplir l'obligation générale d'information du vendeur ou du prestataire vis-à-vis de son client.

FC	Critères d'appréciation	Niveaux Flexibilité
FP1	- Légère - Forme	Poids du disque : 3.7 kg D extérieur : 237mm
FP2	- Moteur électrique	- 380v - 0.6kw - 2870 u/min -cos ϕ : 0.82 -asynchrone triphasé
FC1	- Tension et fréquence	380/50HZ
FC2	- Taille	Longueur de châssis 1500mm Largeur de châssis 600mm Hauteur de châssis : 800mm
FC3	- Protection en cas du choc électrique	Alimentation encastrer
FC4	- Accès au bouton mis en marche - Utilisation	Direct Simple
FC5	- Bruit	40 dB +/- 6 dB
FC6	- Désigne - Couleur	Forme d'une table Noir / gris
FC7	- Prix	< moin de 50000,00 DA

Figure 1.28: tableau de cahier de charge pour le système de freinage.

Chapitre 2 : Conception et modélisation

Rapport-Gratuit.com

Introduction

Dans le domaine de la conception, savoir dessiner et avoir de l'imagination sont deux points très importants qui entrent dans les compétences d'un ingénieur.

Depuis les dessins à la main ensuite les dessins assistés par ordinateur on est en mesure désormais de faire des conceptions en 3D avec nos ordinateurs. Cela a donné aux développeurs une vision avancée de leur projet avant même sa concrétisation.

Avant d'entamé la construction de notre projet dans ce qui suit nous donnons une présentation de l'outil de modélisation géométrique. On a utilisé le logiciel de SolidWorks afin de modéliser les pièces indispensables pour un système de freinage, et qui entrent dans notre projet de banc d'essai. Par la suite la conception du châssis est entamée. Le logiciel nous a donné une liberté de manier et d'assembler les différentes pièces, aussi il nous a aidé lors d'alignement de l'accouplement avec l'arbre de transmission du moteur. Le résultat final nous a donné une image de quoi va s'agit notre banc d'essai, afin de planifier l'usinage et l'assemblage convenablement.

2.1 Dessin assisté par ordinateur :

Il s'agit de réaliser une définition en deux dimensions (2D) dans laquelle on réalise un dessin traditionnel : les vues se rappellent entre elles uniquement parce que le dessinateur l'a prévu et les a construites de cette façon. Bien entendu, certaines opérations peuvent être automatisées et certaines constructions peuvent être obtenues à la suite de calculs réalisés par l'ordinateur. Cela implique qu'en DAO il est impossible de construire automatiquement une coupe, de calculer un volume ou de tracer une perspective de l'objet en cours d'étude. Cependant, les possibilités du poste de travail, l'aide d'algorithmes de plus en plus puissants et le recours à l'utilisation de programmes experts permettent de faire mieux et plus vite qu'à la planche à dessin classique, principalement dans le cas de dessins de détail ou de modifications de plans déjà réalisés en DAO. [28]

2.2 Conception assistée par ordinateur :

Un des produits « naturels » de la CAO est une définition numérique en trois dimensions **(3D)**, le plan ou le dessin classique n'étant qu'un « sous-produit » de la définition. Les opérations de coupes, de perspectives ainsi que le calcul des volumes, des masses et des inerties

sont possibles quelles que soient les formes de l'objet. De même, il est possible de calculer des images de « rendu réaliste » qui permettent d'apprécier les formes de la pièce. La CAO implique des algorithmes plus puissants, du matériel plus élaboré que celui demandé par le DAO. En conséquence, les coûts sont très différents : rapport des coûts d'environ 1 à 5.

Il est cependant important de préciser que, dans tout système de CAO, on rencontre un système de DAO plus ou moins performant. Les systèmes de CAO actuels :

- CATIA, SolidWorks (Dassault Systems),
- EUCLID (Matra Datavision),
- CADDS4X (Prime/Computer Vision),
- IDEAS (SDRC), CADAM (CADAM), etc.,

Traitent essentiellement des problèmes de géométrie. La validation théorique, la prédétermination du comportement d'une pièce ou d'un ensemble de pièces s'effectuent à l'aide de programmes de calculs scientifiques externes à ces systèmes ; ce phénomène est essentiellement dû à la difficulté d'intégrer ces programmes, compte tenu de l'extrême variété des domaines physiques rencontrés : statique linéaire, acoustique, vibrations, thermiques, mécaniques des fluides, thermochimie, etc. À l'aide de cet exemple, il est possible de mettre en évidence deux points :

— un point fort : une base de données géométriques peu encombrée, ce qui permet des calculs rapides et relativement peu complexes ;

— un point faible : une visualisation malaisée rendant la compréhension de l'étude délicate ; si l'on reprend l'exemple du cube, il est difficile, avec une telle modélisation, de savoir quelle est l'arête qui est devant le modèle et celle qui est derrière celui-ci. La technique du fil de fer est donc utilisée soit par les logiciels de DAO (pour lesquels le 2D convient parfaitement), soit par les logiciels de CAO tridimensionnels pour réaliser les lignes de construction et les contours d'un modèle 3D complexe. [28]

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

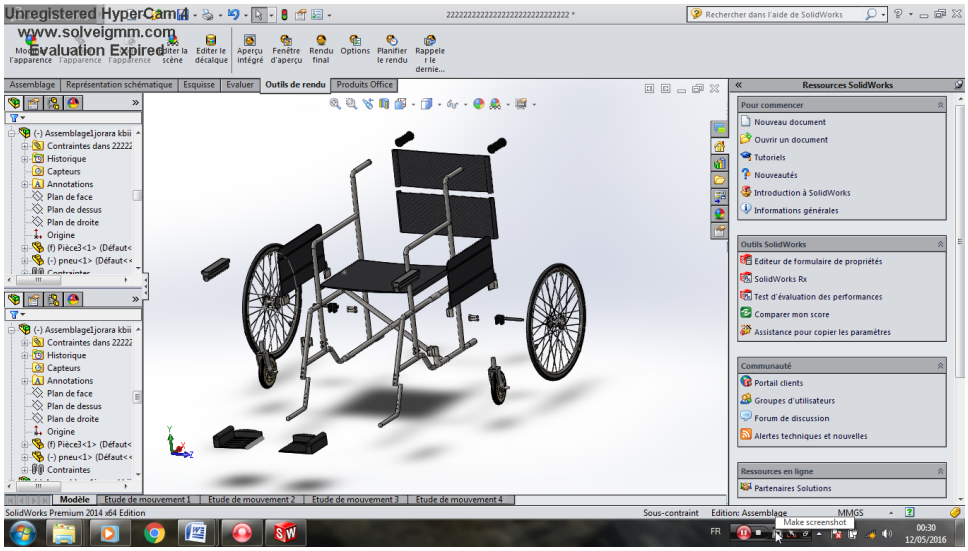


Figure 2.1: une conception d'un fauteuil roulant avec SolidWorks.

2.3 Techniques de représentation en CAO :

En dessin classique, qu'il soit réalisé à la planche à dessin ou bien en DAO, une pièce est représentée à l'aide des vues classiques : de face, de dessus, de dessous, de gauche, de droite, et de coupes et sections appropriées permettant la bonne compréhension du dessin.

Bien souvent, il n'est pas nécessaire de réaliser toutes les vues, mais certaines coupes ou sections s'avèrent indispensables. Notons qu'en dessin mécanique classique, il est très rare de faire appel à une perspective. Au contraire, l'approche de la CAO est de tenter de représenter la pièce, ou l'ensemble de pièces en question, dans l'espace et en 3D. Cette représentation peut s'effectuer à l'aide de trois techniques :

- Modélisation **fil de fer** ;
- Modélisation **surfacique** ;
- Modélisation **solide**.

Ces différents modes de représentation ou modélisations d'un objet permettent de le définir plus ou moins complètement, avec certaines imperfections, et présentent un certain nombre d'avantages et d'inconvénients. [28]

2.3.1 Modélisation fil de fer :

Historiquement, c'est la première modélisation d'un objet en 3D qui est apparue. La géométrie est définie uniquement à l'aide d'entités géométriques en 2D : droites, cercles, arcs de cercle, courbes, etc. Par exemple, avec la modélisation fil de fer (*Wire Frame*), un cube est

défini uniquement par ses arêtes (figure 2.2). La pièce n'est donc qu'imparfaitement définie puisqu'il manque la définition exacte des faces et de l'intérieur du cube.

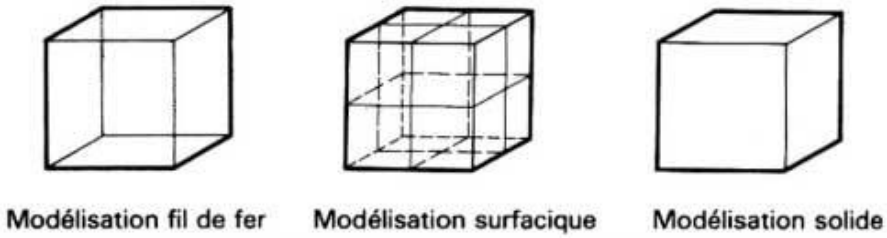


Figure 2.2: Différents modes de représentation d'un cube[28]

À l'aide de cet exemple, il est possible de mettre en évidence deux points :

— un point fort : une base de données géométriques peu encombrée, ce qui permet des calculs rapides et relativement peu complexes ;

— un point faible : une visualisation malaisée rendant la compréhension de l'étude délicate ; si l'on reprend l'exemple du cube, il est difficile, avec une telle modélisation, de savoir quelle est l'arête qui est devant le modèle et celle qui est derrière celui-ci. La technique du fil de fer est donc utilisée soit par les logiciels de DAO (pour lesquels le 2D convient parfaitement), soit par les logiciels de CAO tridimensionnels pour réaliser les lignes de construction et les contours d'un modèle 3D complexe. [28]

2.3.2 Modélisation surfacique :

C'est historiquement la deuxième technique apparue sur le marché mais c'est en fait la première qui a permis une approche 3D plus profonde que la représentation fil de fer. En effet, avec la modélisation surfacique, la pièce est décrite à l'aide des surfaces qui en constituent l'enveloppe : un cube est ainsi décrit par ses 6 faces (figure 2.2). La pièce est ainsi bien décrite, les coupes que l'on peut être amené à faire sont des coupes exactes.

- **Les avantages de l'utilisation des surfaces sont :**

— une description exacte de l'enveloppe de la pièce ;

— un usinage possible de la pièce en commande numérique ;

— une meilleure visualisation de la pièce par l'utilisation de techniques de rendu réaliste

- **Les inconvénients peuvent se résumer d'une façon générale à :**

— une technique difficile demandant un apprentissage long et une formation approfondie. En effet, il existe un grand nombre de surfaces différentes à utiliser et les modifications ne sont pas très aisées à réaliser ;

— une visualisation délicate si l'on n'utilise pas les techniques de rendu réaliste, qui demandent des calculs importants ;

— une nécessité de connaître parfaitement la pièce que l'on veut modéliser, les modifications étant assez difficiles à faire. L'utilisation des surfaces, permettant de définir totalement l'enveloppe d'une pièce, est importante pour la réalisation du « tracé » de détail mais peu adaptée au projet ou à l'étude. [28]

2.3.3 Modélisation solide :

Cette technique de définition d'un objet est donc la dernière apparue sur le marché des systèmes de CAO, bien que les recherches dans ce domaine remontent à la fin des années 60. Le solide se caractérise par son aspect homogène 3D, ses limites (le solide occupe un espace fini) et ses frontières qui définissent un intérieur et un extérieur au volume. Plusieurs modélisations existent :

— **la composition arborescente du solide** : représentation appelée représentation CSG (*Constructive Solid Geometry*) : le solide est défini par des opérations booléennes – union, soustraction, intersection – et les feuilles, des éléments solides simples – sphères, prismes, cylindres, etc. ;

— **la représentation par les frontières**, qui s'apparente ainsi à la modélisation surfacique, avec deux techniques différentes :

• représentation facettées dans laquelle le solide est dit « polyédrique » ; la frontière est décrite par un ensemble de faces planes, d'arêtes rectilignes et de sommets,

• représentation par les frontières exactes BREP (*Boundary Représentation)*, mode voisin du précédent, mais les faces et les arêtes sont de type canonique (courbe à pôles, NURBS, ou NUBS) ;

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

- ***Les avantages de la modélisation solide sont les suivants :***

— une visualisation aisée de la pièce ;

— le calcul des propriétés de masse de la pièce (centre de gravité, matrice d'inertie et axes principaux);

— une modification rapide du modèle grâce aux opérations booléennes, qui font de la modélisation solide un outil idéal pour le projet ;

— dans le cas de l'utilisation de la représentation exacte des frontières, un accès aux surfaces enveloppes de la pièce, pour réaliser l'usinage de la pièce ou des outillages, et aux coupes exactes de l'objet ;

— un apprentissage et une formation beaucoup plus rapides que pour la modélisation surfacique. En ce qui concerne les inconvénients, nous pouvons lister :

— le besoin élevé en ressources informatiques : environ 2 à 5 fois supérieur aux besoins de la modélisation surfacique ;

— lorsque la technique utilisée par le système de CAO ne permet par la connaissance des surfaces frontières exactes, il est alors nécessaire de recourir à la modélisation surfacique, entraînant la réalisation de deux modèles différents : l'un en solides, l'autre en surfaces, sans lien l'un avec l'autre. [28]

2.4 Logiciel de conception SolidWorks :

Créé en 1993 par l'éditeur américain éponyme, SolidWorks est racheté le 24 juin 1997 par la société Dassault Systèmes .

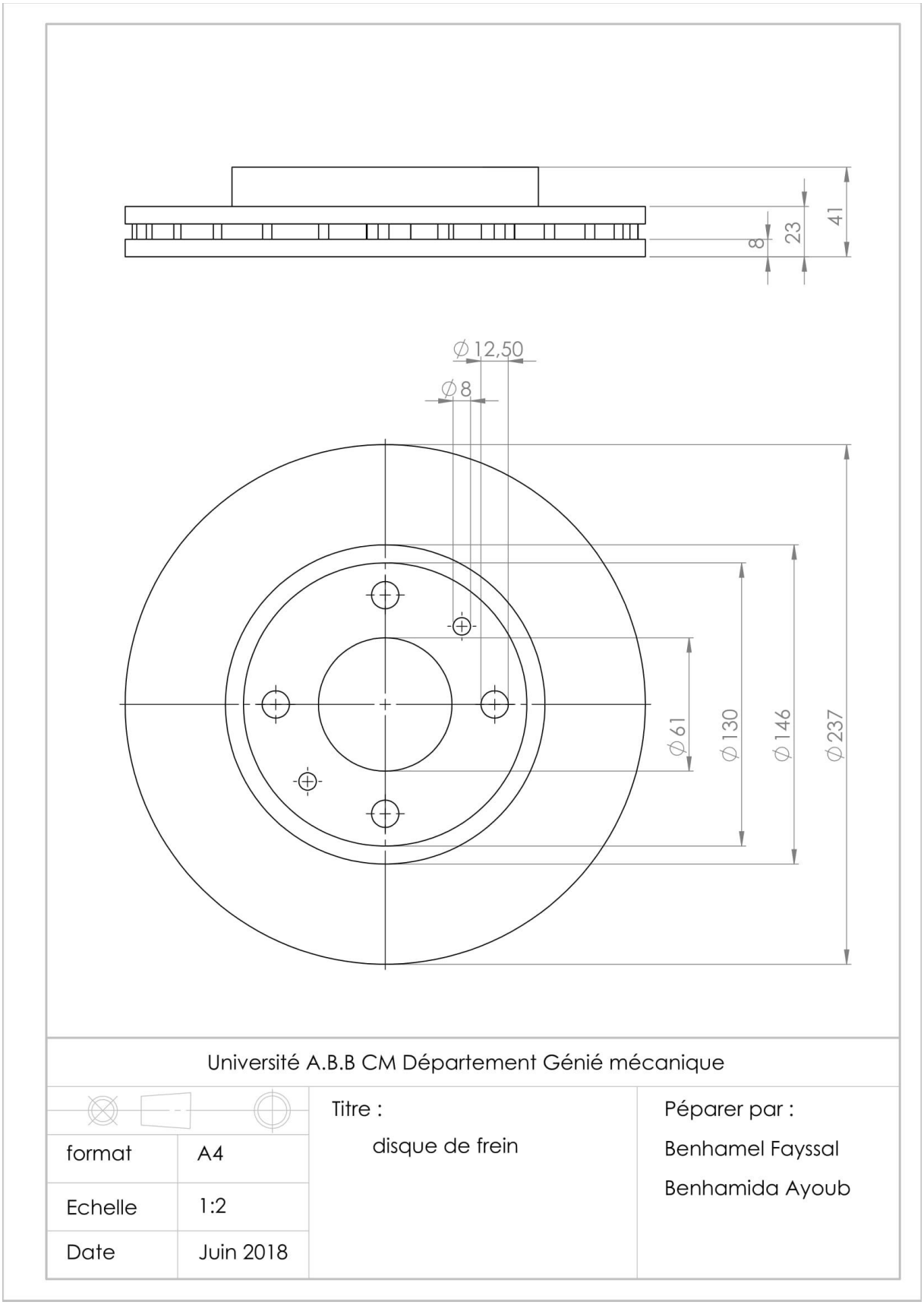
SolidWorks est un modeleur 3D utilisant la conception paramétrique. Il génère 3 types de fichiers relatifs à trois concepts de base : la pièce, l'assemblage et la mise en plan. Ces fichiers sont en relation. Toute modification à quelque niveau que ce soit est répercutée vers tous les fichiers concernés. Un dossier complet contenant l'ensemble des relatifs à un même système constitue une maquette numérique. De nombreux logiciels viennent compléter l'éditeur SolidWorks. Des utilitaires orientés métiers (tôlerie, bois, BTP...), mais aussi des applications de simulation mécanique ou d'image de synthèse travaillent à partir des éléments de la maquette virtuelle. [29]

Figure 2.3: le logo du logiciel SolidWorks.[33]

