



**UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA 1
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE MECANIQUE**

Laboratoire de recherche structures

Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du Diplôme de Master en
Fabrication mécanique et productique

Thème

**Etude et conception d'un vérin hydrostatique pour
applications industrielles**

Présenté par :

MIDEGUE Salma

TAIB Sara

Co promoteur :

Mr. M.BOUREGAA

Encadré par :

Mr R.TIBERKAK

Proposé par :

S.F.M.O MOUSSAOUI

Année universitaire 2018/2019



REMERCIEMENTS



D'abord nous remercions **ALLAH** le tout puissant de nous avoir donné courage, santé, souffle et patience pour accomplir ce travail.

Nous tenons également à remercier **Mr TIBERKAK**, notre promoteur, pour la chance que vous nous ayez donnée en nous confiant ce travail.

Nous remercions aussi *le* professeur **Mr GUERGADJE**.

Nous tenons à remercier vivement l'administration du département de génie mécanique de l'université SAAD DAHLEB – BLIDA, ainsi que l'ensemble des membres de l'administration pour leur soutien et leur apport.

Nos sincères remerciements vont à tout le personnel de la société **MOUSSAOUI** en particulier notre encadreur **Mr BOUREGAA Mahfoud** qui nous a guidé et soutenu au cours de ce stage.

Nous souhaitons également remercier tous les enseignants du département de génie mécanique, et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à notre formation et à la réussite de cette étude.

Dédicaces



Je dédie ce modeste travail



A mes parents, aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

A mes chères sœurs IMENE et ROMAÏSSA, à mes frères : MOHAMED et ABD ALBASSET, et à mon neveu ALAA EDDIN, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous. Merci pour tout ... pour votre amour, la confiance et l'énergie que vous m'aviez donnée.

A mes chères amies : IMENE, INES, KHADIDJA, SOUAD, MARWA et SARA et à tous les étudiants de ma promo.

Et à toute personne qui a contribué à la réalisation de ce travail.

SELMA

Dédicaces

Avant tout je remercie **Allah** qui nous a aidés à élaborer ce modeste travail que je dédie :

A la mémoire de mes grands-parents paternels et maternels

Qui m'ont tant aimé et élevé dans le respect des autres, la discipline et la rigueur.

A ma chère et tendre **mère**, à celle qui a tant souffert sans me faire souffrir qu'elle trouve dans ce mémoire le témoignage de ma reconnaissance de son affection pour les sacrifices, l'extrême amour et de bonté qu'elle m'a offerts.

A ma Sœur **ASMA** et ma sœur **IMEN** et à toute **ma famille**.

A ma binôme **SELMA** et tous mes amis de l'université.

A tous ceux que J'aime et qui m'aiment et qui me sont très chers

SARA

Résumé

L'objectif de ce projet est de concevoir et usiner un vérin hydrostatique simple-effet travaille dans une machine de cisaille, cela est basé sur une étude technique générale pour dimensionner les différentes composantes du vérin avec logiciel SOLIDWORKS, ainsi de citer toutes les étapes de fabrication sur un tour numérique.

Abstract

The objective of this project is to design and machine a single-acting hydrostatic cylinder works in a shear machine, this is based on a general technical study to size the various cylinder components with SOLIDWORKS software, as well as to quote all the manufacturing steps in a digital lathe.

ملخص

يهدف هذا المشروع إلى تصميم و صناعة دافعة هيدروستاتيكية بسيطة المفعول تشغّر مكان في آلة القص. وهذا بالاعتماد على دراسة تقنية عامة لمختلف أجزاء الدافعة باستعمال برنامج سوليدوركس ، كما يشمل جميع مراحل التصنيع في آلة الخراطة الرقمية .

Sommaire

Présentation de la société	1
Introduction générale.....	2
Chapitre 1 : Généralités sur l'hydraulique et hydrostatique	
1.1 Introduction	4
1.2 Définition et intérêt de l'hydraulique	5
1.3 Exemple d'application de l'hydraulique	5
1.4 Domaine d'application	5
1.4.1 La machine – outil	5
1.4.2 Les engins de travaux publics	6
1.4.3 Les véhicules industriels	6
1.4.4 Les machines agricoles	6
1.4.5 La manutention	6
1.4.6 L'aviation	6
1.5 Comparaison de la puissance hydraulique et la puissance pneumatique	6
1.6 Les contraintes des systèmes hydrauliques	7
1.7 La mécanique des fluides	7
1.8 Hydrostatique	8
1.8.1 Définition	8
1.8.2 Loi de pascal	9
1.8.3 Principe fondamental de la statique	10
1.9 Poussée d'Archimède	11
1.9.1 Flottabilité	11
1.9.2 Formulation du théorème d'Archimède	12
1.9.3 Application	12
1.9.4 Exemple d'un solide flottant à la surface d'un liquide	13

1.9.5 Application au cas d'un iceberg	14
---	----

Chapitre 2 : Les différents types de vérins

2.1 Les différents types de vérins	16
2.2 Les vérins simples effet	16
2.2.1 Les principaux avantages des vérins simples effet sont	17
2.2.2 Inconvénients	17
2.3 Les vérins doubles effet	18
2.3.1 Avantages	18
2.3.2 Inconvénients	18
2.4 Le vérin rotatif	18
2.5 Le vérin sans tige	19
2.6 Les différents vérins et leurs symbolisations	20
2.7 Domaine d'applications	20
2.8 Caractéristiques des actionneurs hydrauliques	21
2.9 Expression de la force	21

Chapitre 3 : conception d'un vérin hydrostatique

3.1 Introduction	22
3.2 Le dessin industriel	22
3.3 Le dessin de définition	22
3.4 Le dessin d'ensemble	33
3.5 Choix de matériaux	34
3.6 Critères du choix des matériaux	34

3.6.1 L'acier E36	34
3.6.2 L'acier A60	35
3.6.3 L'acier 42CD4	35
3.7 Calcul et vérification	36
3.7.1 Calcul de force maximale supportant par le cylindre (F_{\max}) en (N)	36
3.7.2 Calcul de pression maximale supportant par le cylindre (P_{\max}) en (bar)	37
3.7.3 La pression requise pour la force appliquée sur le cylindre (P) en (bar)	37
3.7.4 Efforts exercés dans les deux sens, en poussant et en tirant (traction) en (N)	37
3.7.5 La force en tirant (traction)	38
3.7.6 Calcul de flambement	38
3.3.7 Vérification de flambage par calcul	38
3.8 Vérification des résultats avec le SOLIDWORKS	39
3.9 Conclusion	41

Chapitre 4 : Gamme d'usinage

4.1 Introduction	42
4.2 Les définitions des principales opérations de tournage utilisé	42
4.2.1 Chariotage.....	42
4.2.2 Dressage	42
4.2.3Perçage	43
4.2.4 Alésage	43
4.2.5 Épaulement	44
4.2.6 Filetage	44

Liste des figures

Figure (1.1) : pression perpendiculaire aux parois	9
Figure (1.2) : un solide entièrement immergé	13
Figure (1.3) : La poussée d'Archimède équilibre le poids du solide	15
Figure (1.4) : Un glaçon qui fond dans un verre	16
Figure (2.1) : différents types de vérins	18
Figure (2.2) : vérins simple effets	18
Figure (2.3) : vérin travaillant en poussant	19
Figure (2.4) : vérin rotatif	21
Figure (2.5) : Vérin sang tige	21
Figure (2.6) : vérin linéaire	23
Figure (3.1) : Photo réelle du cylindre vérin	23
Figure (3.2) : Dessin du cylindre vérin avec SOLIDWORKS	23
Figure (3.3) : Photo réelle du piston vérin	25
Figure (3.4) : Dessin du piston vérin avec SOLIDWORKS	25
Figure (3.5) : Photo réelle de la tige du piston	26
Figure (3.6) : Dessin de la tige du piston avec SOLIDWORKS	26
Figure (3.7) : Photo réelle de Bouchon supérieur vérin	29
Figure (3.8) : Dessin de Bouchon supérieur vérin avec SOLIDWORKS	29
Figure (3.9) : photo réelle de bouchon vérin inférieur	31
Figure (3.10) : dessin de bouchon vérin inférieur avec SOLIDWORK	31
Figure (3.11) : L'ensemble des pièces du vérin hydrostatique	33
Figure (3.12) : Vérin hydrostatique assemblé	33

Figure (3.13) : les efforts exercés dans les deux sens de vérin	37
Figure (3.14) : Simulation cylindre vérin résultat Statique contrainte	39
Figure (3.15) : Coupe de cylindre vérin avec pression répartie	39
Figure (3.16) : Coefficient de sécurité	40
Figure (3.17) : Déplacement statique du cylindre vérin	40
Figure (3.18) : caractéristique de matériaux E36 (St52-3U).....	41
Figure (4.1) : Opérations de chariotage	42
Figure (4.2) : Opération de dressage	42
Figure (4.3) : Opération de perçage	43
Figure (4.4) : Opération alésage	43
Figure (4.5) : Opération de chan freinage	44
Figure (4.6) : Opération de filetage	44
Figure (4.7) : photos réelles d'usinage.....	56

Liste des tableaux

Tableau (1.1) : une comparaison des systèmes de transmission d'énergie	7
Tableau (3.1) : composition chimique et caractéristiques mécanique d'E36	34
Tableau (3.2) : composition chimique et caractéristiques mécanique d'A60	35
Tableau (3.3) : composition chimique et caractéristiques mécanique état trempé et revenu de 42CD4	35

Nomenclature

Symboles :

D : diamètre extérieur [mm]

d : diamètre intérieur [mm]

F:la force [N]

F_{max}: la force maximale [N]

g: accélération de la gravité

I:moment d'inertie [mm⁴]

L:la longueur

P: la pression [bar]

P_{max}:la pression maximale

Q:le débit [l/min]

Rm: la résistance mécanique [MPa]

Re : la limite élastique [MPa]

S:la section [mm²]

V:volume de solide [m³]

VI: volume immergé [m³]

Z:hauteur [mm]

ρ : La masse volumique [g/cm³]

%A : allongement à la rupture

%C : pourcentage de carbone

%Mn : pourcentage manganèse

%SI : pourcentage de silicium

%P : pourcentage de phosphore

%S : pourcentage de soufre

Ø : indice de diamètre sur les dessins de définitions

Abréviations:

AFNOR: association française de normalisation

SI: système international

Présentation de la société

La société SFMO MOUSSAOUI Sarl crée en 1978 à Hallouya, est située à 25 Km d'Alger et à 15 Km de Blida, la capitale industrielle de la Mitidja, SFMO occupe une superficie de 11000 m² DONT 7000 m² couvert, ainsi qu'un parc de stockage important.

Pionnière en Algérie, dans la fabrication des cisailles pour fer à béton. La production s'est vite enrichie pour couvrir les exigences de coupe de poinçonnage des aciers, des machines tronçonneuses électriques, des machines pour cintrage et codage, des machines pour menuiserie d'Aluminium et PVC.