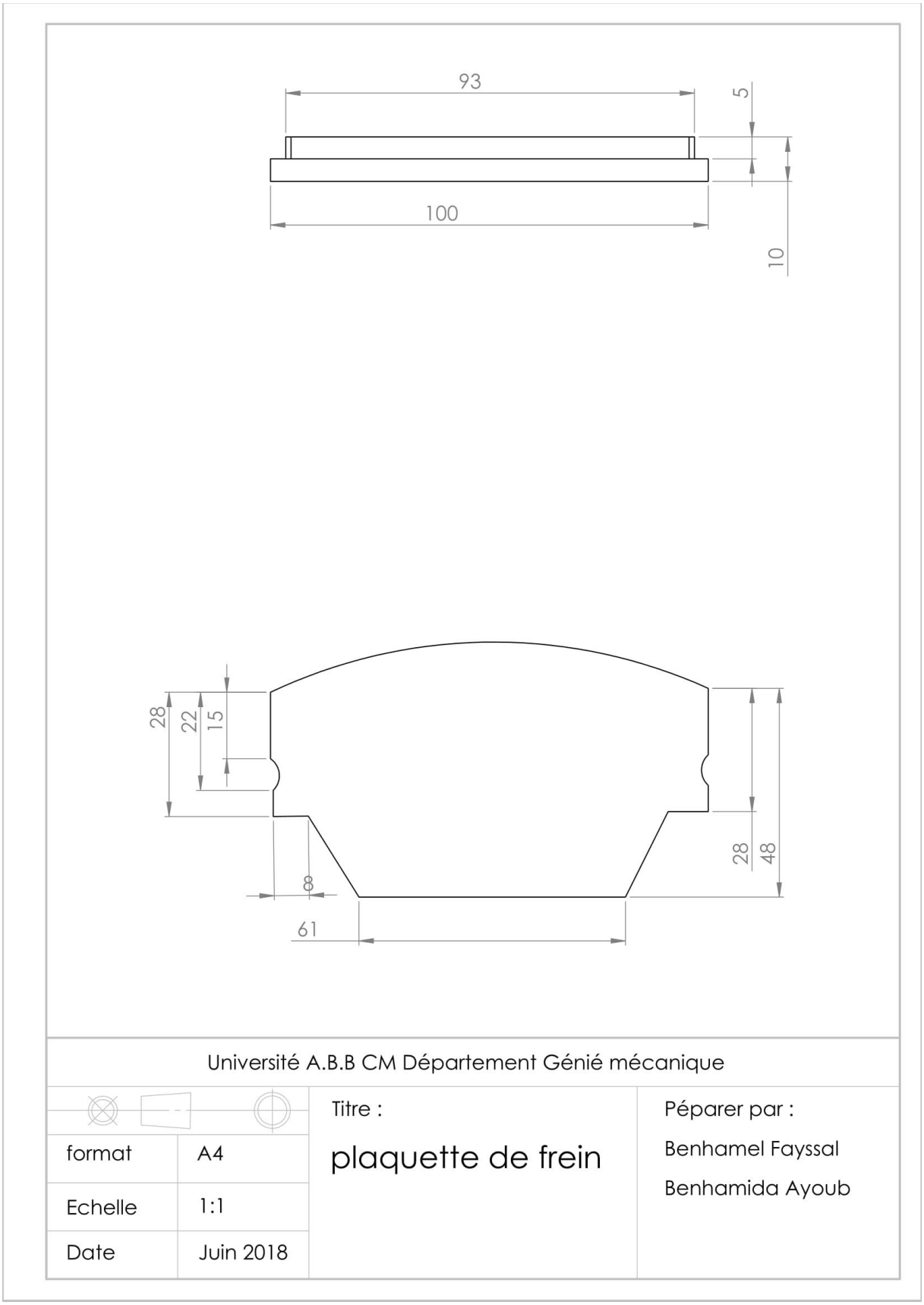
2.5 Mise en plan des pièces élémentaires du système de freinage :

Dans ce qui suit les pièces indispensables pour un système de freinage à disque sont modélisées géométriquement à l'aide du SolidWorks.

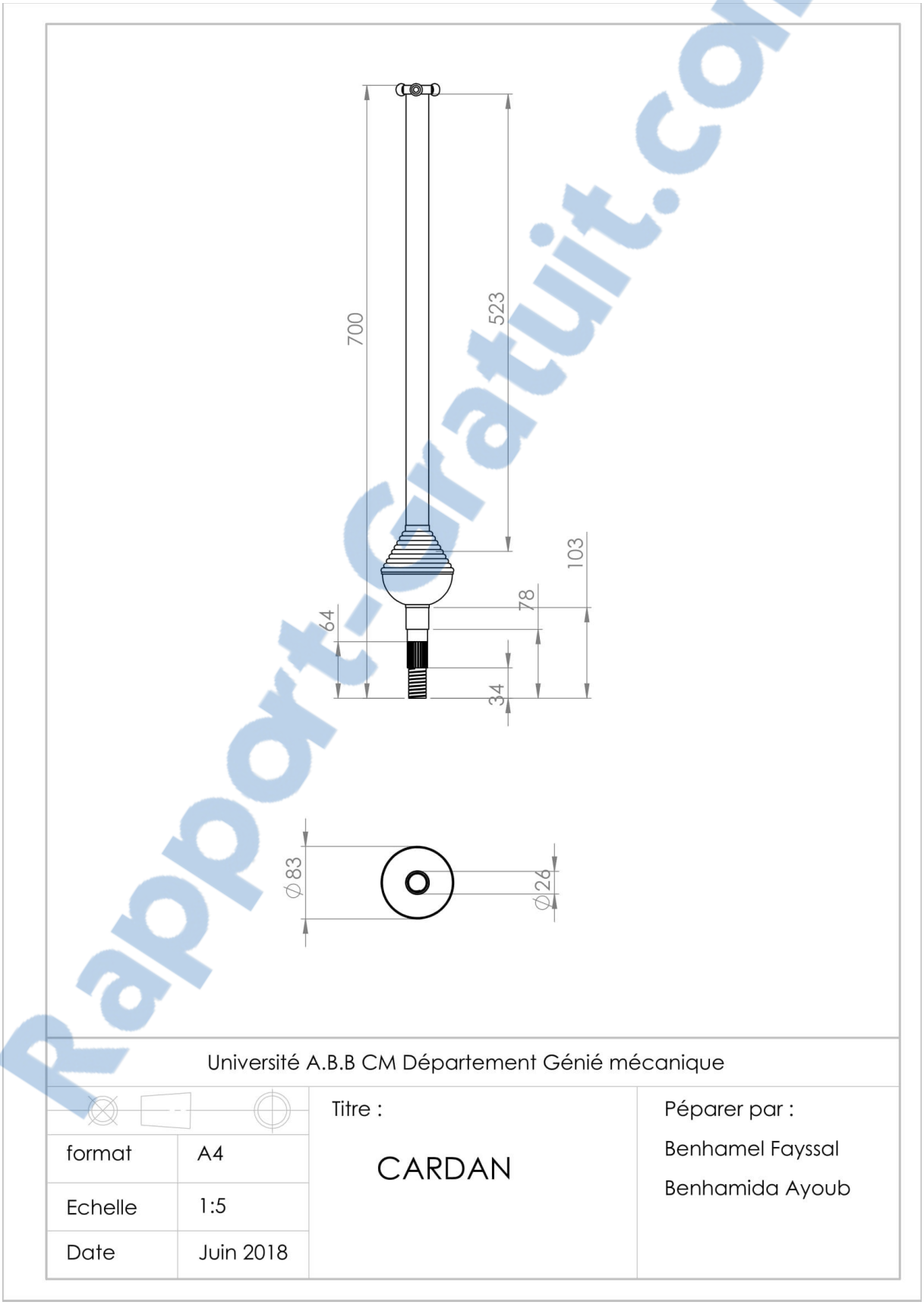
❖ **Mise en plan du disque de frein :**



❖ **Mise en plan de plaquette de frein :**

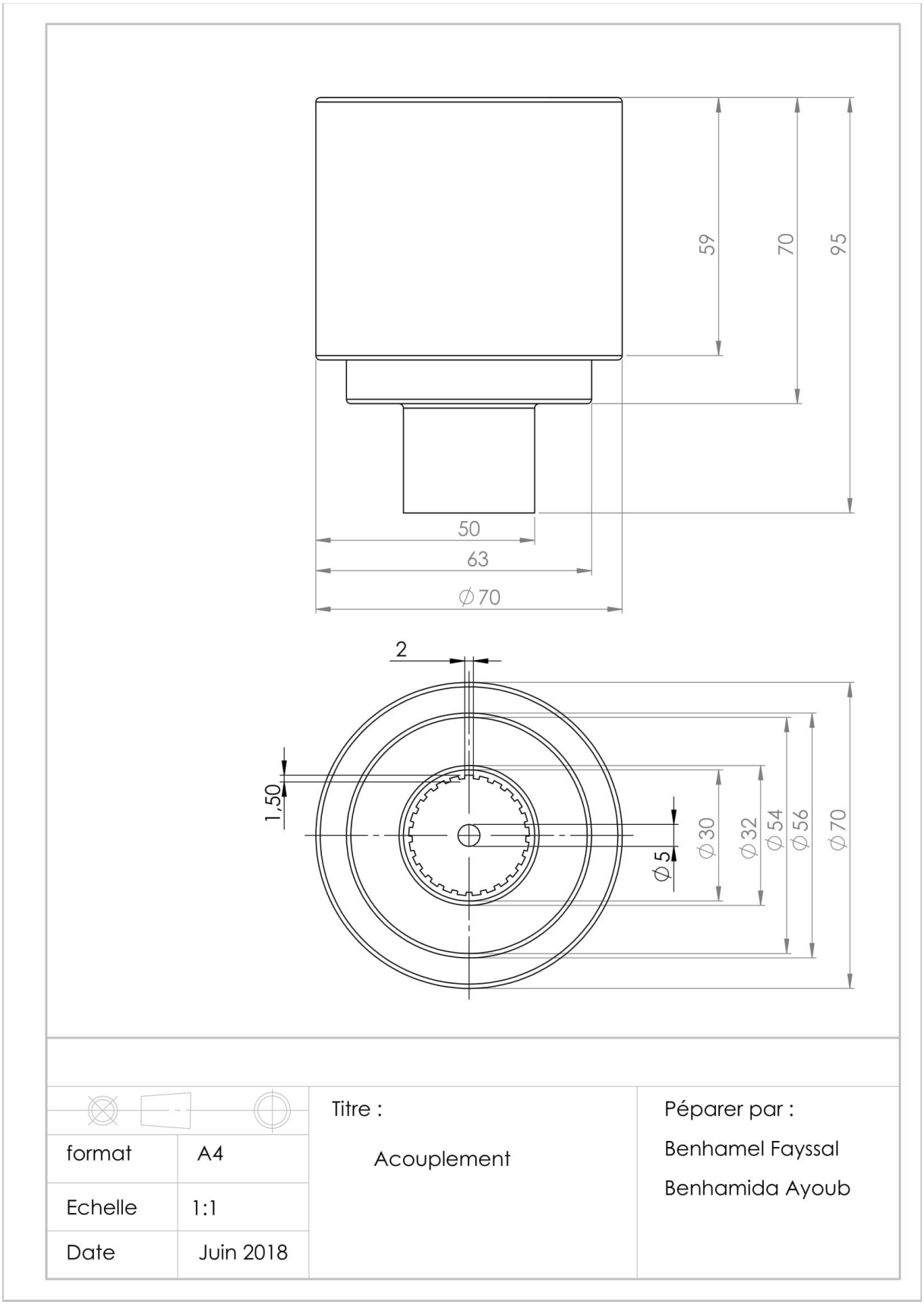


❖ **Mise en plan du cardan :**

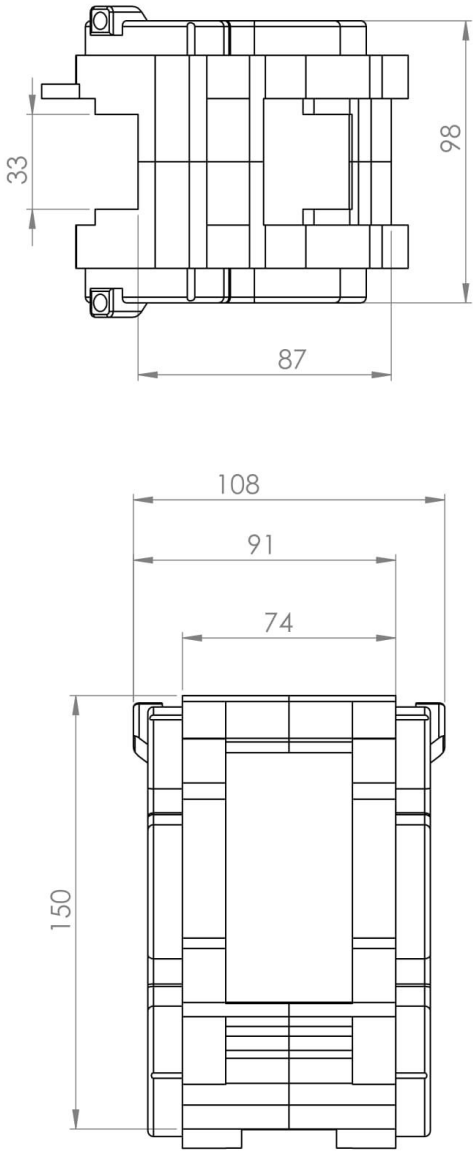


Rapport-Gratuit.com

❖ **Mise en plan de l'accouplement :**



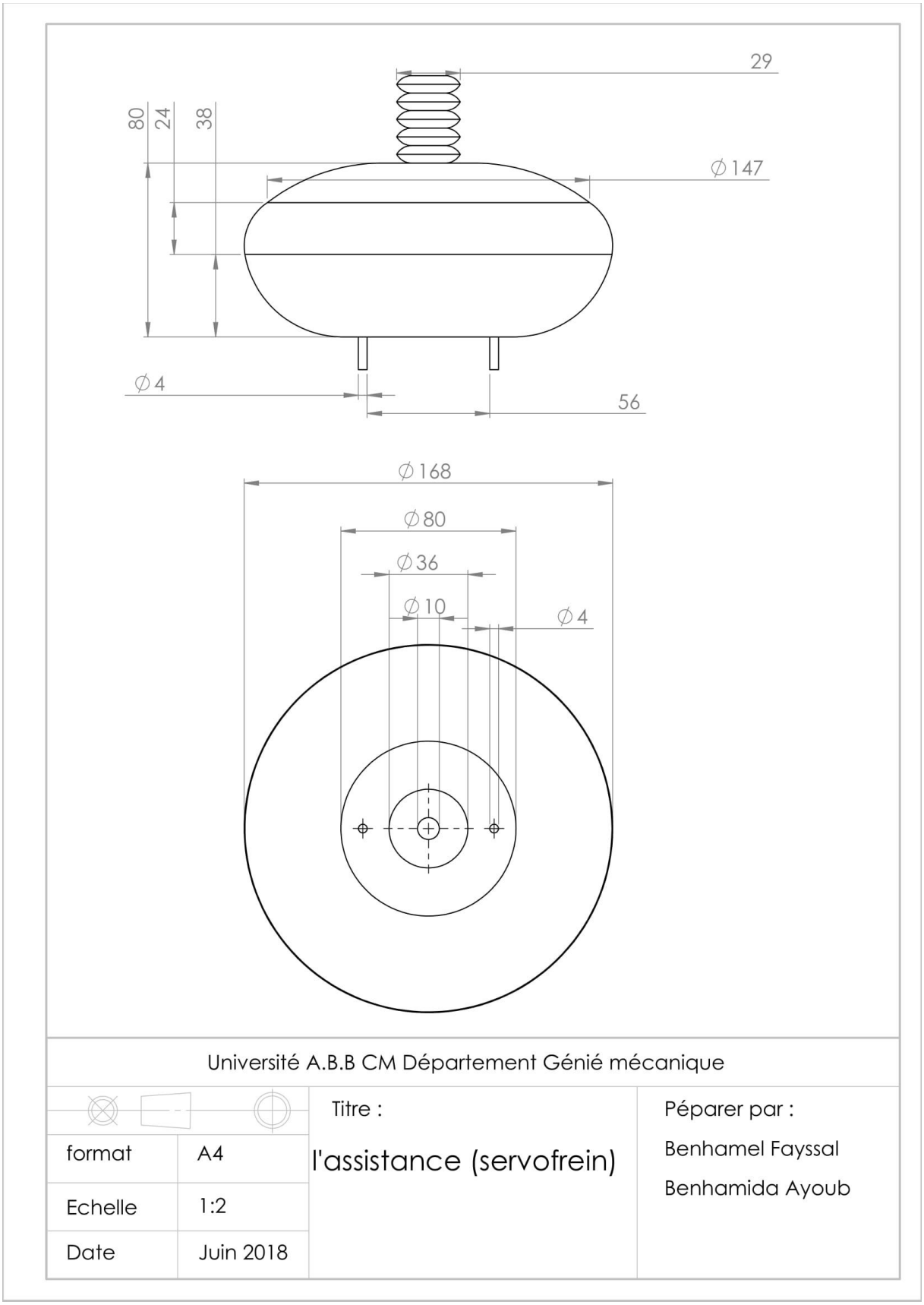
❖ **Mise en plan de l'étrier :**



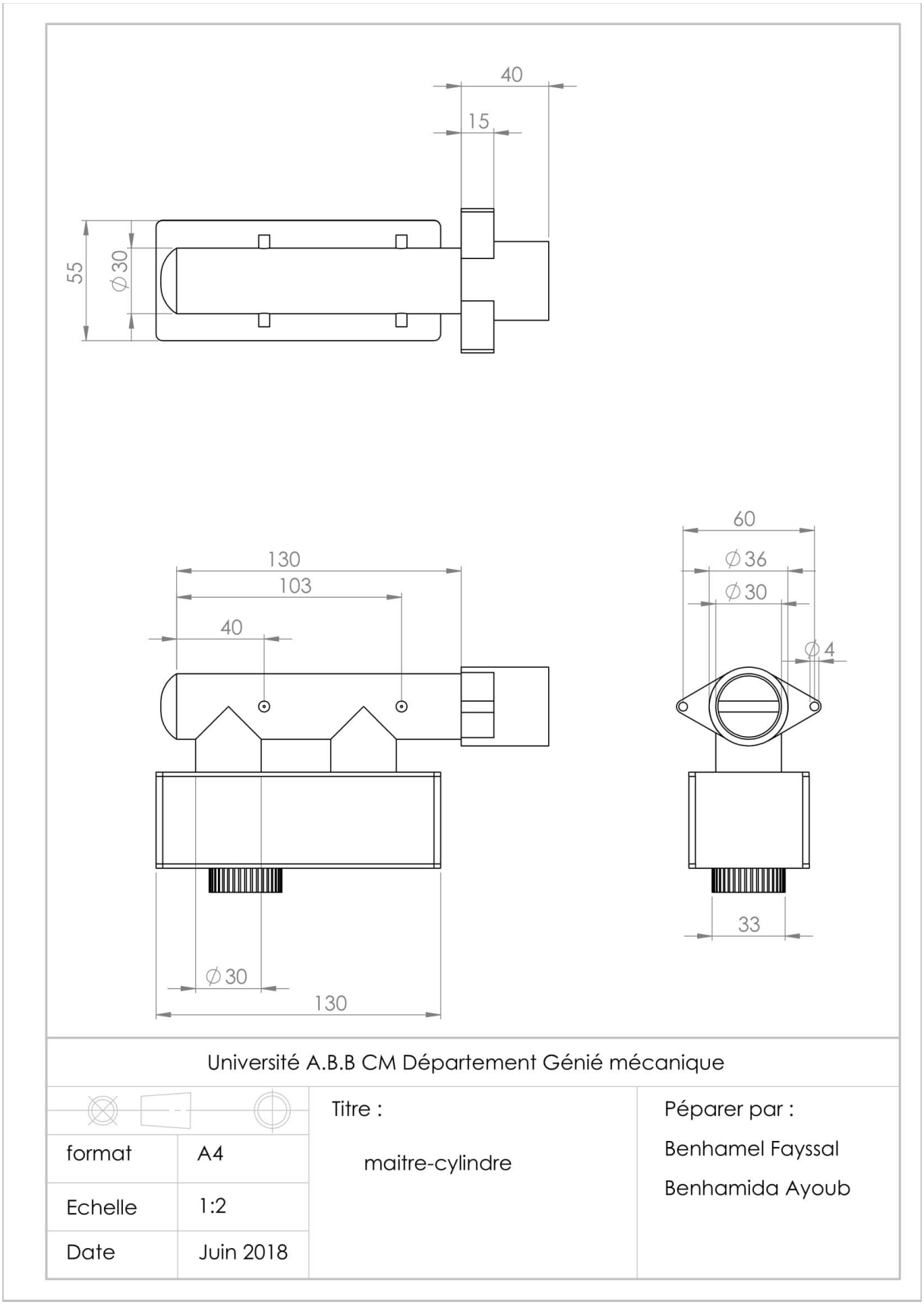
Université A.B.B CM Département Génié mécanique			
format	A4	Titre : étrier	Péparer par : Benhamel Fayssal Benhamida Ayoub
Echelle	1:20		
Date	Juin 2018		

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

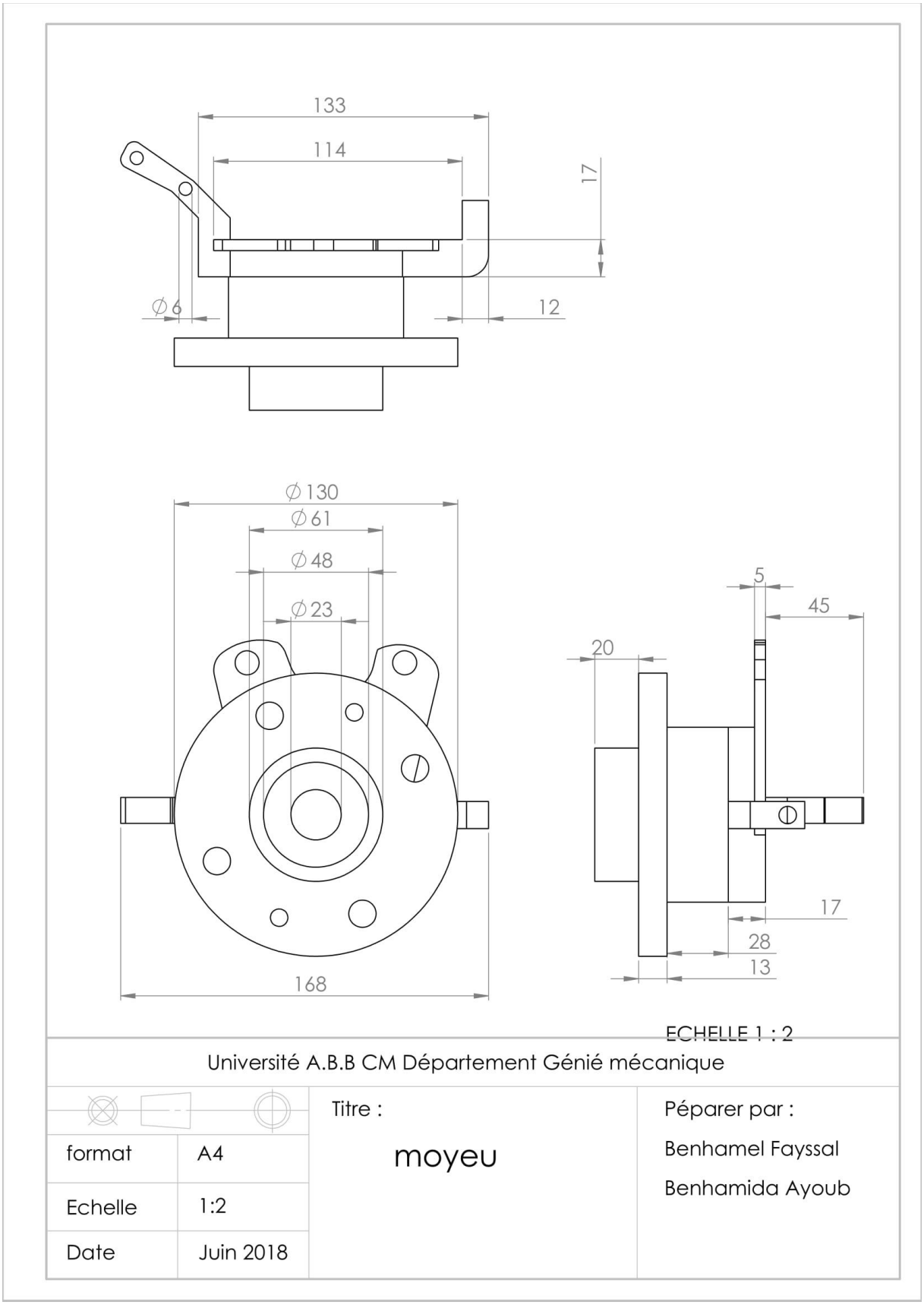
❖ **Mise en plan du servofrein :**



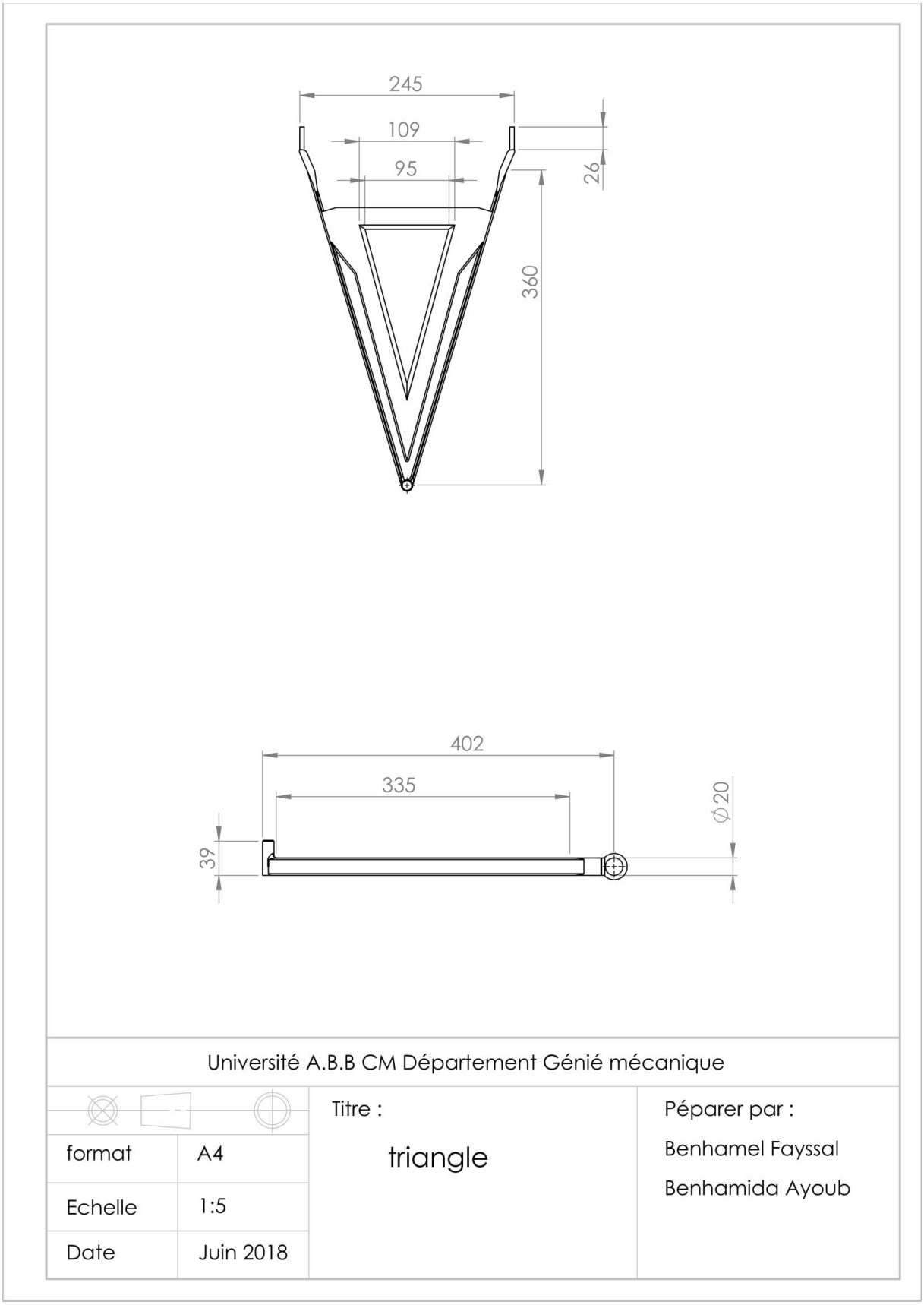
❖ **Mise en plan du maitre-cylindre :**



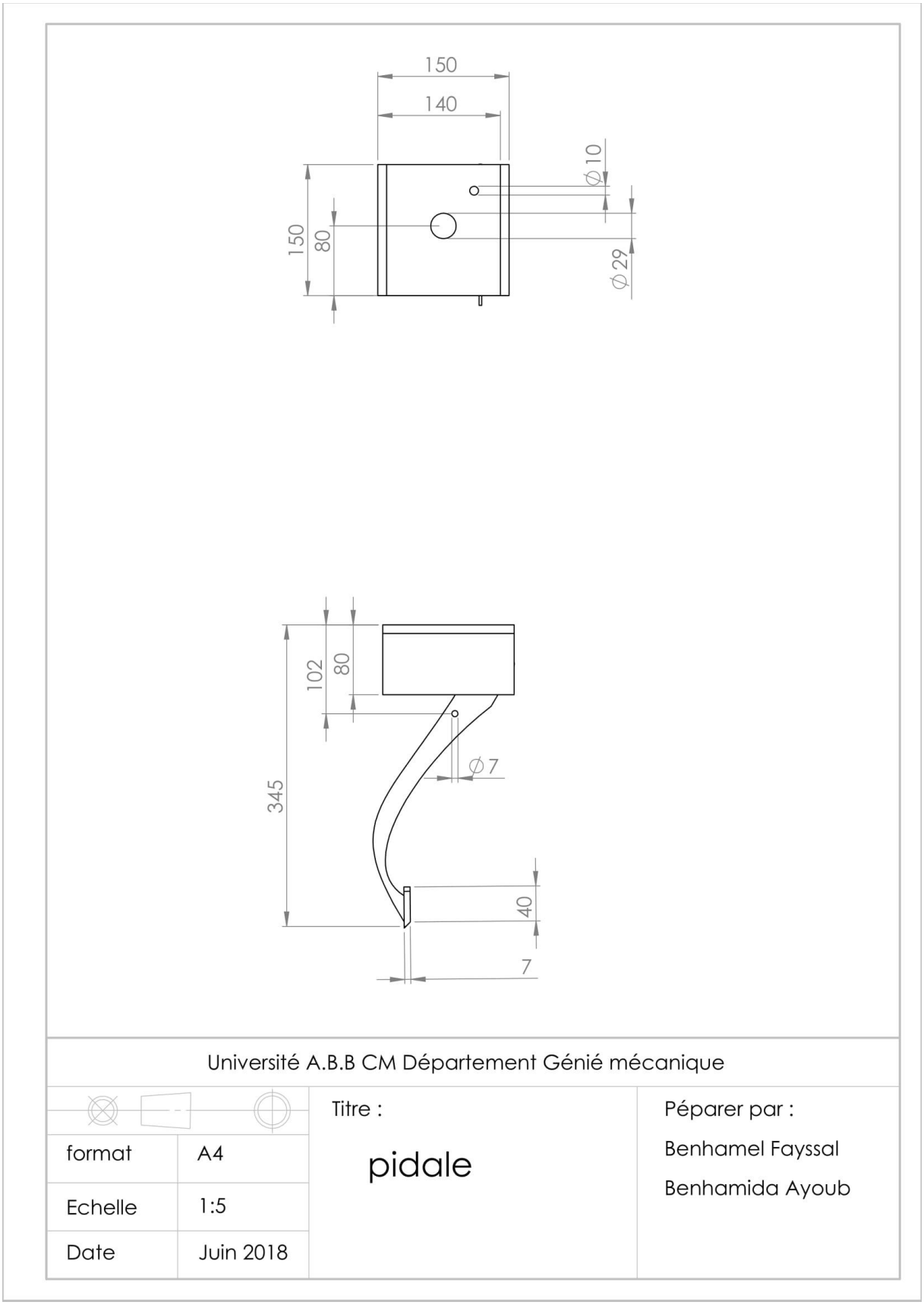
❖ **Mise en plan du moyeu :**



❖ **Mise en plan du triangle :**



❖ **Mise en plan de la pédale de frein :**



Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

2.6 La conception de l'accouplement :

Les machines industrielles sont, pour la plupart, activées par des actionneurs du mouvement de rotation : moteurs électriques, thermiques, pneumatiques ou hydrauliques. L'accouplement est un organe qui permet la jonction du moteur au récepteur, les deux machines ayant des arbres quasiment alignés. Celui-ci permet la transmission de la puissance motrice vers le mécanisme à activer. C'est un produit courant du commerce qu'il convient de choisir et d'adapter à chaque montage particulier.

L'accouplement élastique peut permettre de résoudre certains problèmes de liaison de deux arbres. [31]

Les arbres à assembler par un accouplement sont les arbres de machines autonomes. Le guidage de ceux-ci dans les bâtis respectifs est assuré grâce à des liaisons pivots, internes aux appareils (figure 2.4).

L'accouplement, s'il représentait une liaison complète et rigide entre les arbres, engendrerait une hyperstatique mécanique du système. Aux actions nominales dans les liaisons se superposent alors les actions mécaniques internes générées par :

— les défauts d'alignement du montage ;

— les déformations des arbres et des liaisons pendant le fonctionnement sous charge ;

— les modifications dimensionnelles liées aux évolutions thermiques.

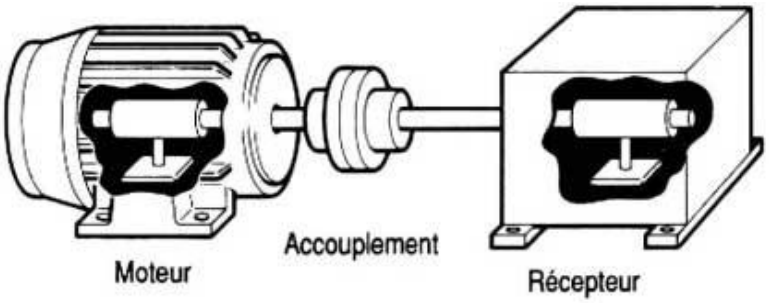


Figure 2.4: Situation d'un accouplement.[31]

Afin de minimiser ces actions dans les arbres et dans les liaisons (pour améliorer la durée de vie du montage), il est nécessaire que l'accouplement transmette le moment de torsion (couple sur l'arbre moteur ou récepteur) en limitant les autres actions mécaniques (figure 2.5).

Il convient donc que de petits mouvements soient rendus possibles dans l'accouplement afin de garantir un montage isostatique du récepteur et du moteur (figure 2.6). [31]

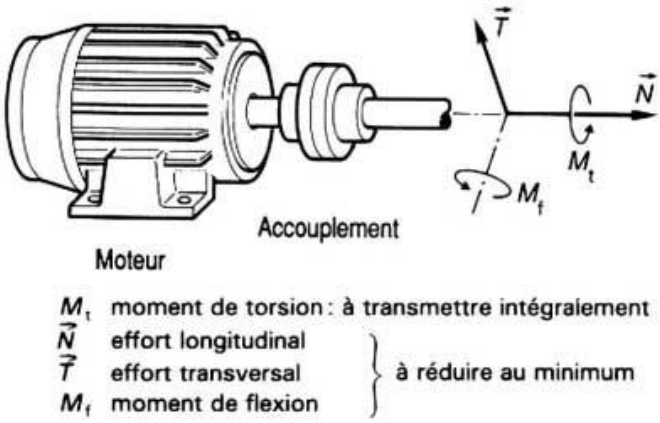


Figure 2.5: Actions mécaniques dans la section d'un arbre[31]

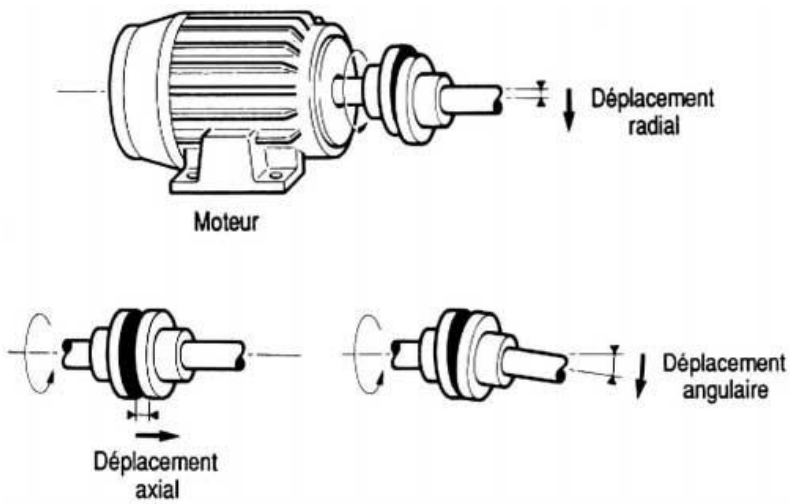


Figure 2.6: :Mouvements relatifs à autoriser dans un accouplement[31]

La plupart des accouplements autorisent les déplacements axiaux et angulaires ; le déplacement radial est insignifiant. Une combinaison de deux accouplements permet la transformation du mouvement angulaire en mouvement radial. La longueur de l'arbre intermédiaire conditionne alors directement les déplacements radiaux (figure 2.7).

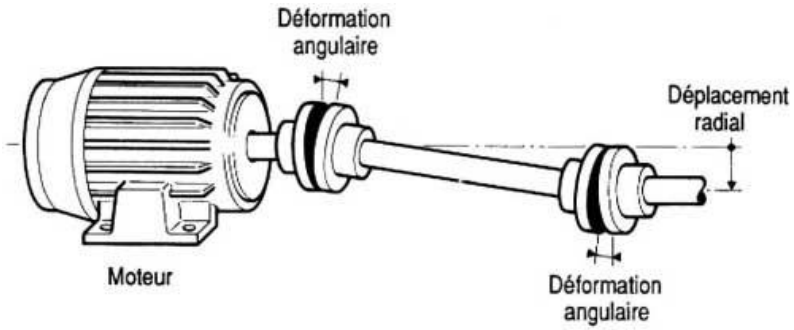


Figure 2.7: Combinaison de deux accouplements afin de favoriser le déplacement radial[31]

La fonction motrice d'un moteur automobile est remplacée dans ce banc d'essai par un moteur électrique. Donc la conception d'un système d'accouplement est inévitable. Avant de réaliser le model 3D de l'accouplement on a établi des mises en plan de cette pièce avec le logiciel de conception SolidWorks.