Pionnière en Algérie
depuis **40 ans...**

Introduction générale

Le stage pratique est une formation complémentaire, que doit suivre les étudiants stagiaires. C'est le premier contact avec le monde du travail, pour augmenter les compétences et appliquer tout ce qu'ils ont appris dans leurs études.

Actuellement, l'industrie mécanique (la fabrication) connue un développement très rapide avec l'intégration des outils informatiques et des systèmes intelligents pour assurer un produit conforme avec les normes (sécurité, environnements) et la compétitive dans le marché.

La mission de l'ingénieur concepteur est de trouver la solution judicieuse avec le moindre coût et dans les temps impartis. La fabrication et la conception des systèmes hydrauliques en ALGERIE reste pratiquement concentrée sur la maintenance de fait que notre conception nécessite un système hydraulique dit hydrostatique pour assurer un fonctionnement optimal et une maintenance moins coûteuse et à fin d'éviter les chocs et les vibrations, et de minimiser le coût et avoir un produit fiable compétitif dans le marché.

Notre mission est de faire le choix et le dimensionnement d'un vérin hydrostatique à simple effet et la réalisation de son prototype.

Ce travail est un projet de fin d'études, et à travers un stage réalisé au sein de la société SFMO MOUSSAOUI (fabrication machines outils) à Hallouya, BLIDA. Nous avons suivi la fabrication d'un vérin hydrostatique.

Nous avons reçu comme données, la force appliquée sur ce vérin par une machine de cisaillement (SCIE A RUBAN), les dessins de définitions des pièces de vérin et les matériaux utilisés.

Notre mémoire contient les chapitres suivants :

- 1 Généralités sur l'hydraulique et hydrostatiques ;
- 2 Les différents types de vérins ;

3 La conception d'un vérin hydrostatique ;

4 Gamme d'usinage.

Une conclusion générale est présentée à la fin du mémoire.

1.1 Introduction

L'hydraulique est vue par sa définition comme la science qui traite des problèmes posés par l'emploi des fluides en mouvement ou au repos. Jusqu'à la Révolution Industrielle, le bois et la force animale fournissaient l'essentiel de l'énergie utilisée par l'homme. Mais, utilisée depuis longtemps pour entraîner des machines, l'énergie hydraulique fournissait la plus grande partie de l'énergie mécanique. Aujourd'hui, l'énergie hydraulique représente 6 à 7 % de l'énergie consommée mondialement, mais près de 20 % de l'électricité. L'hydraulique industrielle, constitue de nos jours un domaine très vaste. Incontournable dans l'industrie, elle permet avec la pneumatique d'opérationnaliser les Systèmes Automatisés de Production (SAP) et ainsi accroître les productions industrielles tant en qualité qu'en quantité. Ainsi ses avantages ont permis d'avoir son domaine d'application très étendu (Aéronautique, Automobiles, Gros engins roulants, ...)[1].

De nombreux processus techniques nécessitent la transmission d'une puissance mécanique entre un générateur et un récepteur. En effet, les solutions sont nombreuses, tels qu'on trouve la nature de puissance qui reste inchangée au cours du transfert par exemple la transmission par engrenage. Et la nature de la puissance qui est modifiée au cours du transfert, talquons trouve les différents nature de puissance pneumatique, électrique et hydraulique. Cette dernière possède son domaine d'application et répond à des critères spécifiques. L'hydraulique est utilisée dans de nombreux domaines :

- Les aménagements hydroélectriques : avec le charbon, la houille blanche a joué un rôle essentiel dans la révolution industrielle de la fin du XIXe siècle. Cette énergie présente l'avantage d'être une énergie parfaitement renouvelable.
- L'hydraulique fluviale a pour objet l'étude de l'écoulement des crues et la protection contre les inondations.
- L'hydraulique maritime doit envisager la protection des ports contre la houle, l'étude de la stabilité des digues et des jetées, la lutte contre l'érosion des plages, l'ensablement des entrées de ports, etc.
- L'hydraulique urbaine vise à fournir de l'eau aux villes et à évacuer les eaux usées.
- L'hydraulique agricole consiste à fournir de l'eau pour les cultures et suppose la recherche et la captation de l'eau, son stockage (barrages pour l'irrigation), sa distribution (canaux, pompage, comptage), son utilisation (ruissellement, aspersion, submersion...)

- L'hydraulique souterraine constituée par l'étude générale des fluides dans les milieux poreux : les écoulements de nappes souterraines, les bilans hydrologiques, l'étude des puits et des forages, l'infiltration sous les ouvrages, la stabilité des digues en terre, l'irrigation et le drainage, la diffusion de la pollution [2].

1.2 Définition et intérêt de l'hydraulique

« L'hydraulique » a pour racine le mot grec hudor (eau), c'est un moyen simple de transmission de puissance d'un point à un autre. Dans un système industriel, l'hydraulique se traduit par la transmission des forces par un liquide vers les récepteurs. Il en résulte :

- Un mouvement rectiligne avec travail dans un seul sens;
- Un mouvement rectiligne avec travail dans les deux sens;
- Un mouvement circulaire avec travail dans les deux sens.

L'hydraulique est destinée pour :

- La transmission de force et de couples élevés;
- Une grande souplesse d'utilisation dans de nombreux domaines;
- Une très bonne régulation de la vitesse sur les appareils moteurs;
- Une grande durée de vie des composants, du fait de la présence de l'huile ;
- La possibilité de démarrer les installations en charge.

1.3 Exemple d'application de l'hydraulique

Les propriétés particulières offertes par l'hydraulique comme la possibilité de transmettre des forces élevées et la souplesse d'utilisation, ont trouvé leurs applications et leur efficacité dans de nombreux domaines industriels [3].

1.4 Domaine d'application

1.4.1 La machine-outil

Les secteurs d'application sont très variés, mais le gros consommateur de composants hydrauliques reste celui de la machine-outil. On trouve dans ce domaine toutes les opérations de bridage de pièces, de prise d'outil, de commande d'avance et de transmission de mouvements. Les presses à découper ou à emboutir sont des applications directes de l'hydraulique.

1.4.2 Les engins de travaux publics

Ils utilisent également de nombreux composants hydrauliques dans la réalisation des transmissions de mouvement et la commande des outils pour : creuser, lever, déplacer niveler.

1.4.3 Les véhicules industriels

Les réalisations dans ce domaine sont aussi très variées ; on trouve des applications particulières comme :

- Le levage des bennes ou des hayons.
- La rotation des cabines de camions.

Les véhicules de ramassage et de compactage des ordures ménagères sont également équipés de systèmes hydrauliques qui s'adaptent très bien à ce genre de travail.

1.4.4 Les machines agricoles

Dans le domaine agricole là encore le système hydraulique offre de multiples applications. Citons en exemple la régulation du travail de la charrue et les commandes de travail des moissonneuses et autres machines. Tous ces systèmes utilisent des mécanismes hydrauliques performants et souvent très chers.

1.4.5 La manutention

Les chariots élévateurs représentent un secteur traditionnel de l'utilisation des systèmes hydrauliques. Les mouvements sont linéaires dans des opérations de levage ou le matériel doit résister à des efforts importants.

1.4.6 L'aviation

L'hydraulique destinée à l'aviation occupe une position particulière. Fournie par des sociétés spécialisées, elle est régie par les mêmes lois de la physique mais doit répondre à des exigences spécifiques.

1.5 Comparaison de la puissance hydraulique et la puissance pneumatique

L'hydraulique est un moyen de transmission de puissance mais également de commande ou de régulation au même titre que les systèmes pneumatiques. Ces technologies se trouvent parfois en concurrence mais le plus souvent se complètent et sont utilisés de façon rationnelle

tel que l'hydraulique est utilisée pour la transmission de forces et de couples élevés. Alors que pour la pneumatique, il est difficile d'obtenir des vitesses régulières du fait de la compressibilité de l'air et les forces développées restent relativement faibles. Le tableau ci-dessous nous présente une comparaison des systèmes de transmission d'énergie. (Tableau 1.1) [3].

Critères	Hydraulique	Pneumatique
Transmetteur d'énergie	Huile	Air
Transport de l'énergie	Tubes, flexibles perçages	Tubes, flexibles perçages
Transformation de l'énergie mécanique	Pompes, vérins, moteurs hydrauliques	Compresseurs, vérins, moteurs pneumatiques
Caractéristiques fondamentales	Pression : p (30...400 bars) Débit : Q	Pression : p (env. 6 bars) Débit : Q
Puissance massique	Très élevée	Elevée
Pression de position	Très bonne	Moins bonne
Facilité de réglage	Très bonne	Très bonne
Transformation en mouvement linéaire	Très simple, par vérins	Très simple, par vérins

Tableau (1.1) une comparaison des systèmes de transmission d'énergie

1.6 Les contraintes des systèmes hydrauliques

L'utilisation de pressions élevées (50 à 700 bars) dans les systèmes hydrauliques, peut engendrer des accidents.

L'utilisation d'une huile hydraulique minérale inflammable peut engendrer des incendies. Les composants hydrauliques représentent des matériels coûteux dont la maintenance est onéreuse du fait du prix de revient élevé des composants, du remplacement de l'huile hydraulique et des filtres [3].

1.7 La mécanique des fluides

La mécanique des fluides est l'étude du comportement des fluides (liquides et gaz) et des forces internes associées. C'est une branche de la mécanique des milieux continus. Elle se divise en statique des fluides, l'étude des fluides au repos, qui se réduit pour l'essentiel à

l'hydrostatique et dynamique des fluides, l'étude des fluides en mouvement. L'étude de la mécanique des fluides remonte au moins à l'époque de la Grèce antique avec Archimède qui fut à l'origine de la statique des fluides [2].

1.8 Hydrostatiques

1.8.1 Définitions

L'hydrostatique est l'étude des fluides immobiles. Fondée par Archimède, c'est de loin le cas le plus simple de la mécanique des fluides, mais il est cependant riche d'enseignements. La pression dans l'eau ne dépend que de la profondeur et pas de la direction. En effet, si l'on prend une petite boîte rigide ouverte d'un côté et que l'on tend une membrane élastique, cette boîte enfermant de l'air à pression atmosphérique, et que l'on plonge cette boîte dans l'eau, la déformation de la membrane permet de visualiser la différence de pression entre l'air et l'eau, et celle-ci ne dépend que de la profondeur, pas de l'orientation de la boîte ni de sa position dans le plan horizontal. Le fluide étant incompressible, il transmet intégralement les efforts. La pression à une profondeur z résulte donc de la pression P_0 qu'exerce l'air en surface, et du poids p de la colonne d'eau au-dessus de la membrane.