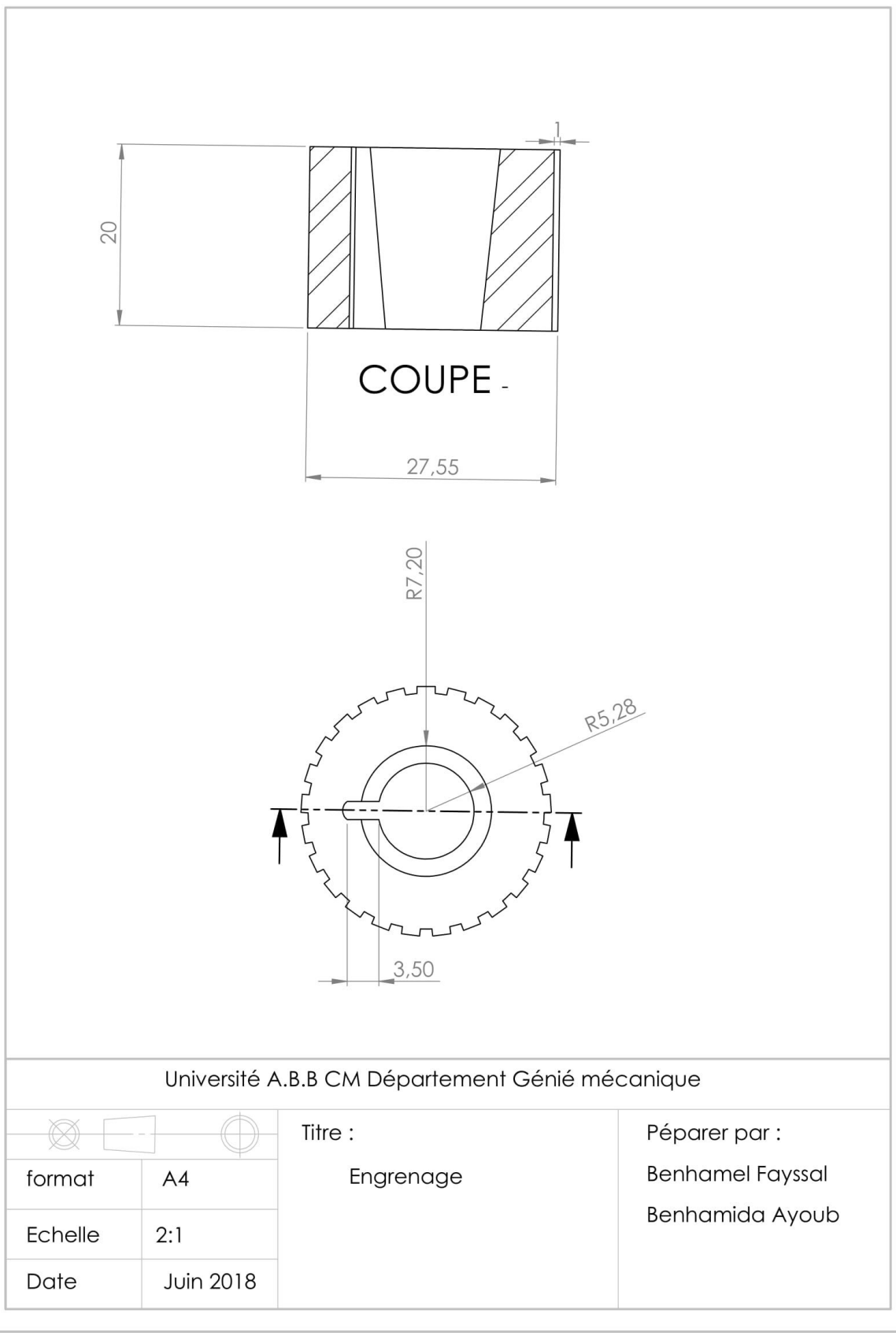
Pour pouvoir raccorder les deux parties « moteur » et « accouplement flexible », la compatibilité de l'arbre moteur et l'intérieur de l'accouplement flexible doit être assuré. Avec le pied à coulisse on a pris les mesures des deux parties. Les dimensions du tableau suivant doit être respectées.

Diamètre extérieure	**27mm**
La longueur de la pièce	**20mm**
Diamètre intérieure « entré de la conicité »	**14,4mm**
Diamètre intérieur « la sortie de la conicité »	**10,6mm**
Nombre de dent	**23**
Type de matériau	**Acier doux**
Clavette	**Largeur 2mm longueur 4mm**

Tableau 2.1: les démontions de l'accouplement.

Rapport-Gratuit.com

❖ **Mise en plan de l'accouplement :**



❖ La Modélisation 3D de l'accouplement :

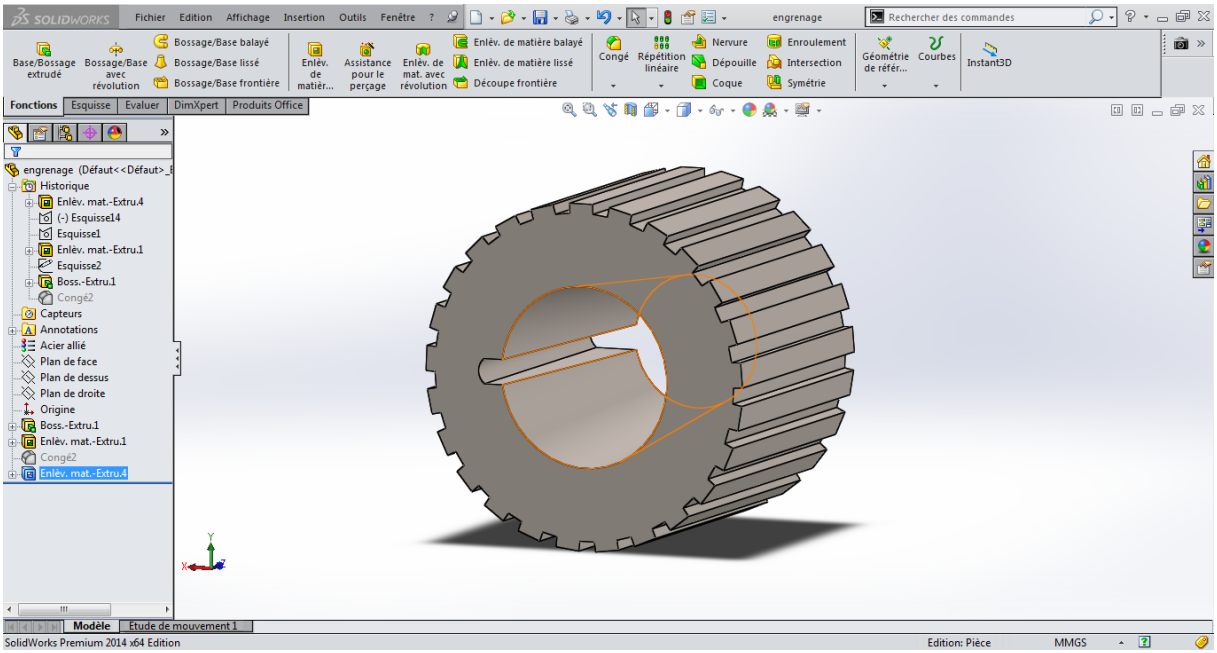


Figure 2.8: Model 3D de L'accouplement

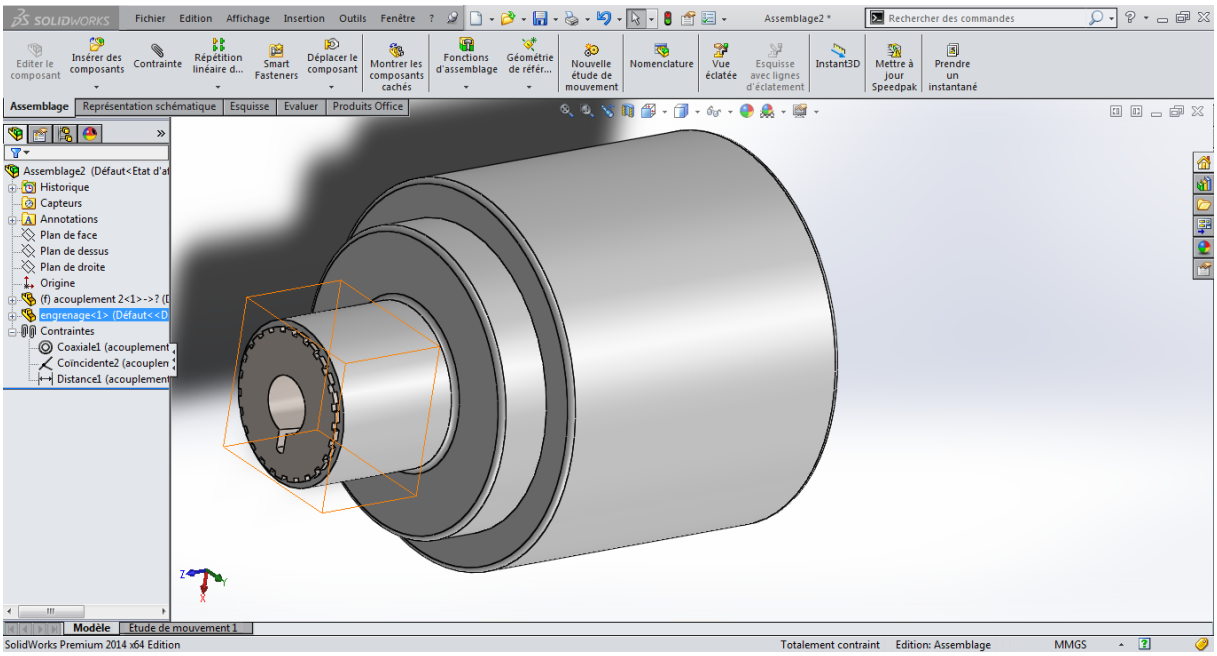


Figure 2.9: Model 3D de l'accouplement avec l'accouplement flexible

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

2.7 Modélisation 3D du Banc d'essai pour le système de freinage :

Les figures suivantes sont celles de la modélisation 3D des différentes pièces qui entre dans l'ensemble de banc d'essai.

❖ **Modalisation de Disque du frein :**

Les disques de frein sont rattachés aux roues du véhicule. Leur entrée en frottement est provoquée par le jeu des plaquettes installées dans l'étrier. En fonction de la pression exercée sur la pédale de frein, ils ralentissent de façon plus ou moins rapide dans l'objectif de stopper la voiture.

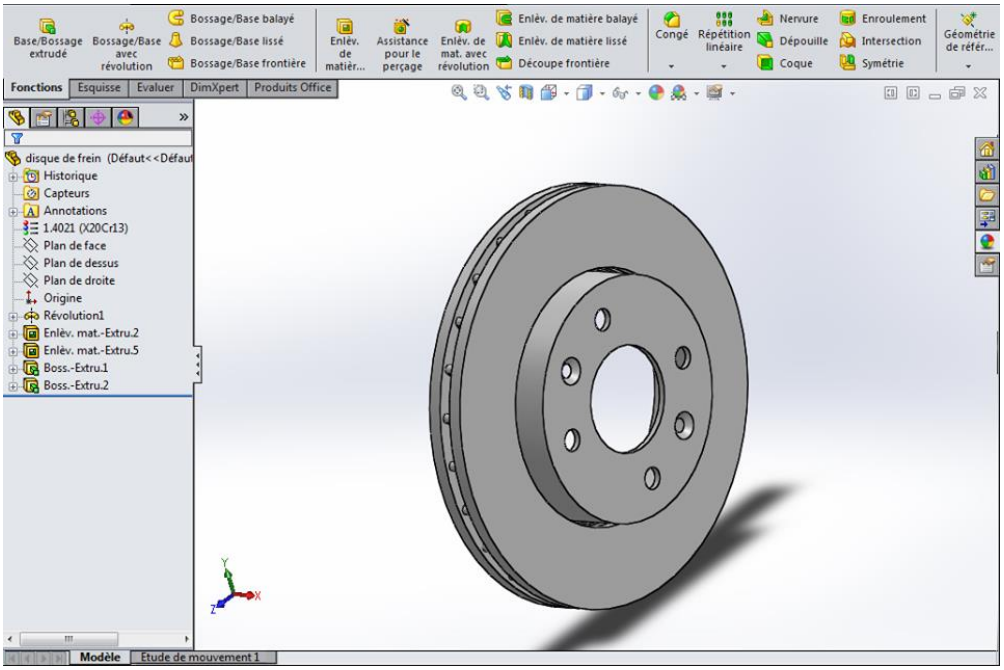


Figure 2.10: Model du disque de frein

❖ Modalisation model des étriers :

Les garnitures de frein sont montées aux étriers, qui "flotte" à côté du disque de frein. L'étrier s'assure que les garnitures de frein exercent la pression égale sur le disque.

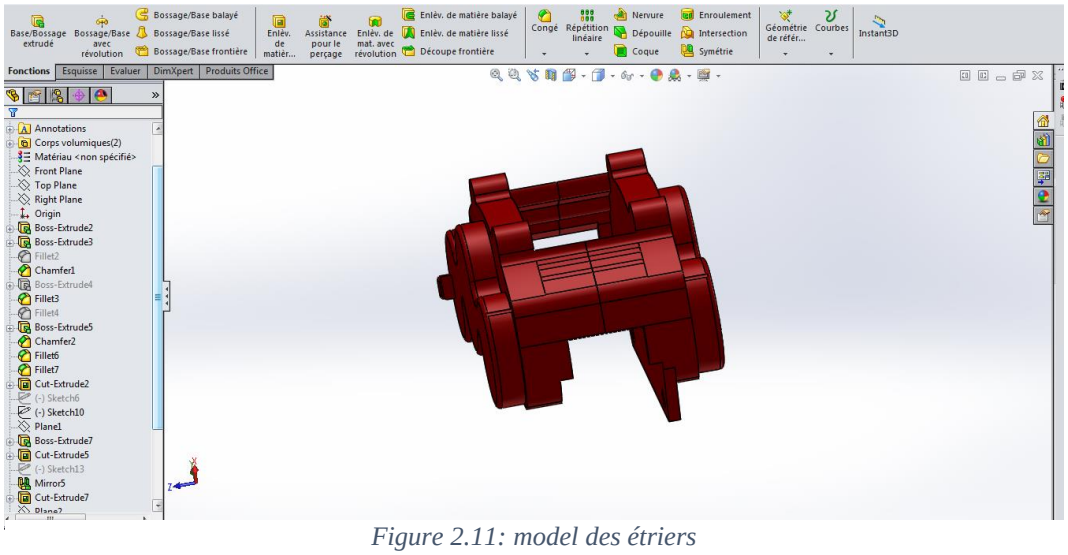


Figure 2.11: model des étriers

❖ Modalisation des plaquettes du frein :

Une plaquette de frein est l'élément des freins à tambour ou à disque qui entre en friction avec la surfaces du disque en rotation afin de ralentir et stopper le véhicule sur lequel elles sont installées.

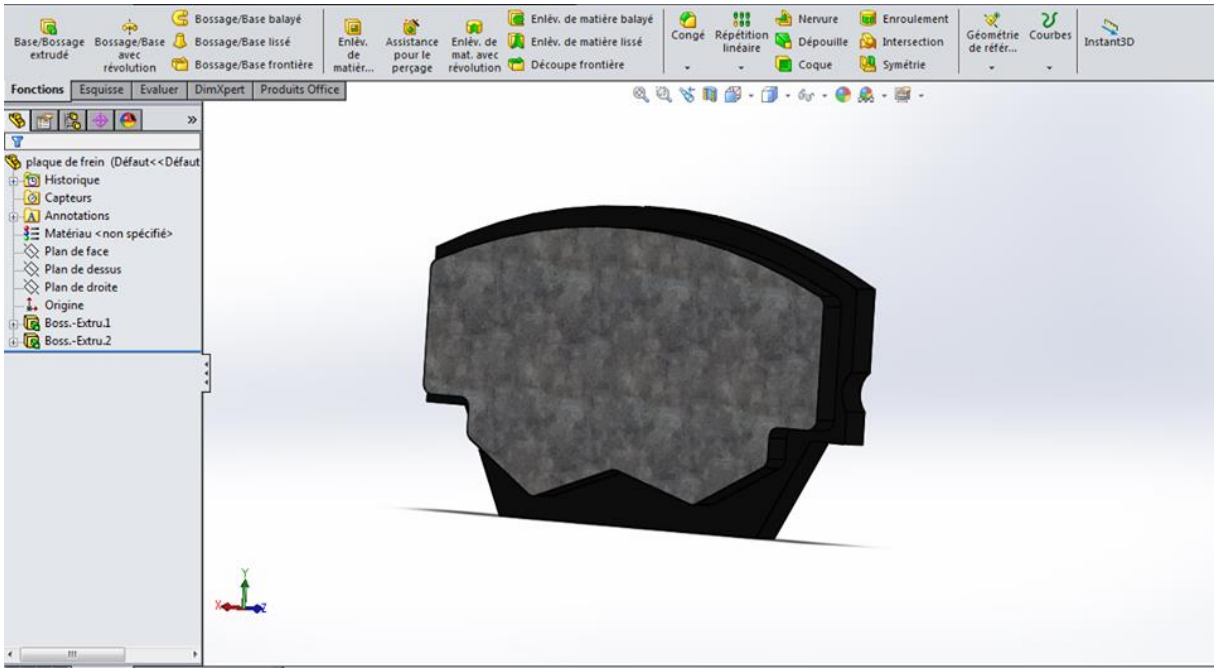


Figure 2.12: model des plaquettes de Fein.

❖ Modalisation de triangle de suspension :

Le triangle de suspension est le composant qui relie le moyeu de roue au châssis d'un véhicule ; c'est un élément déterminant pour sa tenue de route.