Supposons que la surface du corps est orientée vers le haut est horizontale, et que son aire est S . La colonne d'eau située au-dessus a pour volume $S \cdot z$, donc pour masse $\rho \cdot S \cdot z$ si ρ est la masse volumique de l'eau. Le poids p de l'eau est donc : [2].

$$p = \rho g S z \quad (1.1)$$

Où g est l'accélération de la gravité. La membrane est alors soumise à une force F

$$F = P_0 \cdot S + \rho \cdot g \cdot (S \cdot z) \quad (1.2)$$

Soit une pression :

$$P = \frac{F}{S} = P_0 + \rho \cdot g \cdot z \quad (1.3)$$

C'est cette variation de la pression en fonction de la profondeur qui crée la poussée d'Archimède.

En mesurant la hauteur h de la colonne, on peut déterminer la pression atmosphérique [2] :

$$P_0 = \rho \cdot g \cdot z \quad (1.4)$$

1.8.2 Loi de Pascal

Les liquides, en raison de leur quasi-incompressibilité, transmettent les pressions dans toutes les directions. En conséquence, la pression communiquée à un liquide au repos dans un réservoir s'exerce en tout point du liquide. Ce principe est appelé la loi de Pascal, en l'honneur du savant français Blaise Pascal (1623-1662). Dans un circuit fermé, la pression se propage dans tout le liquide et ceci perpendiculairement aux parois qui le retiennent [2].

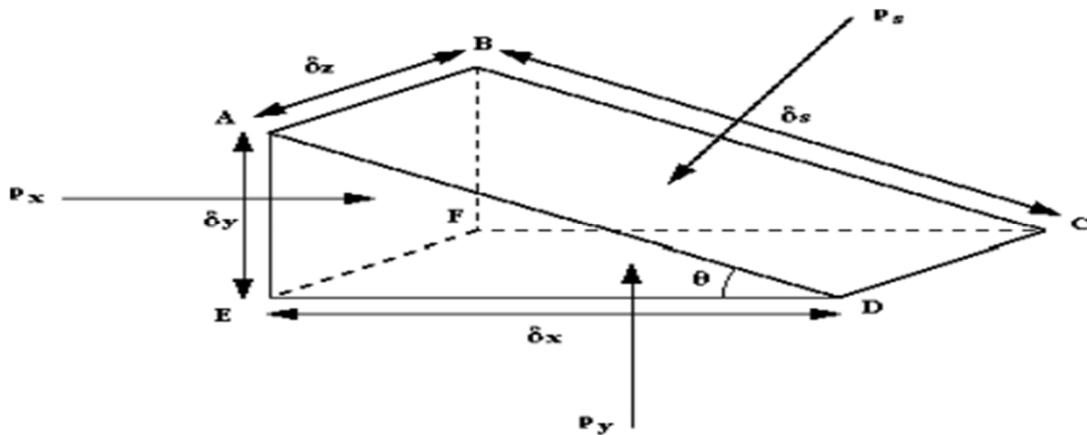


Figure (1.1) pression perpendiculaire aux parois

Considérons un élément d'un fluide ABCDEF (prisme triangulaire) et soient P_x , P_y et P_s les pressions dans les 3 directions x , y et s .

Etablissons la relation entre P_x , P_y et P_s :

Selon la direction x :

- Force due à P_x :

$$F_{XX} = P_x * (S_{ABFE}) = P_x * dydz \quad (1.5)$$

- Force due à P_y :

$$F_{yx} = 0 \quad (1.6)$$

❖ Composante due à P_s :

$$F_{XX} = -P_s * (S_{ABCD} * \sin \theta) = -P_s * dsdz \frac{dy}{ds} \quad (1.7)$$

Car;

$$\sin \theta = \frac{dy}{ds} \quad (1.8)$$

Donc ;

$$F_{XX} = P_s * dydz \quad (1.9)$$

Et puisque le fluide est en équilibre

$$F_{XX} + F_{yx} + F_{SX} = 0 \quad (1.10)$$

D'où

$$P_X \cdot dydz - P_S \cdot dydz = 0 \rightarrow P_X = P_S \quad (1.11)$$

Selon la direction y :

❖ Force due à P_y :

$$F_{yy} = P_y \cdot (S_{ABCD} \cdot \cos \theta) = - P_S \cdot dsdz \frac{dx}{ds} \quad (1.12)$$

Car ;

$$\cos \theta = \frac{dx}{ds} \quad (1.12)$$

Donc ;

$$F_{sy} = - P_S \cdot dx dz \quad (1.13)$$

Et puisque le fluide est en équilibre

$$F_{sy} + F_{xy} + F_{yy} = 0 \quad (1.14)$$

D'où

$$P_y \cdot dx dz - P_S \cdot dx dz = 0 \rightarrow P_y = P_S \quad (1.15)$$

Et finalement

$$P_X = P_y = P_S \quad (1.16)$$

Conclusion

Loi de Pascal : “ La pression d'un fluide en un point est la même dans toutes les directions ” [4].

1.8.3 Principe fondamental de la statique

Un système mécanique est un ensemble matériel (objet de l'étude) qui peut être, un point matériel, un solide, un ensemble de solides, une partie d'un solide, un échantillon de fluide, ou tout autre association de corps physiques souvent affectés d'une masse. Les efforts extérieurs sont les actions mécaniques (forces et moments de forces) appliquées sur le système étudié par des éléments extérieurs au système étudié. La définition précise de la frontière du système est primordiale. La somme nulle des efforts extérieurs ne fournit une équation mathématique (scalaire, vectorielle ou matricielle), de laquelle on peut déduire une relation entre les actions connues et les actions inconnues. Cela implique l'utilisation de modèles représentant ces

efforts et permettant d'en établir la somme. Ces modèles sont adaptés à chaque cas. Dans une étude d'équilibre statique, l'ensemble matériel isolé fournit donc le système d'équations à résoudre dans lequel les inconnues sont les efforts appliqués à ce système et/ou, dans certains cas où l'on recherche la ou les positions d'équilibre, des paramètres géométriques permettant de définir la position du système [2].

1.9 Poussée d'Archimède

La poussée d'Archimède est la force particulière que subit un corps plongé en tout ou en partie dans un fluide (liquide ou gaz) soumis à un champ de gravité. Cette force provient de l'augmentation de la pression du fluide avec la profondeur (effet de la gravité sur le fluide, voir l'article hydrostatique) : la pression étant plus forte sur la partie inférieure d'un objet immergé que sur sa partie supérieure, il en résulte une poussée globalement verticale orientée vers le haut. Cette poussée définit la flottabilité d'un corps [2].

1.9.1 Flottabilité

Dans l'eau, certains corps flottent, d'autres coulent ou restent entre deux eaux. Les corps ont donc une flottabilité différente selon leur nature :

1. Lorsqu'un corps remonte, il a une flottabilité positive.
2. Le poids réel est inférieur à la poussée Archimède. $P_r < P_a$.
3. Le poids réel est inférieur à la poussée Archimède. $P_r < P_a$.
4. Lorsqu'un corps coule, il a une flottabilité négative.
5. Le poids réel est supérieur à la poussée Archimède $P_r > P_a$.
6. Lorsqu'un corps flotte entre deux eaux, il a une flottabilité nulle.
7. Le poids réel égal la poussée Archimède $P_r = P_a$.

Tout dépend de deux facteurs : le poids et le volume

- De son volume, dépendra la poussée Archimède.
- De son poids réel, dépendra son poids apparent.

La flottabilité du plongeur dépend si ses poumons sont pleins ou pas. Si ce plongeur vide complètement ses poumons, il coule. C'est l'application du principe Archimède. En vidant ses poumons, il diminue son volume total ; il diminue donc la poussée Archimède, augmente son poids apparent et coule.

Lorsqu'un plongeur gonfle sa bouée, il augmente son volume sans augmenter son poids réel. La poussée Archimède augmente beaucoup et le plongeur remonte. Mais l'utilisation principale de la bouée est de s'assurer une flottabilité nulle à n'importe quelle profondeur [2].

1.9.2 Formulation du théorème d'Archimède

Tout corps plongé dans un fluide au repos, entièrement mouillé par celui-ci ou traversant sa surface libre, subit une force verticale, dirigée de bas en haut et opposée au poids du volume de fluide déplacé ; cette force est appelée « poussée d'Archimède ». Pour que le théorème s'applique il faut que le fluide immergeant et le corps immergé soient au repos. Il faut également qu'il soit possible de remplacer le corps immergé par du fluide immergeant sans rompre l'équilibre, le contre-exemple étant le bouchon d'une baignoire remplie d'eau : si celui-ci est remplacé par de l'eau, il est clair que la baignoire se vide et que le fluide n'est alors plus au repos. Le théorème ne s'applique pas puisque nous sommes dans un cas où le bouchon n'est pas entièrement mouillé par le liquide et ne traverse pas sa surface libre [2].

Applications

Exemple d'un solide entièrement immergé :

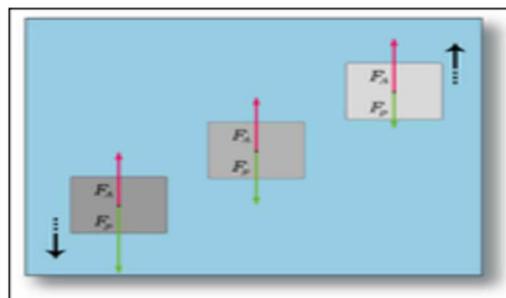


Figure (1.2) un solide entièrement immergé

Trois solides de densités différentes peuvent subir une poussée d'Archimède inférieure, égale ou supérieure à leur poids.

Immergeons entièrement un solide de volume V , de masse m et de masse volumique ρ dans un fluide de masse volumique ρ_f uniforme, puis relâchons-le à partir du repos. Au départ, la vitesse étant nulle, deux forces seulement agissent sur le solide : son poids F_p (vers le bas) et la poussée d'Archimède F_a (vers le haut).

$$F_p = \rho V g \quad (1.17)$$

$$F_a = \rho_f V g \quad (1.18)$$

$$\frac{F_p}{F_a} = \frac{\rho}{\rho_f} \quad (1.19)$$

Le rapport des masses volumiques est en l'occurrence équivalente à celui des densités.

- ❖ Si la densité du solide est supérieure à celle du fluide, alors $F_p > F_a$ et le solide coule.
- ❖ Si la densité du solide est égale à celle du fluide, alors $F_p = F_a$ et le solide demeure immobile : il est en équilibre neutre ou indifférent.
- ❖ Si la densité du solide est inférieure à celle du fluide, alors $F_p < F_a$ et le solide remonte vers la surface.

Dans les deux cas où le solide n'est pas en équilibre, son mouvement ultérieur est déterminé par trois forces : son poids, la poussée d'Archimède (opposée au poids) et une force de frottement visqueux F_f (opposée à la vitesse).

Selon la deuxième loi du mouvement de Newton, on a alors :

$F_p - F_a \pm F_f = ma$ (le sens positif est vers le bas) où a est l'accélération du solide.

Comme la force de frottement visqueux n'est pas constante, mais qu'elle augmente avec la vitesse, l'accélération diminue graduellement, de sorte que le solide atteint plus ou moins rapidement une vitesse limite, lorsque la résultante des forces est nulle [2].

1.9.4 Exemple d'un solide flottant à la surface d'un liquide

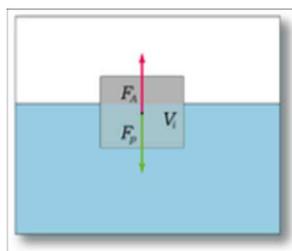


Figure (1.3) La poussée d'Archimède équilibre le poids du solide

Considérons un solide de volume V et de masse volumique ρ_s flottant à la surface d'un liquide de masse volumique ρ_L . Si le solide flotte, c'est que son poids est équilibré par la poussée d'Archimède :

$$F_a = F_p \quad (1.20)$$

La poussée d'Archimède étant égale (en grandeur) au poids du volume de liquide déplacé (équivalent au volume V_i immergé), on peut écrire :

$$\rho_L V_i g = \rho_s V g \quad (1.21)$$

Le volume immergé vaut donc

$$V_i = \left(\frac{\rho_s}{\rho_L}\right) V \quad (1.22)$$

Puisque $V > V_i$, il s'ensuit que $\rho_s < \rho_L$

1.9.5 Application au cas d'un iceberg

Considérons un morceau de glace pure à 0°C flottant dans de l'eau de mer. Soit $\rho_s = 0,917$ kg/dm³ et $\rho_L = 1,025$ kg/dm³ (on aurait $\rho_L = 1,000$ kg/dm³ pour de l'eau pure à 3,98°C). Le rapport ρ_s / ρ_L (c'est-à-dire la densité relative) est de 0,895, si bien que le volume immergé V_i représente près de 90% du volume total V de l'iceberg [2].

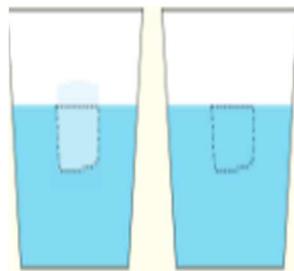


Figure (1.4) Un glaçon qui fond dans un verre

Le volume de glace immergée correspond au volume d'eau produit par la fonte du glaçon. Il est facile de vérifier que la fonte d'un morceau de glace pure flottant sur de l'eau pure se produit sans changement de niveau de l'eau. Le volume de glace immergé correspond en effet au volume d'eau liquide nécessaire pour égaler le poids du glaçon. En fondant, le glaçon produit (par conservation de la masse) exactement ce volume d'eau, qui « bouche le trou laissé par la disparition de la glace solide ». Le niveau d'eau reste le même. On peut également faire le calcul suivant :

Si on considère, par exemple, un glaçon de 1 cm³ et de masse volumique 0,917 g·cm⁻³ (qui

contient donc 0,917 g d'eau), le volume immergé sera de 0,917 cm³ (comme pour un iceberg, la majeure partie est sous l'eau). Lorsque le glaçon aura fondu, ces 0,917 g d'eau qui auront désormais une masse volumique de 1 g·cm⁻³ occuperont exactement le volume qu'occupait la partie immergée du glaçon.

Le principe d'Archimède s'applique à des fluides, c'est-à-dire aussi bien à des liquides qu'à des gaz. C'est ainsi grâce à la poussée d'Archimède qu'une montgolfière ou un dirigeable peuvent s'élever dans les airs (dans les deux cas, un gaz de masse volumique plus faible que l'air est utilisé, que ce soit de l'air chauffé ou de l'hélium).

- L'eau douce ayant une masse volumique plus faible que l'eau salée, la poussée d'Archimède est plus forte dans la mer Morte (mer la plus salée du monde) que dans un lac. Il est donc plus facile d'y flotter.
- Le poids des navires (et donc leur masse volumique) variant suivant qu'ils soient en charge ou non, la poussée d'Archimède va également varier. Pour maintenir un niveau de flottaison (tirant d'eau) constant et assurer une meilleure stabilité, les navires sont pourvus de ballasts qu'ils peuvent remplir ou vider suivant leur cargaison ou la salinité de l'eau dans laquelle ils naviguent.
- Les sous-marins contrôlent leur masse volumique en utilisant également des ballasts [2].

2.1 Introduction

Il existe de très nombreux types des vérins. On les distingue par le fluide de travail (vérins hydrauliques, vérins pneumatiques), par leur action (simple action ou simple effet, double action ou double effet, rotatif), ou par d'autres caractéristiques (vérins à chambre ovale, vérins à double tige...etc.) [4].

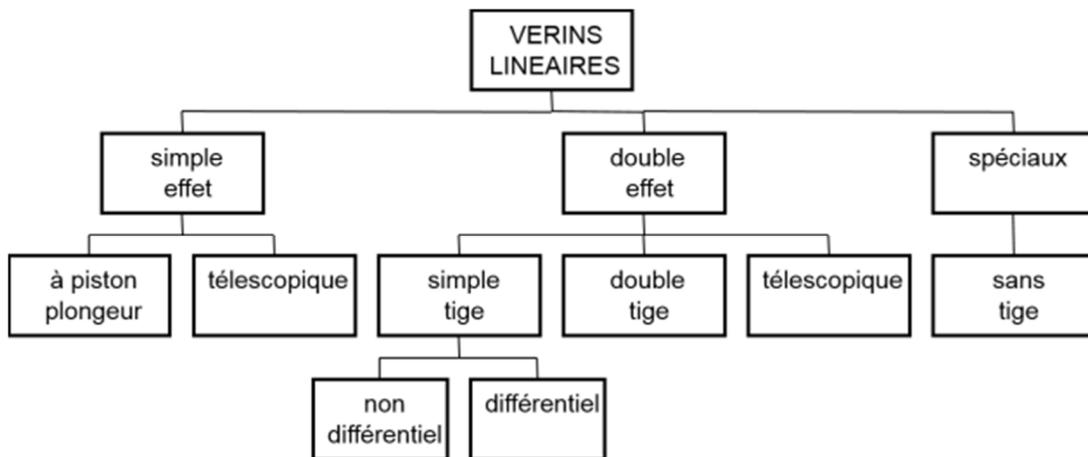


Figure (2.1) Différents types de vérins

2.2 Les vérins simples effet

Ce type de vérin ne peut développer un effort que dans un seul sens. Le retour dans la position initiale est réalisé à l'aide d'un ressort de rappel.

Vérin à simple effet : La pression exercée par l'air, n'est distribuée que d'un seul coté du piston. Le rappel du piston est assuré par un ressort ou par une sollicitation extérieure.

Le type de distributeur associé est en général de type 3/2. Pour ces vérins, une seule chambre admet de l'huile. Seule la sortie de tige est actionnée hydrauliquement. La rentrée de la tige est obtenue grâce à la charge extérieure ou à un ressort.(voir Figure 2.2) [4].

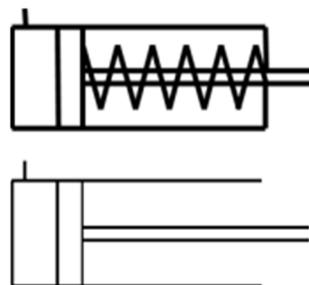


Figure (2.2) vérins simple effets

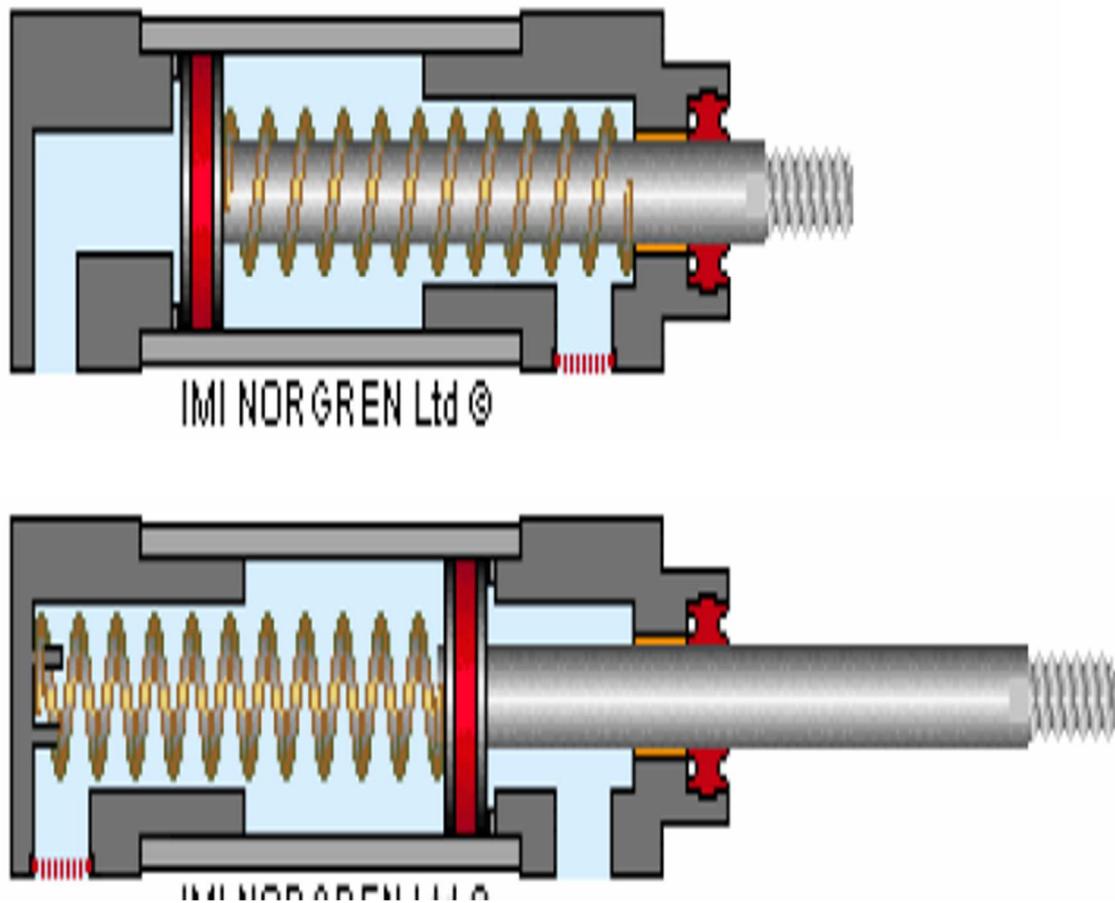


Figure (2.3) Vérin travaillant en poussant

2.2.1 Les principaux avantages des vérins simple effet sont

- une faible force de déplacement.
- une petite longueur d'installation.
- une faible force de mouvement de retour [5].

2.2.2 Inconvénients

À course égale, ils sont plus longs que les vérins double effet. La vitesse de la tige est difficile à régler et les courses proposées sont limitées (jusqu'à 100 mm). Ils sont utilisés pour des travaux simples : serrage, éjection, levage, emmanchements, etc. [6]

2.3 Les vérins doubles effet

Ce type de vérin permet de transmettre des efforts dans les deux sens : quand la tige du vérin sort et quand elle rentre [4].