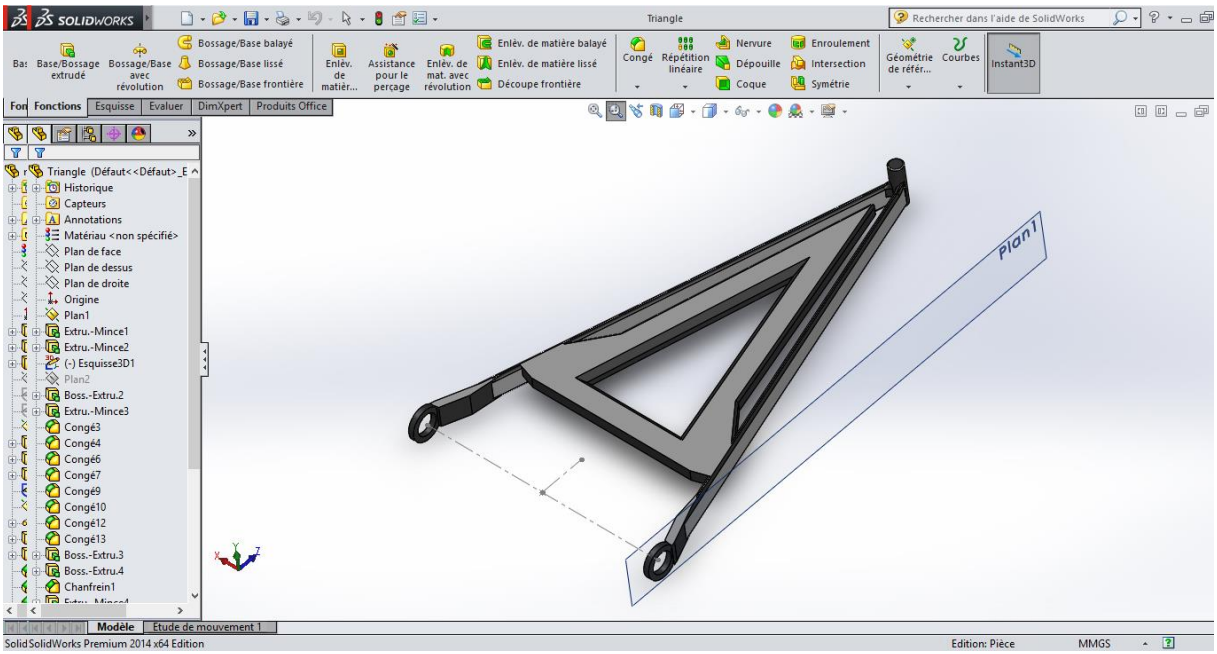


Figure 2.13: Model de triangle

❖ Modalisation du cardan :

Est un dispositif permettant de transmettre la rotation d'un arbre à un autre, même si celui-ci n'est pas situé sur le même axe.

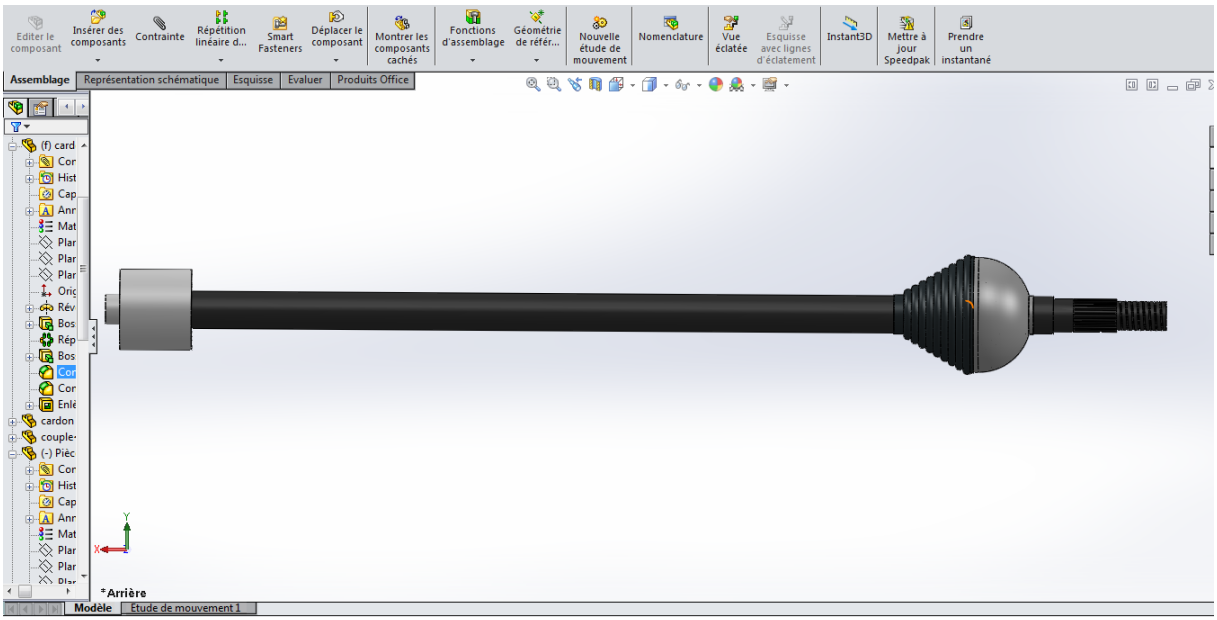


Figure 2.14: Model de cardan avec accouplement

❖ Modalisation d'accouplement :

Les accouplements sont utilisés pour transmettre la vitesse et le couple, ou la puissance, entre deux arbres de transmission en prolongement l'un de l'autre comportant éventuellement des défauts d'alignement.

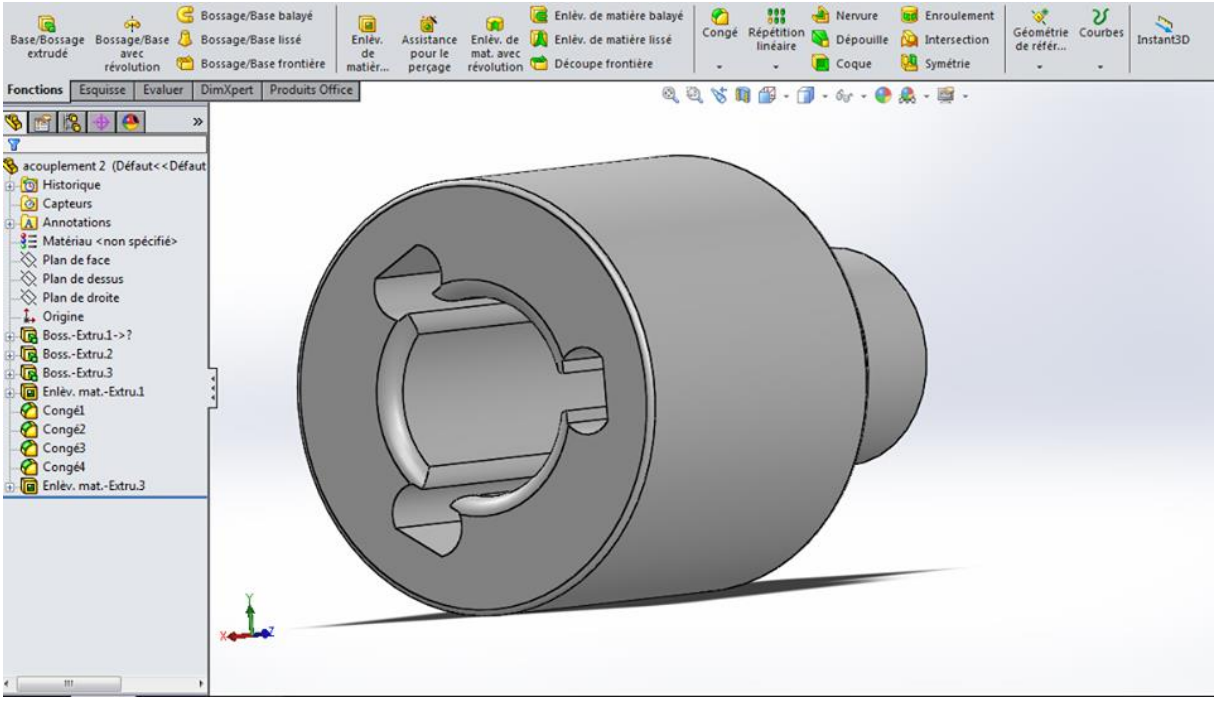


Figure 2.15: model de l'accouplement

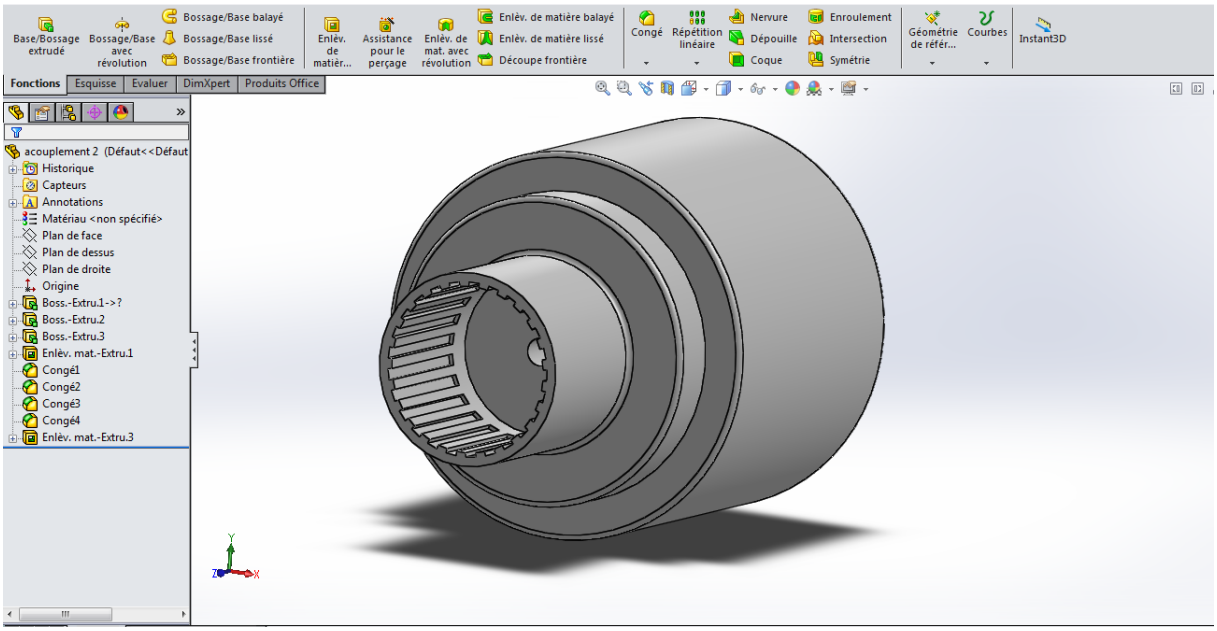


Figure 2.16: model de l'accouplement

❖ **Modalisation moyeu avec support :**

Le moyeu est la partie centrale d'une pièce technique tournante discoïdale : roue, poulie, engrenage, volant.

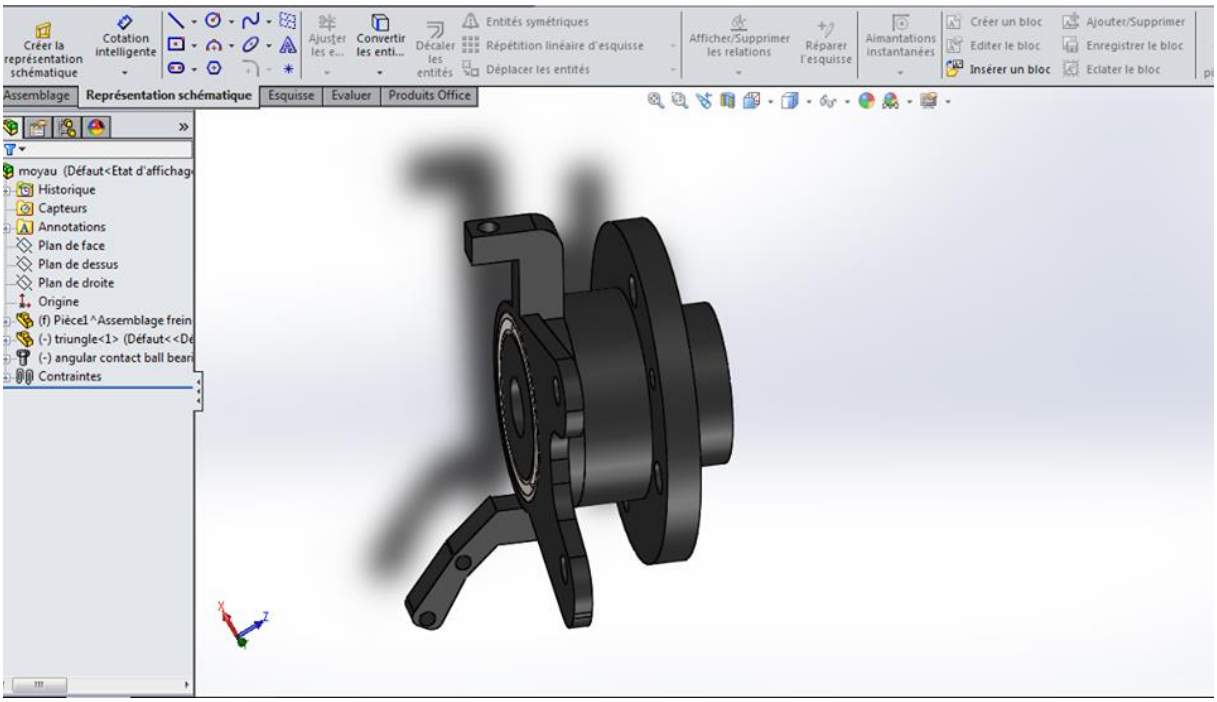


Figure 2.17: Model de moyeu avec support

❖ **Modalisation maitre-cylindre :**

Le maître-cylindre est une pièce placée derrière l'amplificateur à dépression d'un circuit de freinage hydraulique. Cet organe émetteur permet de transmettre une pression via le liquide de frein aux organes récepteurs du freinage au travers des canalisations hydrauliques avant et arrière.

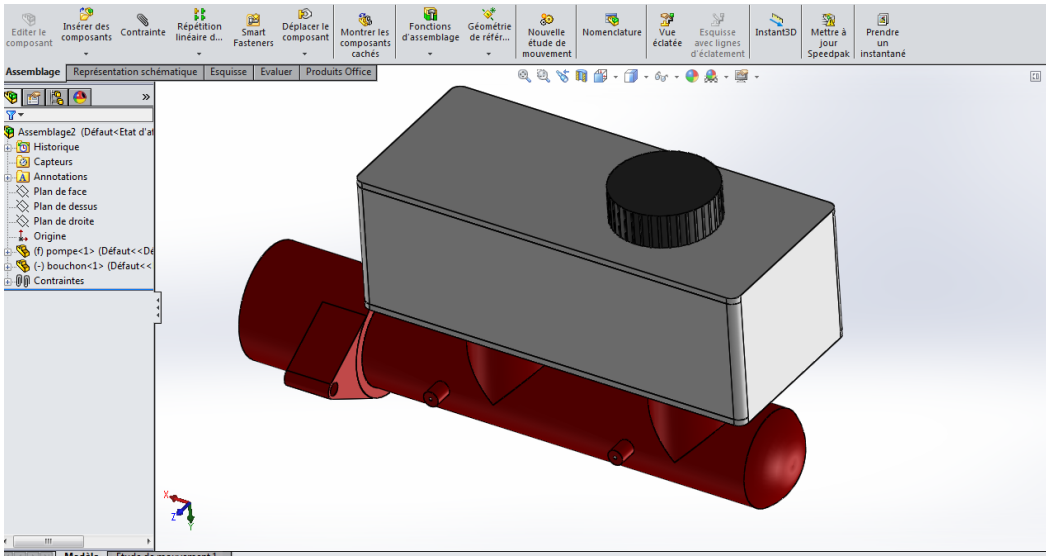


Figure 2.18: Model de maitre-cylindre

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

❖ **Modalisation pédales du frein et accélérateur :**

D'une manière générale, une pédale est un levier actionné par le pied humain, permettant de transmettre une force à un dispositif mécanique.

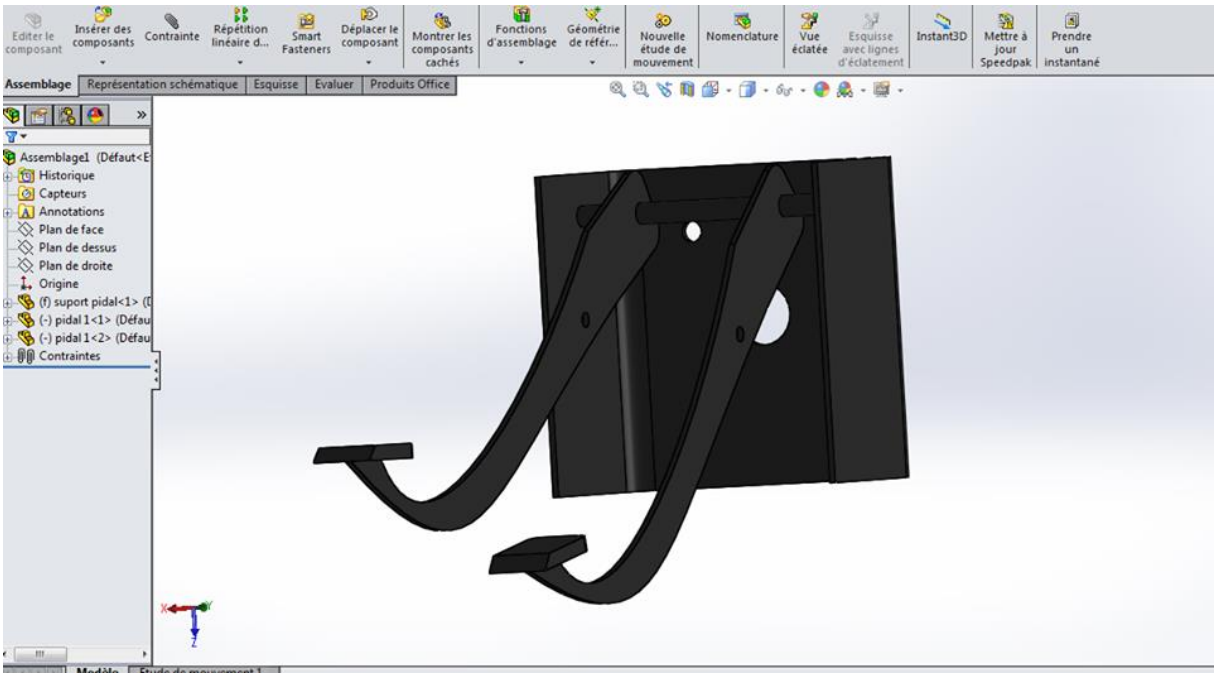


Figure 2.19: model des pédales du frein et accélérateur

❖ **Modalisation servofrein :**

Le servofrein est un dispositif commandé par la pédale de frein qui a pour fonction de multiplier la valeur de l'effort exercé par le conducteur sur la pédale même.