La pression exercée par le fluide est distribuée alternativement de chaque côté du piston. L'effort exercé en poussant (sens 1) est supérieur à celui obtenu en tirant (sens2) du fait de l'inégalité des surfaces. Les vérins sont constitués d'un cylindre, fermé aux deux extrémités, à l'intérieur duquel coulisse un ensemble tige piston. On distingue donc deux chambres

- La chambre arrière est la partie du cylindre qui ne contient pas la tige du vérin.
- La chambre avant est la partie du cylindre qui contient la tige du vérin.

2.3.1 Avantages

Plus grande souplesse d'utilisation contrôle du débit à l'échappement possible dans 1 ou les 2 sens. Ils offrent de nombreuses réalisations et options. Ce sont les vérins les plus utilisés industriellement.

2.3.2 Inconvénients :

Ils sont plus coûteux [6].

2.4 Les vérins rotatifs

Ce type de vérin permet de transformer un mouvement de translation en un mouvement de rotation par un système crémaillère et roue dentée [4].

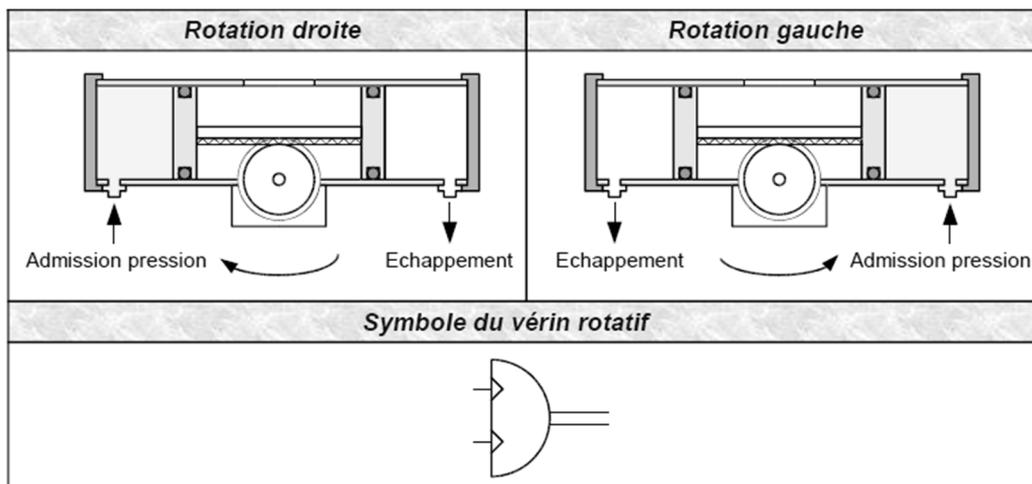
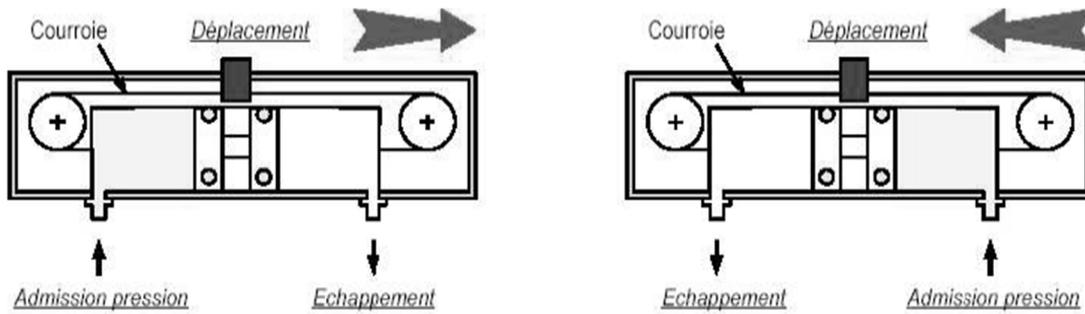


Figure (2.4) Vérin rotatif

2.5 Les vérins sans tige

Le piston est fixé sur un courroie munie de deux poulies aux extrémités du vérin. Sur la courroie est fixé le support qui doit être déplacé. Ce type de vérin permet une grande longueur de déplacement de pièces légères [4] .



► Symbole :

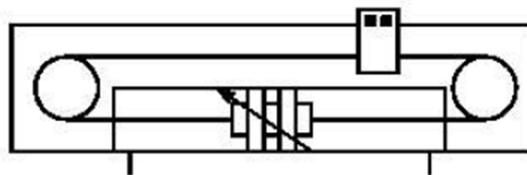


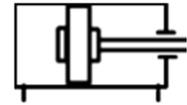
Figure (2.5) Vérin sans tige

2.6 Les différents vérins et leurs symbolisations

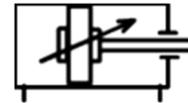
En fait nous ne citerons que quelques uns (les plus courants) :

Désignation	Symbole
Vérin simple effet (tige rentrée à l'état repo)	
Vérin simple effet (tige sortie à l'état repos)	
Vérin double effet non amorti	

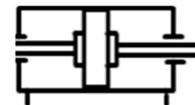
Vérin double effet avant et arrière



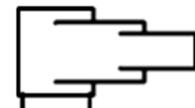
Vérin double effet amortissement avant et arrière



Vérin double effet à double tige



Vérin télescopique double effet (c'est ce type de vérin qui est utilisé dans les camions bennes, les engins de travaux publics)



2.7 Domaines d'applications

Le domaine d'application des vérins est très vaste, des machines-outils aux engins des travaux publics, des presses hydrauliques aux monte-charges, de l'aéronautique à la construction navale, presque tous les systèmes nécessitant de gros efforts font intervenir les vérins par le système hydraulique [1].

2.8 Caractéristiques des actionneurs hydrauliques

Le point de départ pour le choix d'un vérin est le travail qui lui est demandé :

- 1- La force F ;
- 2- La pression p du fluide qui dépend de l'effort à développer ;
- 3- Sa course qui dépend de la longueur du déplacement à assurer ;
- 4- Son diamètre.

2.9 Expression de la force

Dans un système hydraulique, la force (F) développée par les actionneurs s'exprime en newtons dans le système international(SI).

Système international :

$$F = P \cdot S \quad (2.1)$$

S = Section (m²)

F = Force (N)

P = Pression (Pa)

La force est directement proportionnelle à la pression et à l'aire de la section sur laquelle la pression est appliquée.

Donc, la force développée par un piston est égale au produit de la pression par l'aire du piston.

La figure ci-dessous met en lumière l'évaluation de la force d'un vérin linéaire [1].

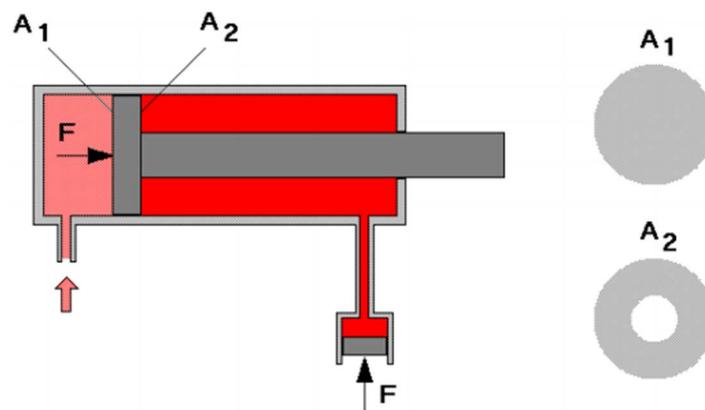


Figure (2.6) vérin linéaire

3.1 Introduction

En conception, la modélisation demeure une étape clé incontournable. Dans l'avant-projet d'une conception, il est impératif de faire des esquisses (croquis cotés).

Elle est au cœur de la pratique professionnelle de l'ingénieur, à partir d'un cahier des charges, l'objectif du concepteur est de parvenir rapidement et efficacement à un avant-projet optimisé, qui propose une méthodologie qui guide le concepteur dans cette démarche.

Dans ce chapitre nous allons référer l'étude théorique pour construire le vérin hydrostatique qui consiste à trois étapes essentiels de la conception d'un produit.

- Le dessin industriel.
- Le choix de matériaux.
- Calcul et vérification.

3.2 Le dessin industriel

Le dessin industriel est un langage figuratif pour la représentation , c'est-à-dire une forme de communication graphique, c'est le document de base pour faire un bon projet en mécanique au niveau d'un bureau d'étude , qui se réalise avec plusieurs logiciels pour faciliter le travail comme (CATIA, SOLIDWORKS, AUTOCAD, INVENTOR.....), dans notre travail nous avons utilisé le logiciel SOLIDWORKS [7] .

Dans un premier temps nous distinguerons deux grandes catégories de dessins : le dessin de définition, et le dessin de l'ensemble [8].

3.2.1 Le dessin de définition

Il représente de manière complète et détaillée une pièce. Figure les formes, les dimensions et les spécifications, c'est-à-dire toutes les informations nécessaires pour la fabrication d'un produit.

Dans notre travail, le vérin hydrostatique était constitué de cinq pièces nécessaires.

-  Un cylindre vérin ;
-  Un piston vérin ;
-  Une tige du piston ;
-  Un bouchon supérieur vérin ;
-  Un bouchon vérin inférieur.



Figure (3.1) Photo réelle du cylindre vérin

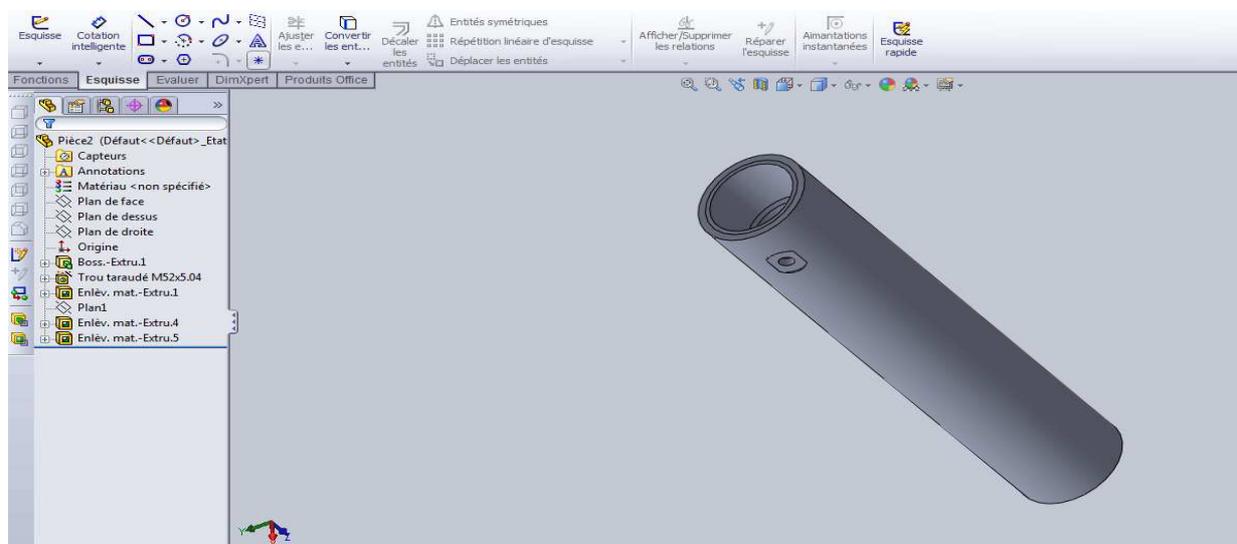
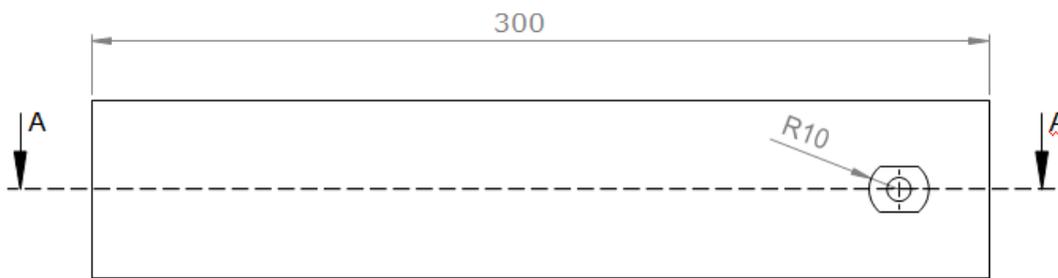
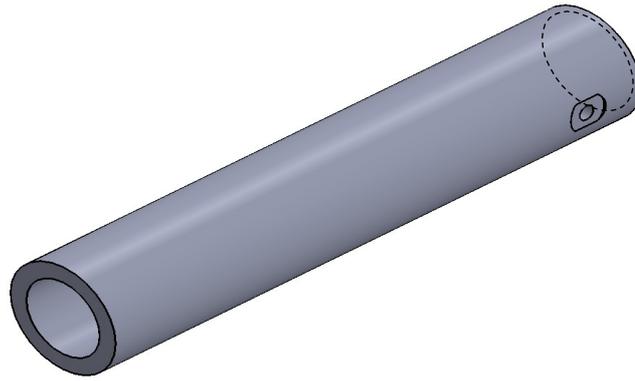
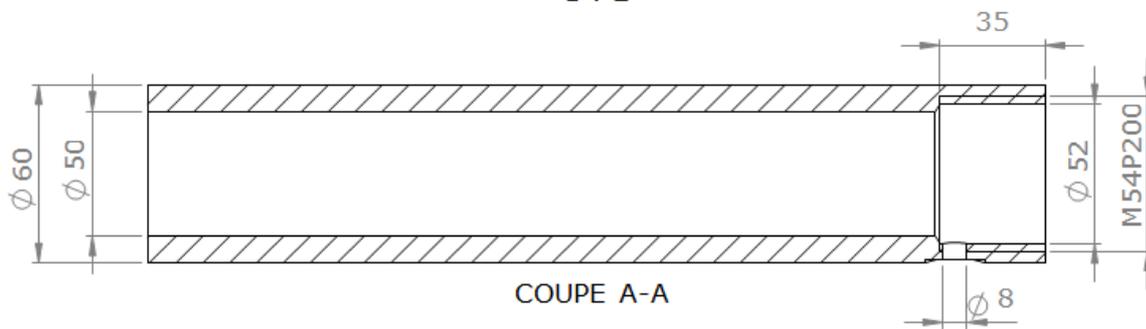


Figure (3.2) Dessin du cylindre vérin avec SOLIDWORKS



VUE ECHELLE
1 : 2



COUPE A-A
ECHELLE 1:2

Université Saad DAHLEB de Blida : Département de Mécanique

Matière : E36	CYLINDRE VERIN	PFE 2019
Echelle:1/2		MIDEGUE Selma TAIB Sara
20/06/2019	N° De plan 01	Feuillet 1/5

Mise en plan de cylindre vérin



Figure (3.3) Photo réelle du piston vérin

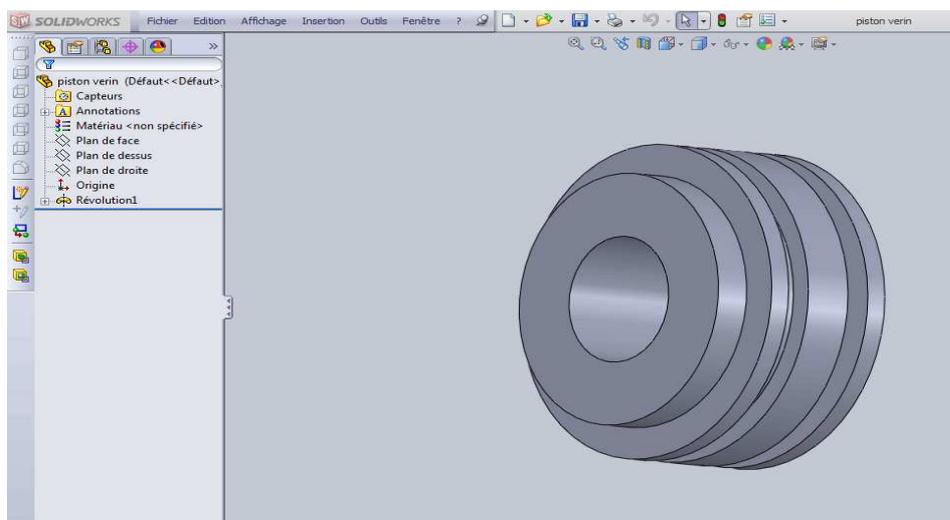
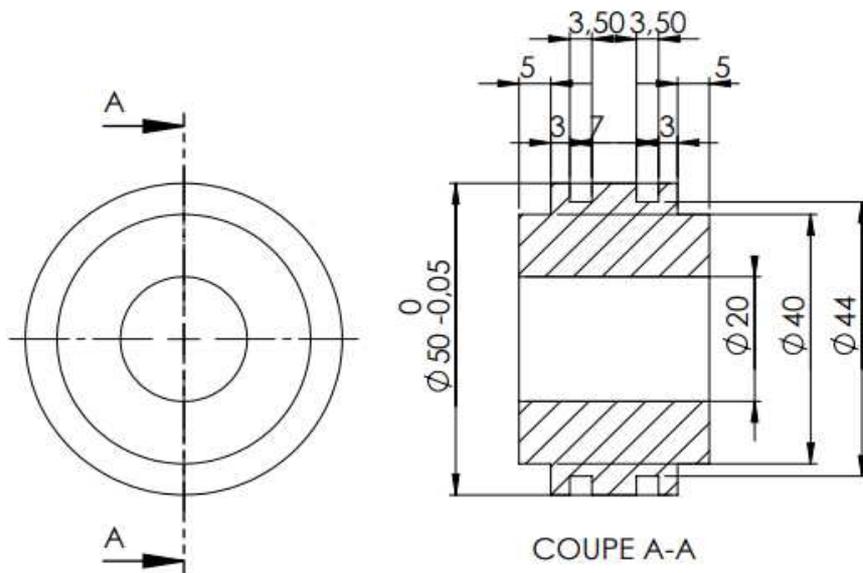
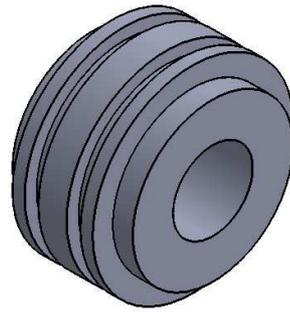


Figure (3.4) Dessin du piston vérin avec SOLIDWORKS



Université Saad DAHLEB de Blida : Département de Mécanique		
Matière : A60	PISTON VERIN	PFE 2019
Echelle: 1/2		MIDEGUE Selma TAIB Sara
20/06/2019	N° De plan 02	Feuillet 2/5

Mise en plan de piston vérin



Figure (3.5) Photo réelle de la tige du piston

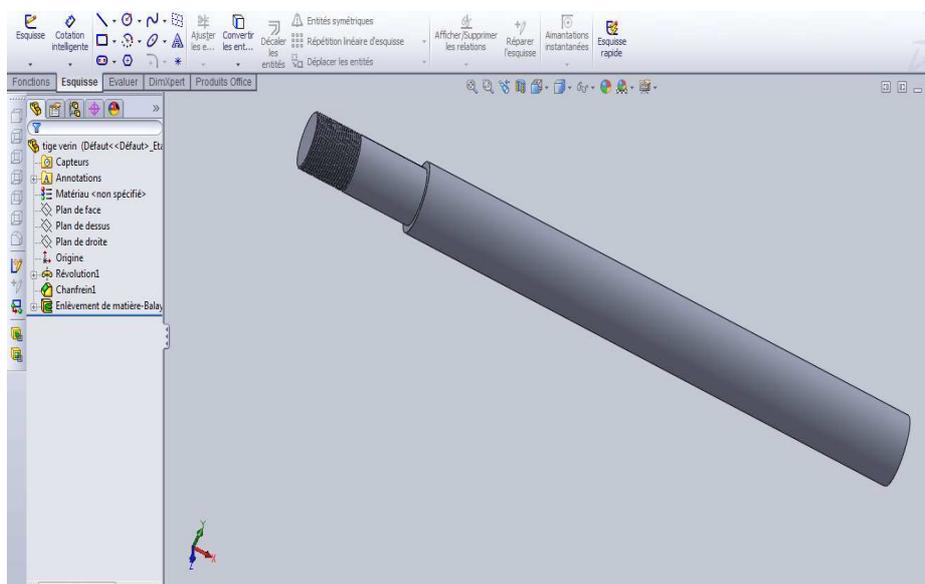
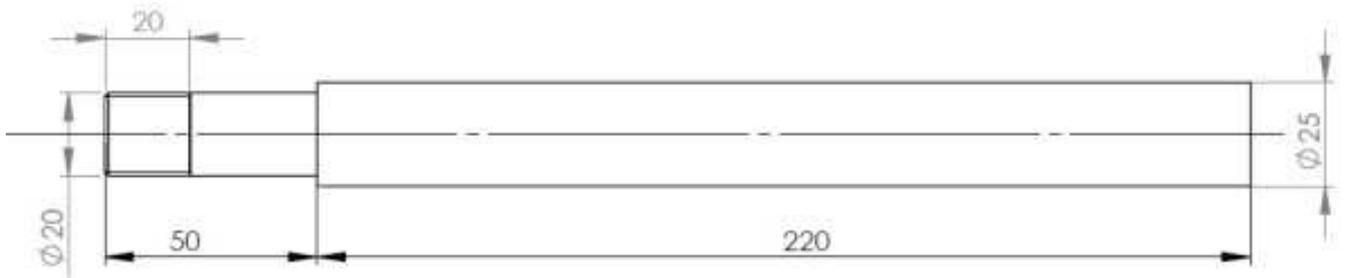
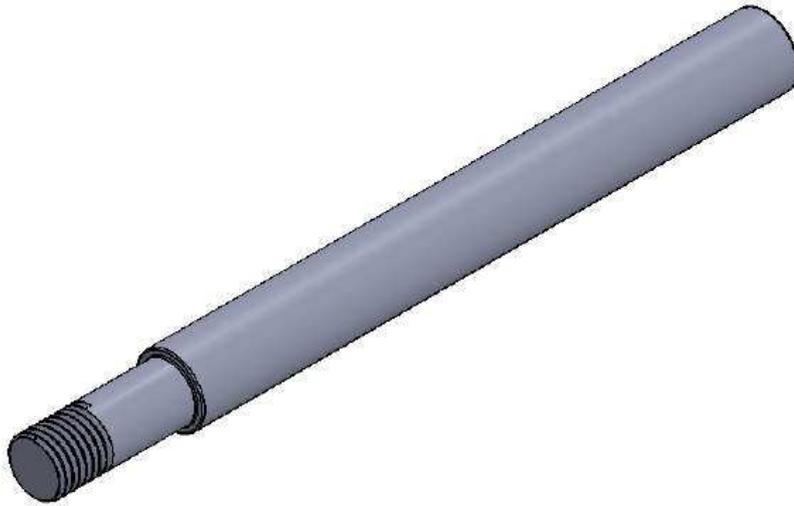