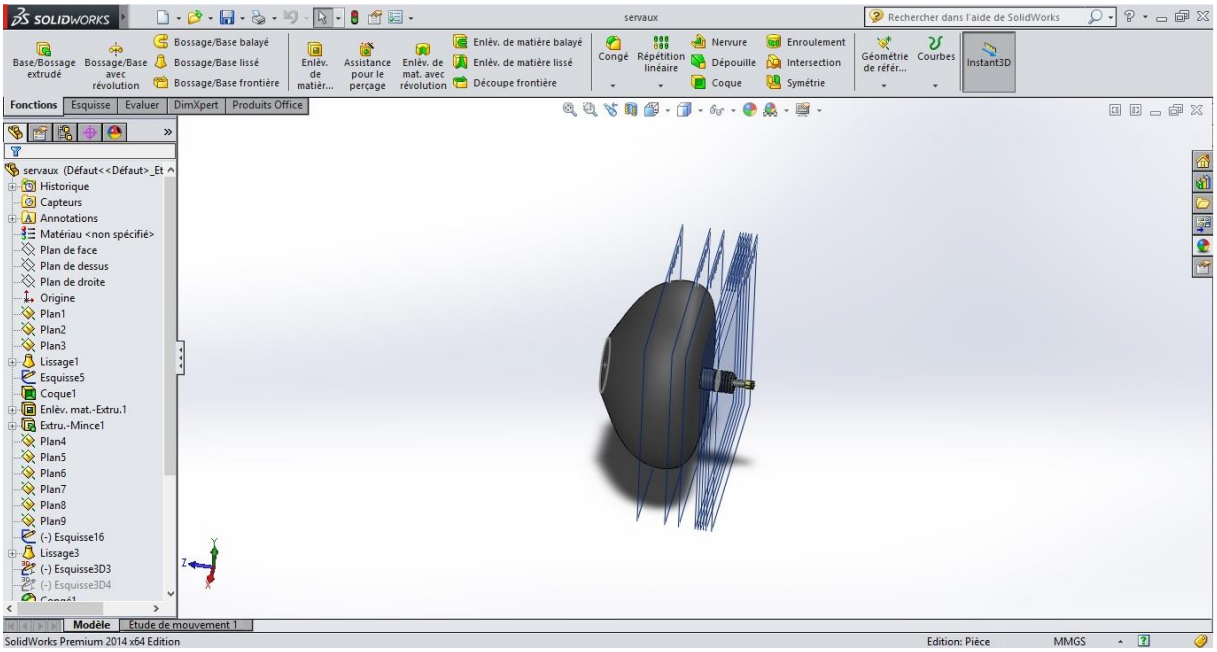


Figure 2.20: Model de l'assistance (servofrein)

L'ensemble des pièces serons assemblées su un châssis. Le modèle 3D est donné par la figure suivante.

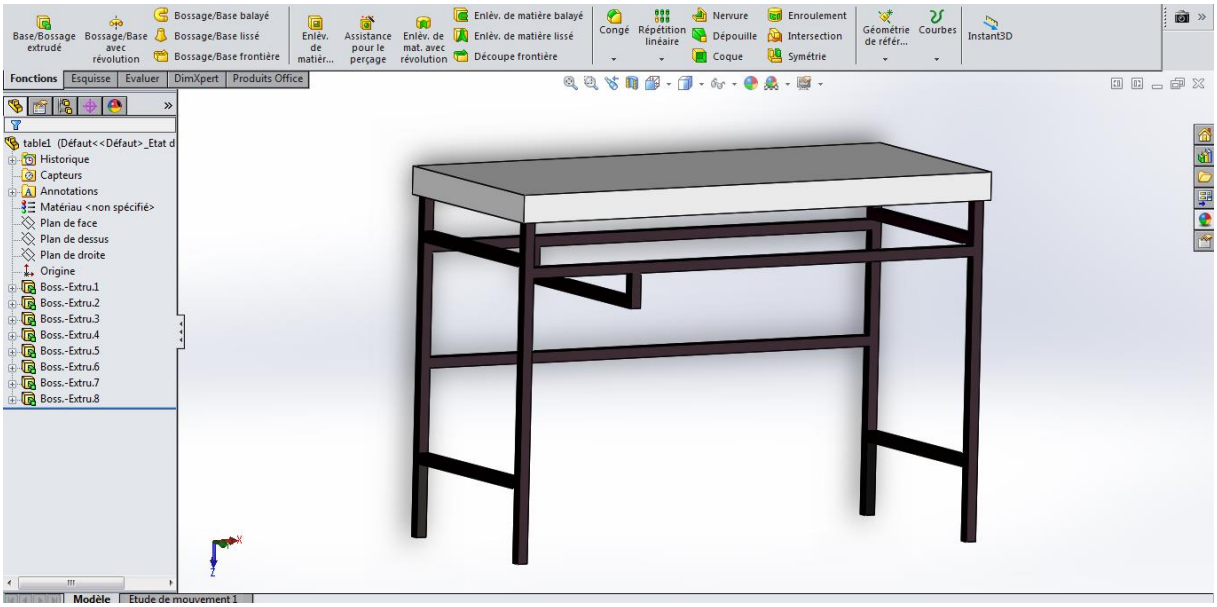


Figure 2.21: Châssis de banc d'essai

Le moteur électrique récupéré d'une machine à coudre est aussi modélisé. La figure 2.22 est le modèle 3D de ce moteur.

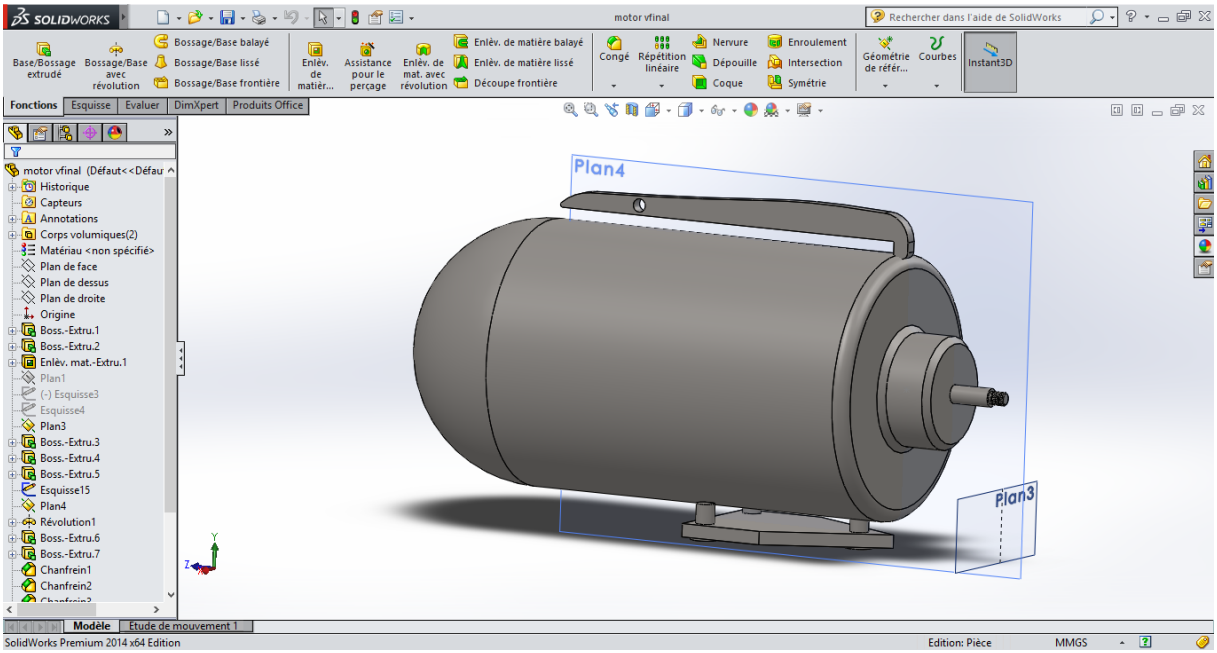


Figure 2.22: Model 3D de moteur électrique

Après avoir établi le modèle 3D des différentes pièces constituants le banc d'essai, une étape d'assemblage est entamée. Les figures suivantes représentent le modèle 3D de cet assemblage.

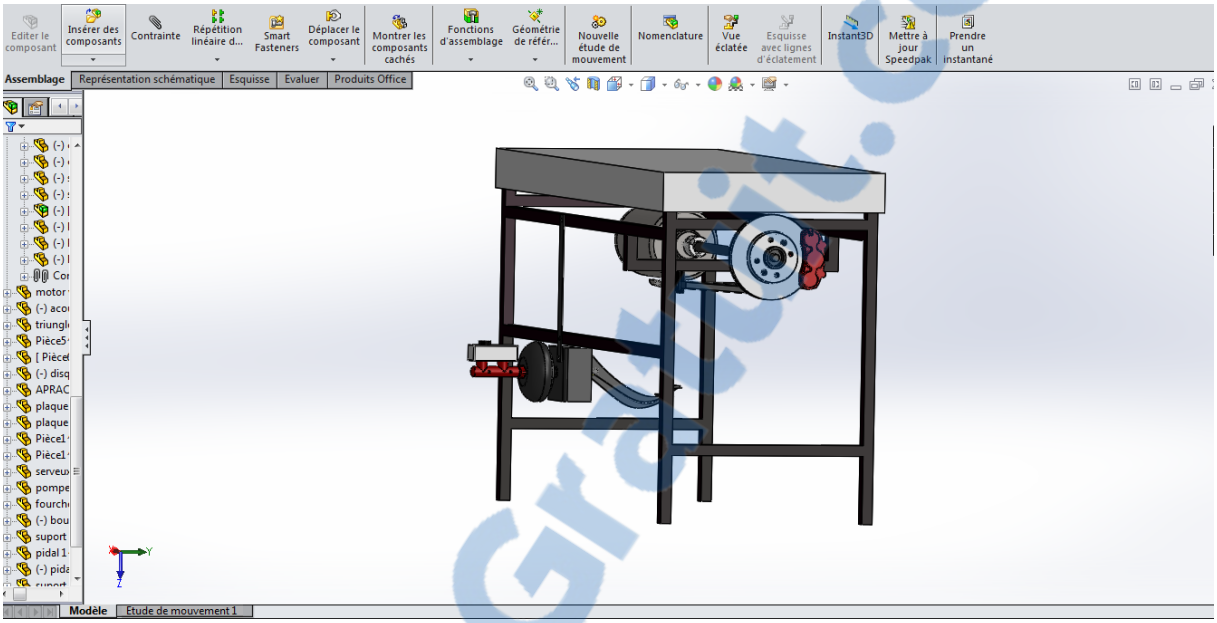


Figure 2.23: Vue 3D de banc d'essai

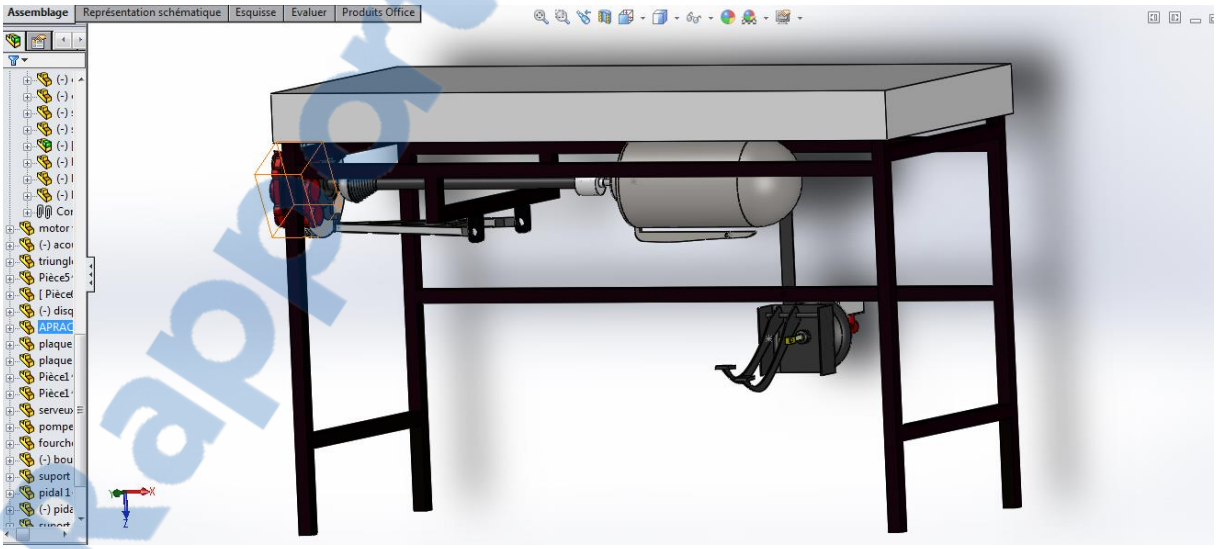


Figure 2.24: Vue de face de banc d'essai

Rapport-Gratuit.com

2.8 Simulation et analyse de mouvement du banc d'essai pour le système de freinage :

Après avoir établi le modèle géométrique, une étape de simulation est entamée. Elle permet un meilleur design, ainsi la rapidité de mise en œuvre, la puissance et la précision de cette simulation assurent une conception de qualité.

L'étude cinématique du banc d'essai nous montre le fonctionnement de ce système et aussi ses performances. Elle consiste à donnais aux pièces leurs caractéristiques réelles puis simulé la puissance du moteur électrique à fin d'obtenir les courbes de puissance (fig. 2.25), du couple moteur (fig. 2.26), et de vitesse (fig. 2.27) :

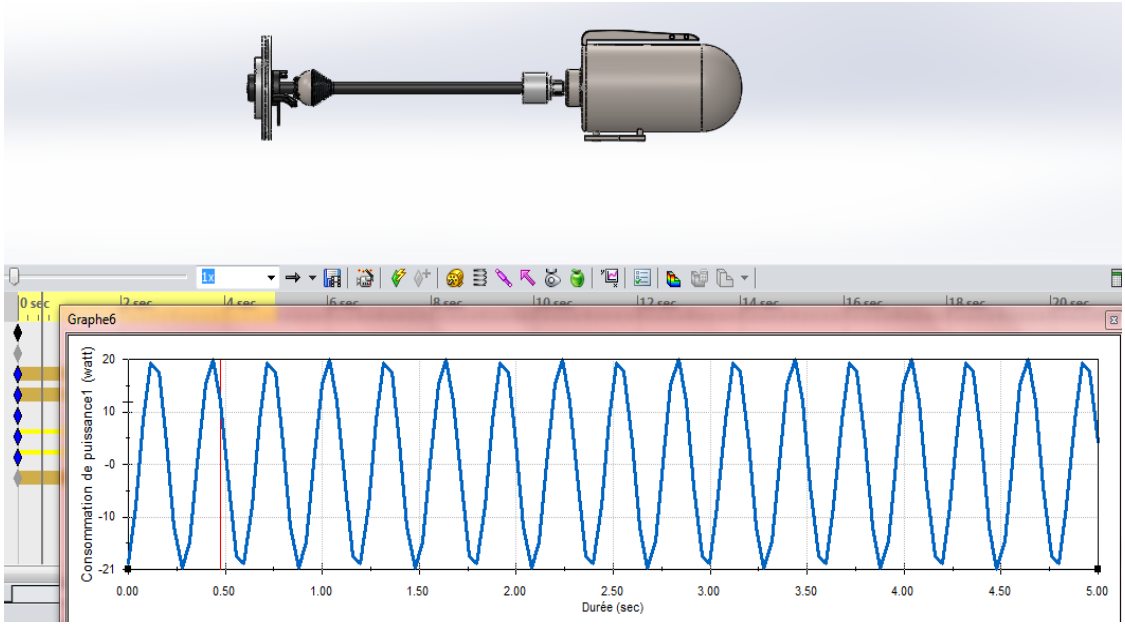


Figure 2.25: consommation du puissance en watt en fonction du temps

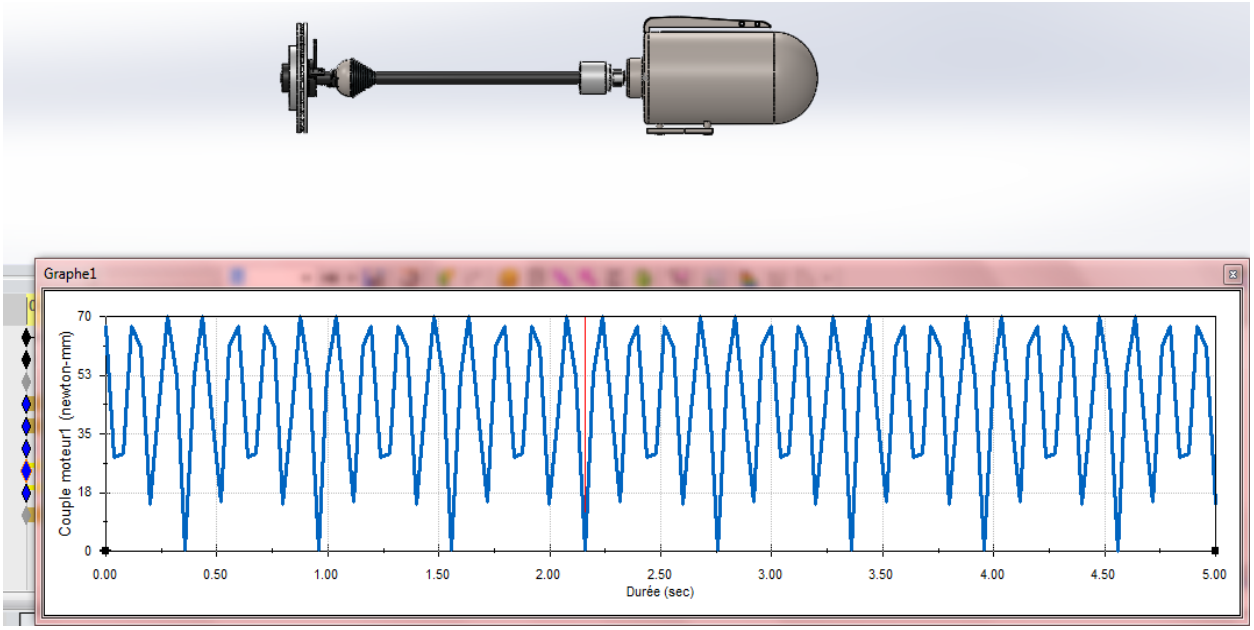


Figure 2.26: courbe de couple moteur en fonction du temps

- La figure 2.25 nous montre un diagramme de la Consommation d'électricité du moteur en watt. Ainsi que la figure 2.26 montre Le couple fourni est la conséquence de l'effort de travail demandé au moteur et s'exprime en Newton/mm .