Figure (3.6) Dessin de la tige du piston avec SOLIDWORKS



COUPE A-A

Université Saad DAHLEB de Blida : Département de Mécanique		
Matière : 42CD4	TIGE DU PISTON	PFE 2019
Echelle:1/2		MIDEGUE Selma TAIB Sara
20/06/2019	N° De plan 03	Feuillet 3/5

Mise en plan de tige du piston



Figure (3.7) Photo réelle du Bouchon supérieur vérin

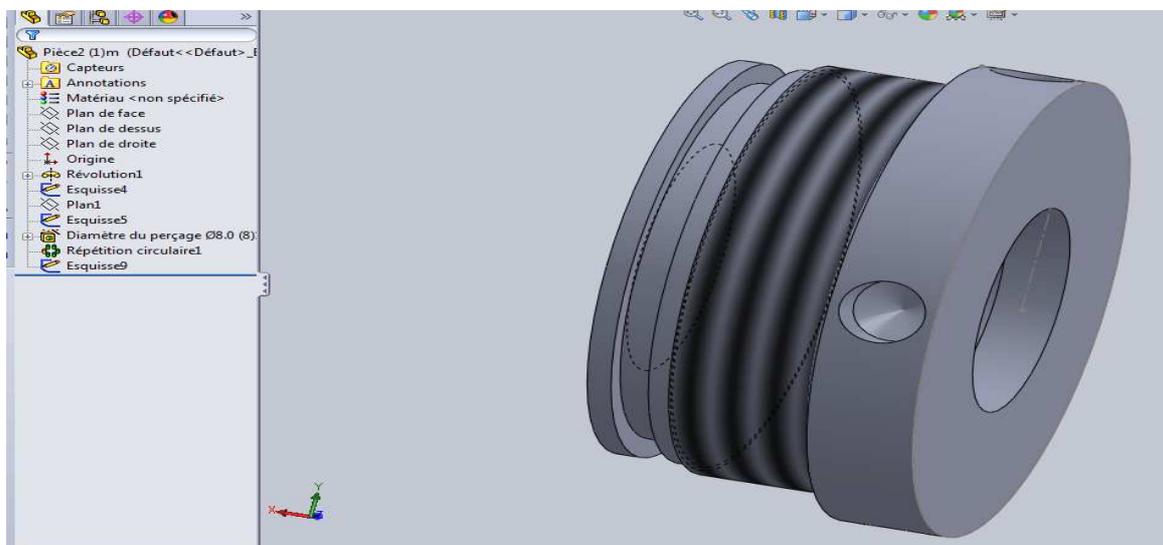
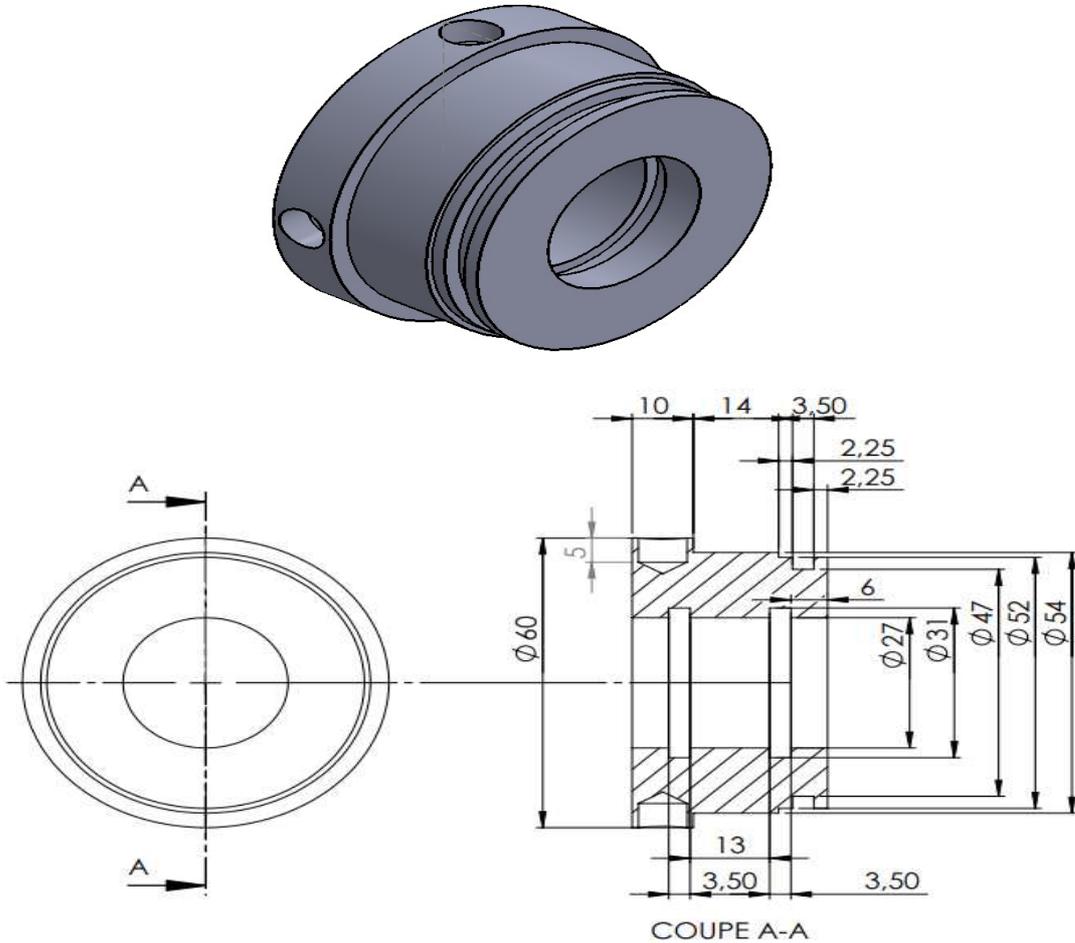


Figure (3.8) Dessin du Bouchon supérieur vérin avec SOLIDWORKS



Université Saad DAHLEB: Département de Mécanique		
Matière : A60	BOUCHON SUPERIEU VERIN	PFE 2019
Echelle:1/2		MIDEGUE Selma TAIB Sara
20/06/2019	N° De plan 04	Feuillet 4/5

Mise en plan de bouchon supérieur vérin.



Figure (3.9) photo réelle du bouchon vérin inférieur

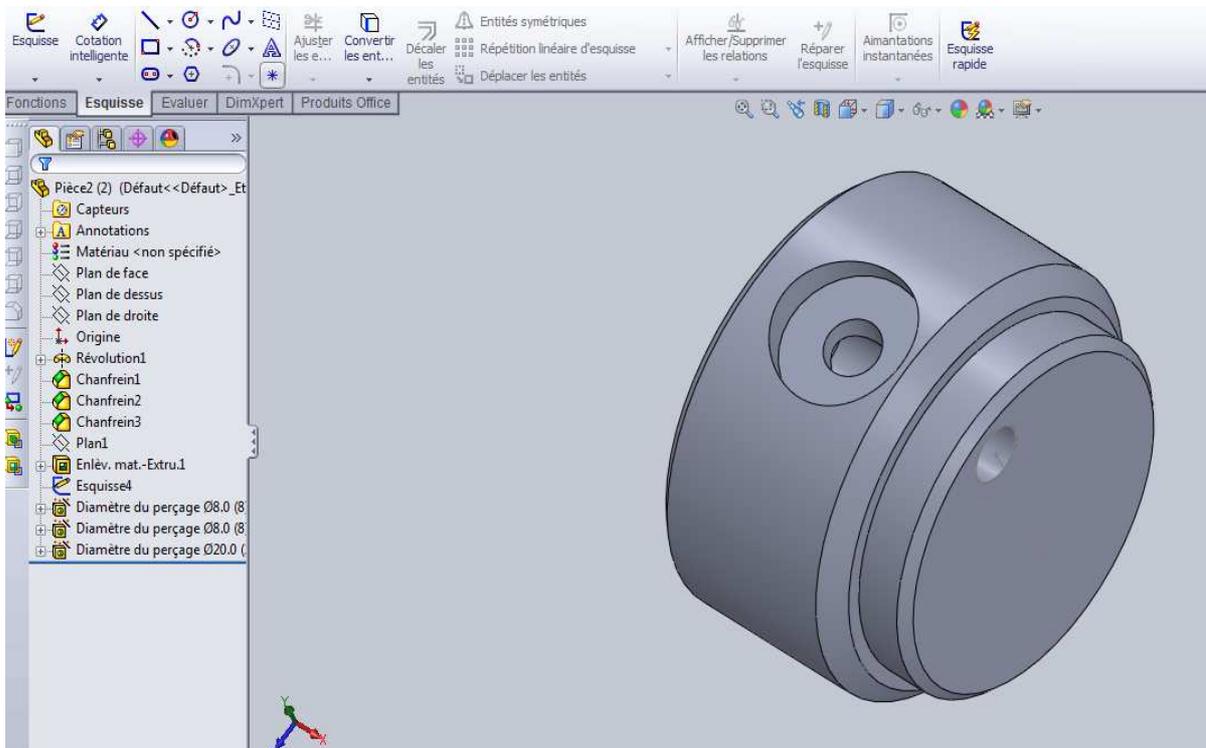
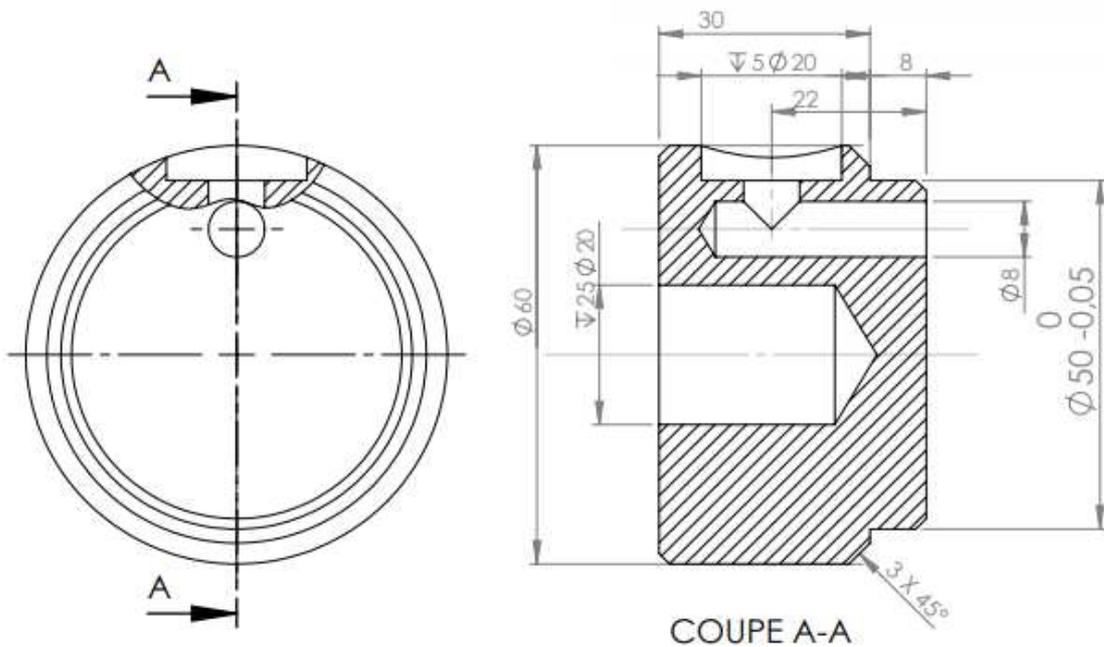
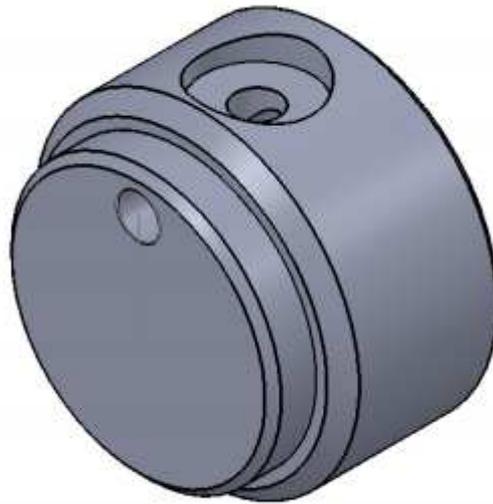