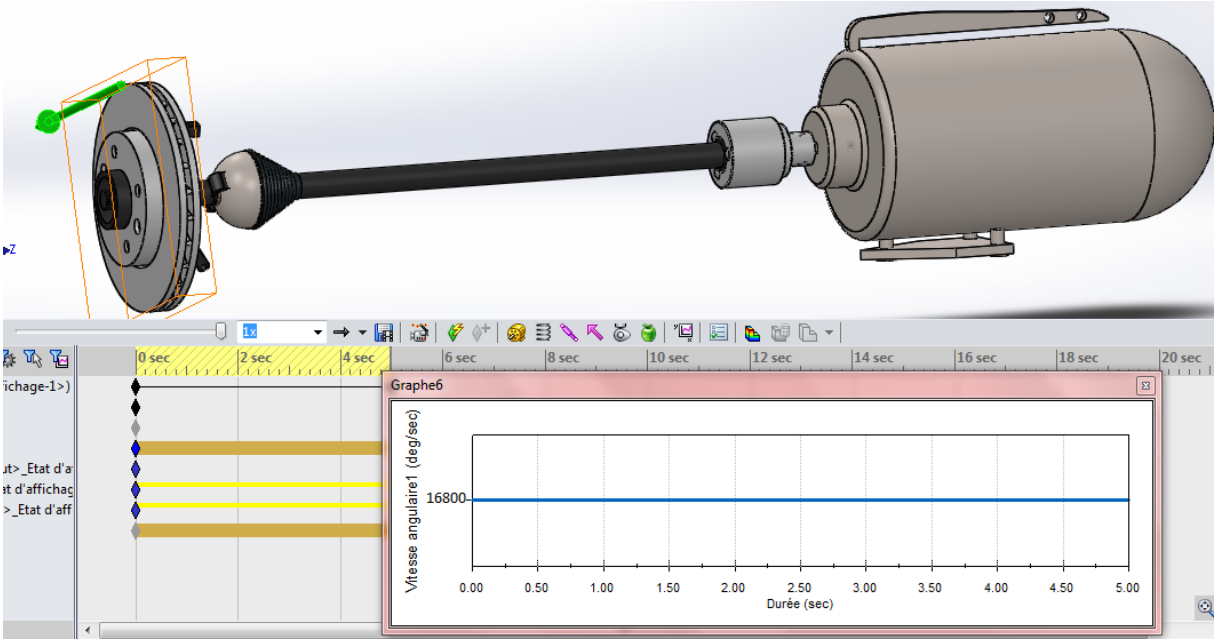


Figure 2.27: courbe de vitesse angulaire en fonction du temps

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

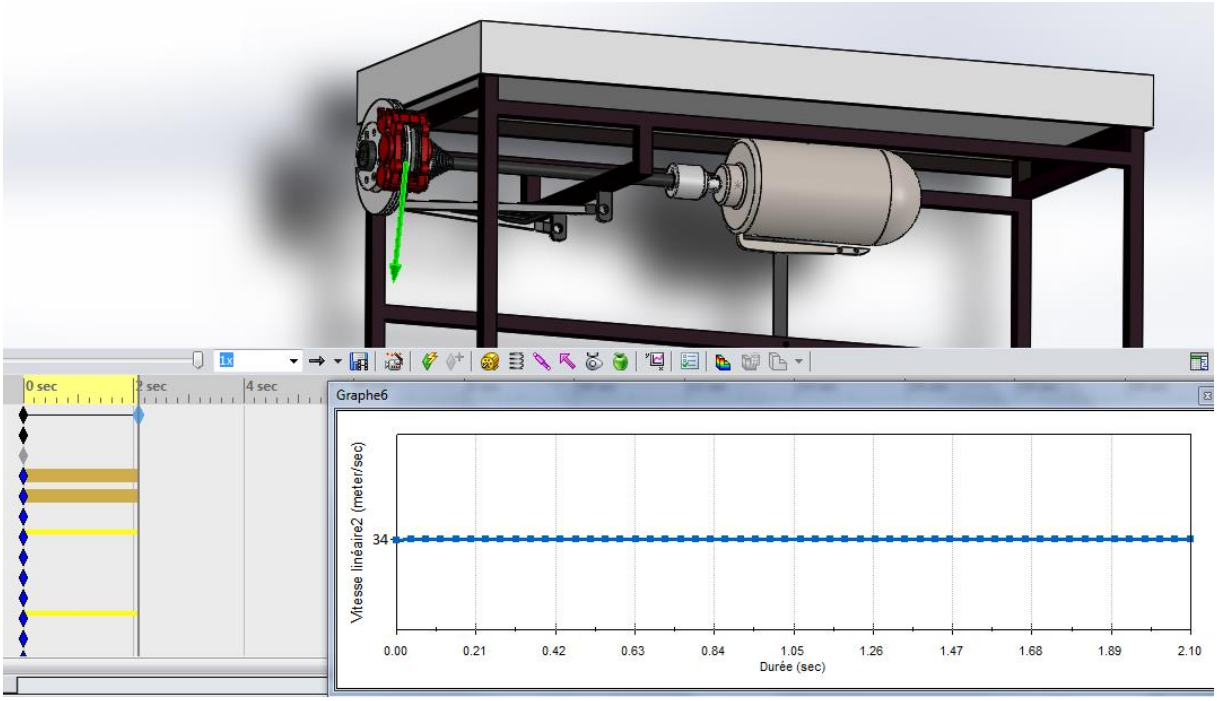


Figure 2.28: courbe de vitesse linière.

- La figure 2.27 montre une vitesse angulaire constante de 16800degr/s, et la figure 2.28 indique une vitesse linaire de 34 m/s équivalent a 122km/h.

Chapitre 3: *La Réalisation*

Introduction :

Après avoir achevé l'étape de conception on va entamer dans ce chapitre l'étape de réalisation De notre banc d'essai et le mettre en situation de marche.

L'objectif dans cette étape est de réaliser le modèle géométrique 3D avec un cout minimal.

La démarche qu'on a suivie est composée en trois parties :

1. Faire une étude de marché pour avoir les pièces nécessaires récupérées des voitures neuf ou usée avec un plan optimal des achats et un minimum de coût ;
2. Ensuit le mis en œuvre des pièces à usiner ;
3. Assemblage des pièces.

3.1 Usinage de l'accouplement « arbre moteur – l'accouplement flexible » :

Pour établir cette liaison entre le cardon de voiture et le moteur électrique qui est d'origine dédié aux machines à coudre on a dû passé par certaines étapes pour rendre ce mariage entre les deux possible pour cela on a commencé tout d'abord à faire une conception d'une pièce vue que le diamètre de l'arbre moteur ne convient pas avec l'accouplement flexible

Tout d'abord on a choisi un matériau cylindrique en acier douce puis on a effectué les étapes suivantes :

1. Montage de la pièce cylindrique au mandrin de la machine de Tour (fig. 3.1)

Figure 3.1: l'opération de chariotage.

Figure 3.2: utile a dressage.

2. Faire un chariotage pour déminer le diamètre de la pièce jusqu'à l'obtention de 26mm. De diamètre. L'outil utilisé est donné par la (figure 3.2).

3. Réalisé un pointage avec un foret de 8 mm puis faire un perçage avec un foret de 10 voir (figure 3.3) suivante.

Figure 3.3: foret de diamètre 8 (en bas) et un foret de diamètre de 10 (en haut)

4. Changer l'inclinaison du porte-outil pour obtenir la bonne conicité (figure 3.4). La formule pour obtenir l'angle de l'inclinaison est la suivante :

$$\frac{14{,}4 - 10{,}6}{20 \times 2} = 0{,}098$$

La longueur de la pièce	**20mm**
Diamètre intérieure « entré de la conicité »	**14,4mm**
Diamètre intérieur « la sortie de la conicité »	**10,6mm**

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

$$\tan^{-1} 0{,}098 = 5{,}59°$$

Figure 3.4: l'inclinaison de port utile

5. Réaliser un alésage à l'intérieur du perçage avec un utile à alésage (figure3.6) de profondeur 20 mm

Figure 3.5: opération d'alésage.

Figure 3.6: utile d'alésage utilisé.

L'intérieure de la pièce après l'alésage est donné par la figure suivante.

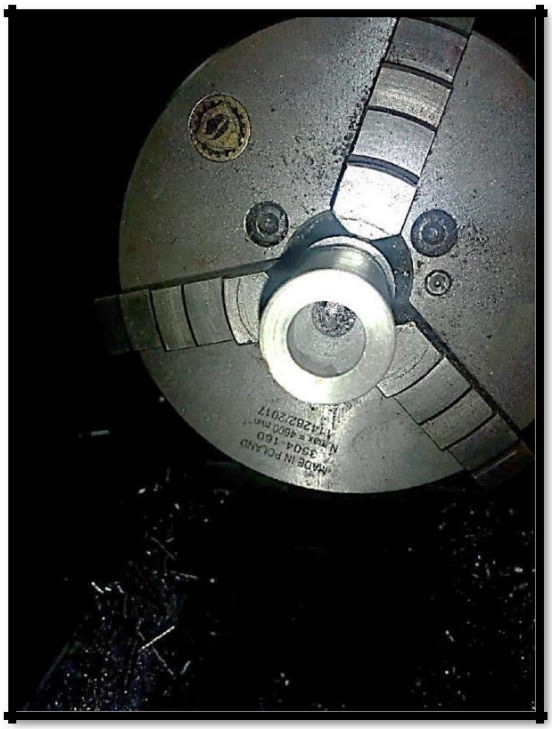


Figure 3.7: l'intérieure de la pièce après l'alésage.

6. Réaliser d'une denture droite sur la surface extérieure. La machine utilisée est une fraiseuse verticale (figure 3.8) avec un plateau diviseur.

Figure 3.8: la machine fraiseuse

On a utilisé un plateau 33 avec une opération 1 tour et 17 trous. L'outil de coupe est une fraise de module 1 comme montre la (figure 3.9).

Figure 3.9: la réalisation de la denture.

7. Démontage la pièce puis le tronçonnage sur la machine de tour (figure 3.11). L'outil utilisé est donné par la figure suivante.

Figure 3.10: utile a tronçonné

Rapport-Gratuit.com

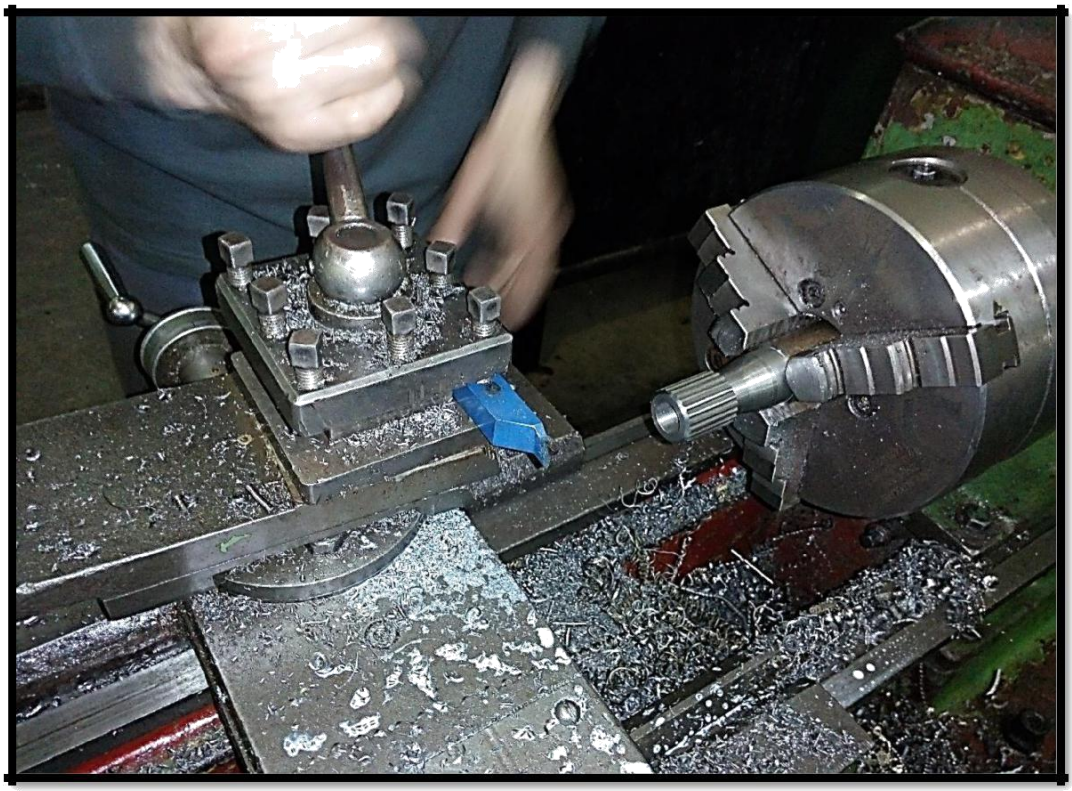


Figure 3.11: l'opération de tronçonnage

A la fin de l'usinage on a obtenu la pièce qu'on a fait sa conception en **figure 2.8 au Chapitre 2.**

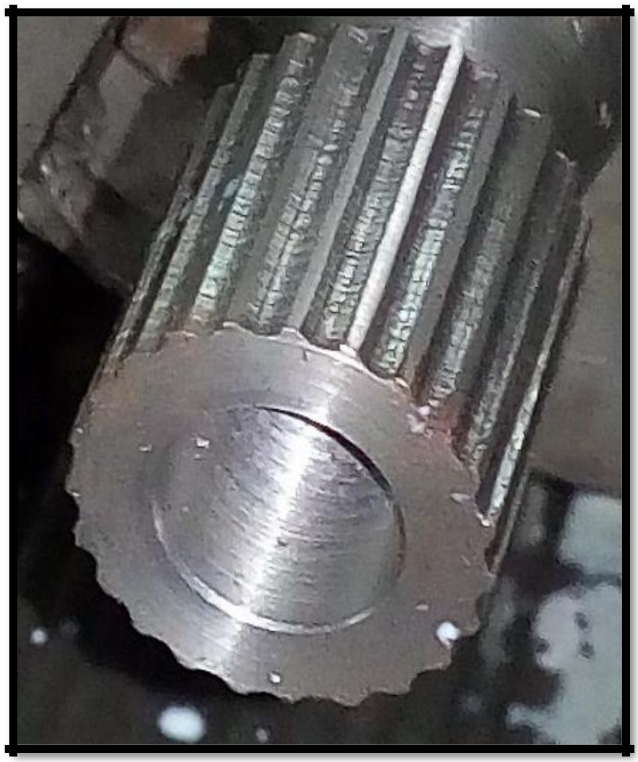


Figure 3.12: la pièce de l'accouplement à la fin de l'usinage

3.2 Usinages sur l'accouplement de cardon :

Pour rendre l'accouplement du cardon compatible avec la pièce en figure 3.12 qu'on a usiné précédemment on a établi quelque modification au manchon de cardon, les opérations qu'on a effectuées sont les suivantes :

1. Diminution de la partie denture du cardon (Figure 3.13), d'une profondeur 40mm jusqu'à 19mm.

Figure 3.13: l'accouplement avant l'usinage

2. Un dressage de profondeur 19mm est réalisé sur la machine de tour, comme le montre la (figure 3.15) suivantes.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Figure 3.14: centrage de l'accouplement à l'aide d'un comparateur

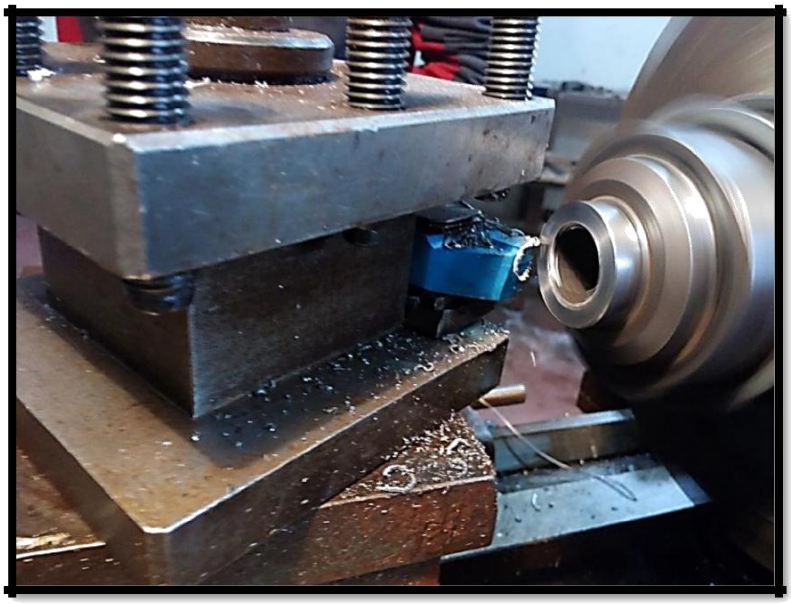


Figure 3.15: opérations de dressage.

3. Pour que l'arbre de moteur électrique peut entrer dans l'accouplent pour le fixé par un écrou et a fin du serré cette écrou il faut qu'il a assez d'espace pour que la clé de 17 peut logée à l'intérieur, pour cela on a dû faire un perçage dans l'accouplement.

Le serrage de l'accouplement est assuré par un écrou de 17 mm logée à l'intérieur comme montre la figure (3.16), et qui nécessite l'emploi d'une clé serrage. Le perçage est inévitable afin de rendre ce serrage possible. Les étapes sont comme suivies :

1. Réalisation d'un trou avec un foret de 10 mm,
2. Perçage avec un foret de 16 mm (figure 3.17) ;
3. Puis le 22 mm et pour finir avec un foret de 26 mm (figure 3.19).

Figure 3.16: l'intérieur de l'accouplement avant l'usinage.

Figure 3.17: les forets utilisés, a la droit foret diamètre 10 à gauche foret diamètre 16.

Figure 3.18: avant trou dans l'accouplement diamètre 10.

Le perçage avec le foret de diamètre 26 est de profondeur de 4mm.

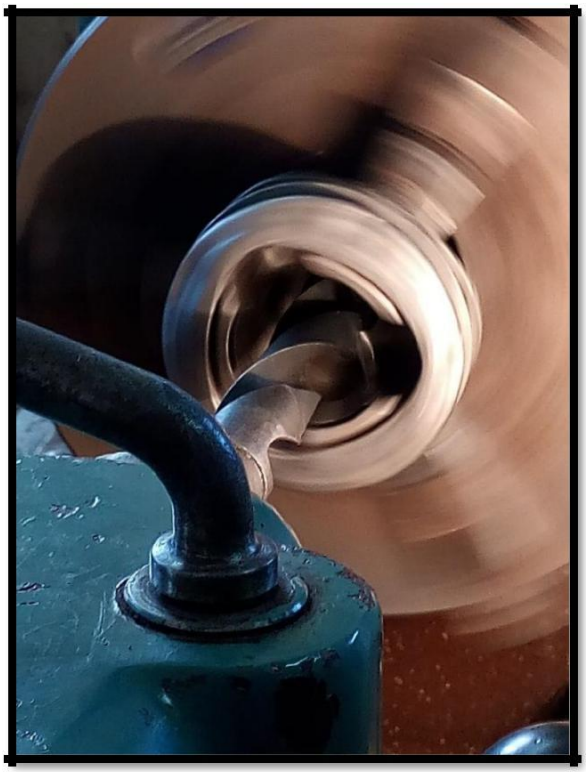


Figure 3.19: perçage final avec un foret de diamètre 26 sur la machine de tour.

La figure 3.20 est une vue réelle de la modélisation déjà faite de cet accouplement dans le chapitre 2 (figure 2.9).

Figure 3.20: image du l'accouplement.

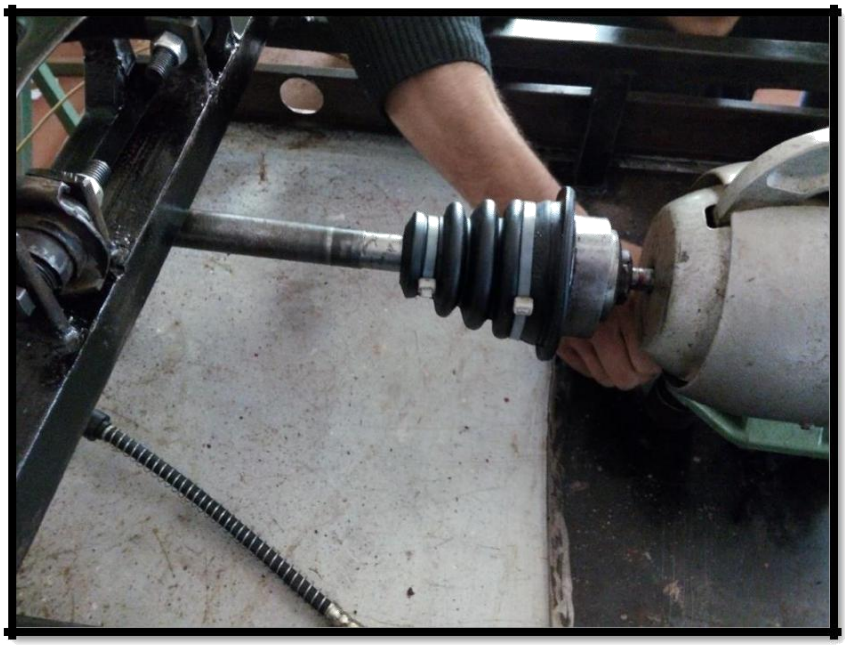


Figure 3.21: l'accouplement entre le cardon et l'arbre du moteur électrique

3.3 Réalisation du châssis :

Pour avoir un banc d'essai bien solide et bien fixe il faut éliminer toute perturbation due à la vibration lors de fonctionnement du banc d'essai. Le châssis initialement est récupéré d'une table métallique comme montre la figure 3.22. Par la suite elle est renforcée avec des barres a fer carré, la découpe est réalisée sur la scie mécanique (figure 3.23). L'assemblage des barres est par soudage au long de la structure et en largeur aussi. (Figure 3.24 et 3.25).

Figure 3.22: l'état initial du châssis

Figure 3.23: découpe d'une barre du fer carré cru

Figure 3.24: image pris lors de la soudure

Figure 3.25: les supports pour les pièces de système

Lors de l'assemblage on a utilisé le boulon en acier normalisé et pour éviter les desserrages on a utilisé les écrous frein (figures 3.27 et 3.26).

Figure 3.26: les boulonnes utiliser pour fixer le moteur au châssis

Figure 3.27: les écrous utilisé pour le serrage pour les boulonnes à diamètre 12

Figure 3.28: les boulonnes utiliser pour l'assemblage de support moyeu au châssis.

3.4 Les pièces Procurées :

Les images des pièces élémentaires du système de freinage sont regroupées dans cette partie de chapitre. On fait une étude de marché afin de choisir le plan optimal de nos achats. Les pièces procurées proviennent d'une voiture model **Renault 21**.

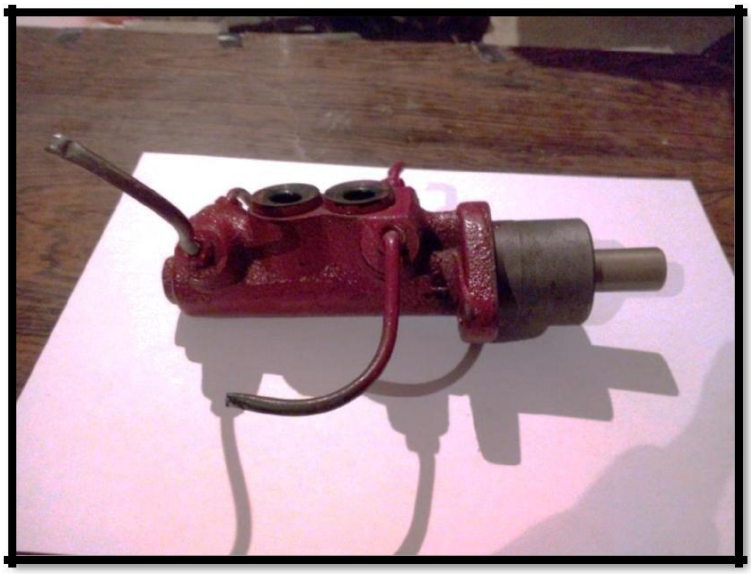


Figure 3.29 : maitre-cylindre.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Figure 3.30: moyeu avec support.

Figure 3.31: l'arbre de transmission (cardan).

Figure 3.32: l'assistance (servofrein).

Rapport-Gratuit.com

Figure 3.33: le support (triangle).

Figure 3.34: les étriers.

Figure 3.35: les pédales du frein et accélérateur.

Figure 3.36: réservoir d'huile.

Le moteur qu'on a choisi pour faire tourner le système c'est un moteur électrique d'une machine à coudre.

Figure 3.37: Un moteur électrique

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Les figures suivantes est celle de la réalisation après l'assemblage des différentes pièces.

Figure 3.38: vue de droit du banc d'essai pour le système de freinage.

La partie électrique qui commande le moteur est fixée sur le côté du châssis.

Figure 3.39: vue de face du banc d'essai pour le système de freinage.

Figure 3.40: vue final du banc d'essai pour le système de freinage.

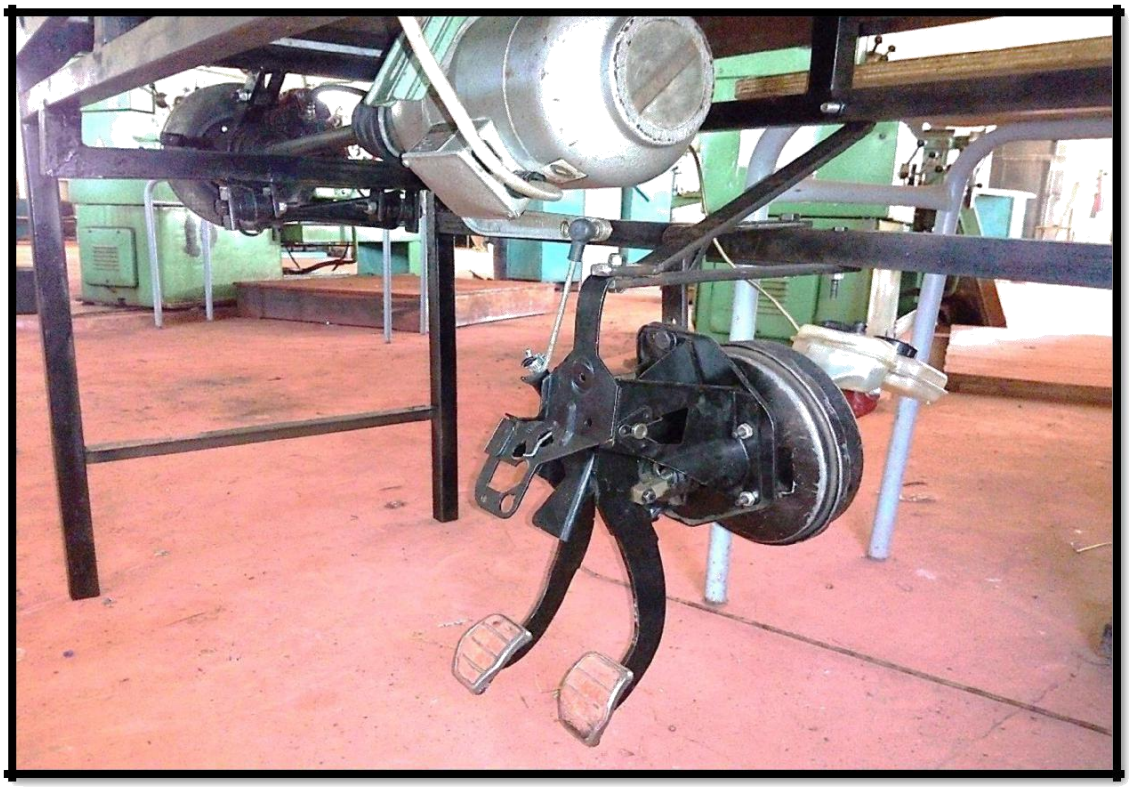


Figure 3.41: vue sur les éléments de système de freinage.

Figure 3.42: vue sur l'arbre de transmission et l'accouplement.

Conclusion Générale :

Dans le présent travail on a commencé par une recherche approfondie sur l'aspect théorique des systèmes de freinage dont on a présenté le fonctionnement global du système de freinage, les différents types, les éléments essentiels constitutifs du système. L'aspect théorique a permis l'enfoncement dans le la conception tridimensionnelle du banc de freinage. Cette conception cela a donné une vision avancée du projet avant même sa concrétisation. L'assistance de l'ordinateur à travers le logiciel Solide Works a facilité cette tâche. Il a permis une visualisation tridimensionnelle de différentes pièces constitutives. Il a facilité l'assemblage et la mise en plan bidimensionnelle des pièces. La concrétisation de la modélisation géométrique été une tâche ardue mais aussi constructive.

Le banc d'essai est dédié aux étudiants de graduation afin de mettre en œuvre leur bagage théorique.

L'analyse de frottement, circuit hydraulique, accouplements, arbre de transmission, pompe à huile et système de blocage, ces sujets présentent un intérêt pédagogique évident puisqu'ils permettent aux étudiants de visualiser très clairement le fonctionnement de systèmes ou sous-systèmes qui ne sont habituellement pas visibles à l'œil nu.

Le banc peut être une plate-forme conçue pour mesurer des performances mécaniques, comme il ouvre de nouvelle perspective de recherche, dans le domaine

- De la mécanique d'usure : l'usure des plaquettes, des disques.
- De la fatigue : de l'arbre en rotation, de l'étanchéité...
- Du comportement vibratoire,
- Et en comportement thermique des matériaux.
- Analyse de couple moteur, couple de freinage,

Bibliographie

[7] M. AUBLIN, R .BONCOMPAIN ,M .BOULATON,D.CARON,E.JEAY,B.

LALAGE, J. REA : " Systèmes mécaniques – Théorie et dimensionnement " , 2 ème

édition, Editions DUNOD, 2004

[8] SCHMITT. Emmanuelle, GAGNE .Wilfrid. " Etude sur le freinage automobile ".

Préparation à l'agrégation de mécanique 2002-2003.

[12] FAUQUERT Gaétan.LE PICHOURON Erwan "Modélisation et calculs sur un étrier

de frein automobile" Projet CAO - Calculs 2003 Maîtrise IUP GMP option MPC

[13] " Etude de positionnement de la branche composants automobiles " Cahier du

CEPI N°9 - API décembre 2000

[20] E.A. Carneiro,L.Winocq and J.Berthaud, Disc brakes of trucks: a technical innovation for heavyvehicles, Warrendale SAE, 1992.

[21] R.Limpert,Brake design and safety. Warrendale, Pa., Society of Automotive

[22] M. Milan, O. Maluf, D. Spinelli, W. Bose ,W.FILHO, Metais – umavisãoobjetiva. São Carlos, Brasil: Ed. Suprema. 2004.

[23] H.J.Tumbrink, Measurement of load distribution on disc brake pads and optimization of disc brakesusing the ball pressure method, SAE paper 890863, 1989.

[24] P. Dufrenoy, Etude du comportement mécanique des disques de frein vis avis des risques de défaillances, Thèse de doctorat, Université de Lille, France, 1995.

[25] J.-M. Berthelot, Matériaux composites : comportement mécanique et analyse des structures, Masson, Paris, 1992.

[28]Patrick BLAIN,CAO et méthodologie de conception ,Techniques de l'Ingénieur.

[30] manueldeua : formation C.T.V.A.

[31] Guy VALEMBOIS,Accouplements d'arbres,Techniques de l'Ingénieur

Webographie

[1] http://blog.avatacar.com/infosconducteur/comment-fonctionnent-vos-freins/

[2] https://www.ornikar.com/code/cours/mecanique-vehicule/freins

[3] Vehicle_Safety_Features_Fact_Sheet_Fr_ABS_2

[4]http://cerveauabord.ca/La_technologie_de_securite/La_securite_active_Systeme_de_freins_antiblocage.php

[5] http://www.linternaute.com/science/technologie/comment/06/abs/abs.shtml

[6] http://www.larousse.fr/encyclopedie/images/Freins_dautomobile/1003486

[9] http://www.palais-de-la-voiture.com/2017/05/l-automobile-expliquee-5-les-freins-a-tambour.html

[10] https://www.autobrico.com/organes-mecaniques-automobile/systeme-freinage/les-tambours-d-une-voiture.html

[11] http://www.palais-de-la-voiture.com/2017/07/l-automobile-expliquee-6-les-freins-a-disque.html

[14] https://www.piecemotoquad.fr/blog/86-quel-est-le-bon-moment-pour-changer-ses-plaquettes-de-freins

[15] https://www.autobrico.com/organes-mecaniques-automobile/systeme-freinage/le-servo-frein-d-une-voiture.html

[16] http://www.larousse.fr/encyclopedie/images/Servofrein/1006651

[17] http://www.linternaute.fr/auto/guide-pratique-auto/1408998-maitre-cylindre-a-quoi-ca-sert/

[18] https://www.autobrico.com/organes-mecaniques-automobile/systeme-freinage/les-circuits-multiples-d-une-voiture.html

[19] http://www.fiches-auto.fr/articles-auto/fonctionnement-d-une-auto/s-1105-frein-a-disque-et-circuit-hydraulique.php

[26] http://elyzee-consortium.com/quest-quun-banc-de-test/

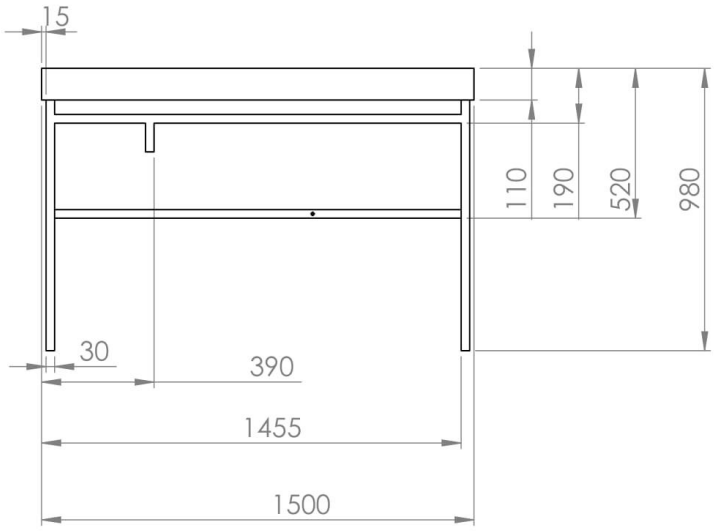
[27] https://www.cegeplimoilou.ca/media/all/127739/banc-d-essais-pour-systeme-de-freinage.jpg

[29] https://fr.wikipedia.org/wiki/SolidWorks

[32] https://conseils.oscaro.com/changer_plaquettes_freins.html

[33] https://www.flickr.com/photos/nextfabstudio/11780983605

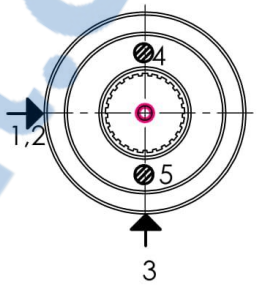
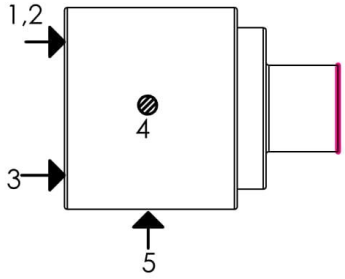
Annex :



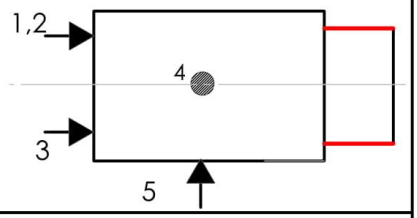
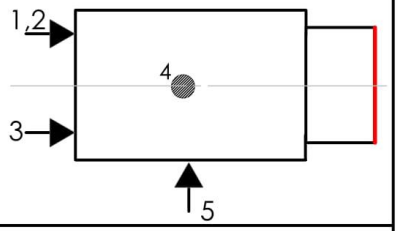
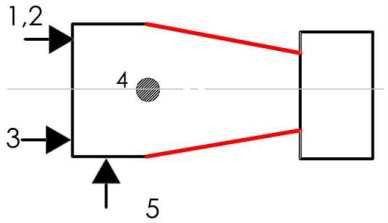
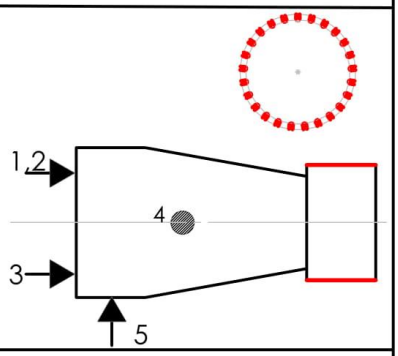
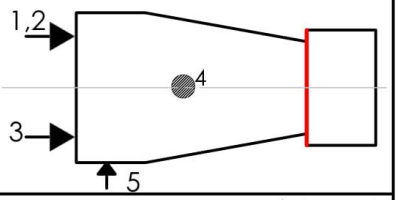
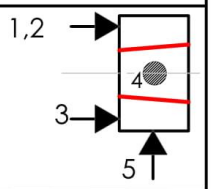
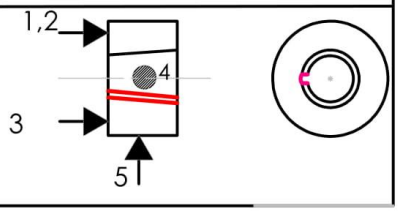
Université A.B.B CM Département Génié mécanique

format	A4	Titre : châssis de banc d'essai	Péparer par : Benhamel Fayssal, Benhamida Ayoub
Echelle	1:20		
Date	Juin 2018		

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

PHASE	Désignation	MACHINE	SCEMA DE PHASE
100	appui plan1,2,3 appui lénier 4 5	PERCAGE	
200	appui plan 1,2,3 appui lénier 4 appui ponctuel 5	TOURNAGE	

Rapport-Gratuit.com

N°Phase	Désignation de phases	OPERATION	MACHINE	Schema de phase
100	montage définir par: appui plan 1,2,3 appui lineaire 4 appui ponctuel 5	chariotage	tour	
200	montage définir par: appui plan 1,2,3 appui lineaire 4 appui ponctuel 5	dréssage	tour	
300	montage définir par: appui plan 1,2,3 appui lineaire 4 appui ponctuel 5	chariotage	tour	
400	montage définir par: appui plan 1,2,3 appui lineaire 4 appui ponctuel 5	frésage	plateau diviseur	
500	montage définir par: appui plan 1,2,3 appui lineaire 4 appui ponctuel 5	tronçonnage	tour	
600	montage définir par: appui plan 1,2,3 appui lineaire 4 appui ponctuel 5	alésage	tour	
700	montage définir par: appui plan 1,2,3 appui lineaire 4 appui ponctuel 5	rainurage	rainereuse