Figure (3.10) Dessin du bouchon vérin inférieur avec SOLIDWORK



Université Saad DAHLEB: Département de Mécanique		
Matière :A60	BOUCHON VERIN INFERIEUR	PFE 2019
Echelle:1/2		MIDEGUE Selma TAIB Sara
20/06/2019	N° De plan 05	Feuillet 5/5

Mise en plan de bouchon vérin inférieur.

3.2.2 Le dessin d'ensemble

Il représente le système technique dans son ensemble. Toutes les solutions constructives, retenues pour réaliser les fonctions techniques y sont détaillées. Celui-ci permet de comprendre le fonctionnement du mécanisme à partir de la description des formes, des dimensions et de l'organisation des pièces qui le constituent.



Figure (3.11) L'ensemble des pièces du vérin hydrostatique



Figure (3.12) Vérin hydrostatique assemblé

3.3 Choix de matériaux

Un matériau est toute matière utilisée pour réaliser un objet au sens large.

La pratique des analyses de conception tend à séparer en deux phases distinctes

- ✚ Le choix des matériaux pour éviter la corrosion généralisée ou la fissuration par corrosion sous tension.
- ✚ Les opérations associées au dimensionnement de l'appareil et à la vérification de la résistance mécanique.

Dans la plupart des cas, la gamme des matériaux à utiliser au contact d'un fluide donné est connue par l'expérience, et le choix des nuances et des traitements thermiques est fait pour obtenir la résistance mécanique au meilleur coût [9].

* Critères du choix des matériaux

Les principaux critères du choix d'un matériau sont :

- ✚ La capacité à subir sans détérioration notable les sollicitations de service ;
- ✚ La fiabilité de mise en œuvre ;
- ✚ La disponibilité sur le marché ;
- ✚ Le respect des exigences réglementaires ;
- ✚ Moindre cout [9].

Dans notre cas nous avons utilisé trois matériaux différents, pour la fabrication du notre vérin hydrostatique suivant la norme française AFNOR.

3.3.1 L'acier E36

C'est un acier de construction non allié avec une bonne usinabilité, une bonne stabilité dimensionnelle et une haute ténacité, bien soudable grâce à la faible teneur en carbone ($C \leq 0.22\%$).

Nous avons utilisé l'acier E36 pour fabriquer le cylindre vérin, dont les caractéristiques du tableau suivant [10].

Acier E36	Les caractéristiques chimiques					Les caractéristiques mécaniques			
	%C	%Mn	%Si	%P	%S	R _m N/mm ² (MPA)	E GPA	R _e N/mm ² (MPA)	A %
	max	max	max	max	max				
	0,12	0,60	0,55	0,045	0,045	≥450	200	360	≥10

Tableau (3.1) composition chimique et caractéristiques mécanique d'E36

3.3.2 L'acier A60

C'est un acier de construction non allié d'usage général, non effervescent, à usage courant en mécanique générale, non traité, il offre une bonne résistance mécanique (R_m).

L'analyse chimique n'est pas définie par la norme et ne garantit pas d'éventuels traitements thermiques.

Nous avons utilisé l'acier A60, pour fabriquer le piston vérin, bouchon vérin inférieur et bouchon supérieur vérin, dont les caractéristiques du tableau suivant : [10]

Acier	Les caractéristiques chimiques				Les caractéristiques mécaniques			
	%P max	%S Max	%N max	%Fe	R_m N/mm ² (MPA) min	R_e N/mm ² (MPA) min	E (GPA)	A % min
A60	0,045	0,045	0,014	Le reste	600 _ 720	340	200	15

Tableau (3.2) composition chimique et caractéristiques mécanique d'A60

3.3.3 L'acier 42CD4

C'est un acier faiblement allié au chrome-molybdène pour trempe et revenu.

Bonne trempabilité à l'huile, bonne résistance aux surcharges à l'état traité. Acier très employé en mécanique pour des pièces de moyennes à fortes sections (arbres, vilebrequins, bielles, engrenages). Cet acier est parfois utilisé pour des pièces trempées superficiellement.

Nous avons utilisé l'acier 42CD4, pour fabriquer la tige du piston, dont les caractéristiques du tableau suivant : [10]

Acier	Les caractéristiques chimiques							Les caractéristiques mécaniques			
	%C max	%Si max	%Mn max	%Cr max	%MO max	%P max	%S max	R_m N/mm ² (MPA)	E GPA	R_e N/mm ² (MPA)	A %
42CD4	0,42	0,40	0,90	1	0,30	0,035	0,035	1150	200	500	15

Tableau (3.3) Composition chimique et caractéristiques mécanique état trempé et revenu de 42CD4.

3.4 Calcul et vérification

Le calcul et la vérification est une étape très importante pour fabriquer un vérin hydrostatique, dans notre travail la force appliquée sur le vérin est 1000N ($F_{app}=1000N$), donc nous avons calculé :

- La force maximale supportée par le cylindre (F_{max}) en (N);
- La pression maximale supporterée par le cylindre (P_{max}).en (bar);
- La pression requise pour la force appliquée sur le cylindre (P_r) en (bar);
- Efforts exercées dans les deux sens, en poussant et en tirant (traction) en (N);
- Phénomène de flambement (flambage);
- Vérification des résultats avec le SOLIDWORKS.

3.4.1 Calcul de force maximale supporté par le cylindre (F_{max}) en (N)

Nous avons comme force appliquée $F=1000N$,

La force maximale du vérin est déterminée à l'aide de la formule suivante [11]:

$$\frac{F_{max}}{S} \leq R_e \quad (3.1)$$

R_e : la limite élastique du matériau utilisé (E36)=360 MPA (N/mm^2)

(Voir tableau3.1)

F_{max} : La force maximale supportée par le cylindre en N;

S : la section annulaire du cylindre vérin.

$$S = \left(\frac{\pi}{4}\right) \times (D^2 - d^2) \quad \text{en } mm^2 \quad (3.2)$$

D : Le diamètre extérieur du cylindre vérin $D=60mm$.

d : Le diamètre intérieur du cylindre vérin $d=50mm$.

Application numérique : $F_{max} = 310860 N$

La force maximale supportée par le cylindre supérieur à la force appliquée, donc le cylindre résiste.

$$F_{max} > F_{app} \quad , \quad 310860 N > 1000 N$$

3.4.2 Calcul de pression maximale supportée par le cylindre (P_{max}) en (bar)

À l'aide de la formule suivante [11]:

$$P_{max} = \frac{F_{max}}{S} \quad (3.3)$$

P_{max} : la pression maximal supportée par le cylindre en bar ;

S : la surface du piston en (cm²).

$$S = \left(\frac{\pi * D^2}{4} \right) \quad (3.4)$$

D: diamètre du piston =50m=5 cm

$F_{max} = 31086$ daN

Application numérique : $P_{max} = 1584$ bar

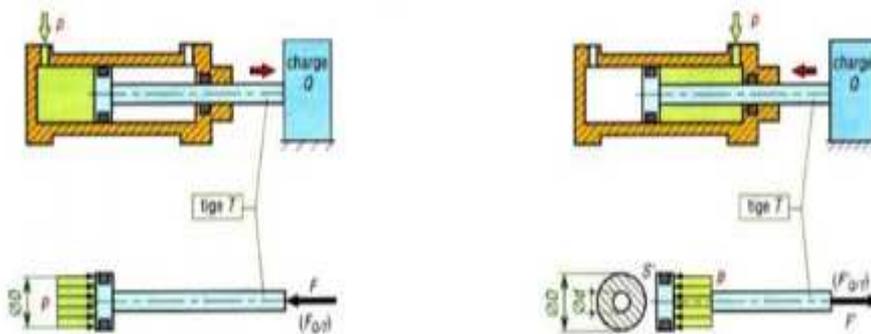
3.4.3 La pression requise pour la force appliquée sur le cylindre (P) en (bar).

Utilisant l'équation (3.3) on trouve :

Application numérique : $P = 5.09$ bar

La pression maximale supportée par le cylindre P_{max} est supérieure à la pression requise, donc le cylindre résiste. $P_{max} > P$

3.4.4 Efforts exercés dans les deux sens, en poussant et en tirant (traction) en (N) [8].



Effort en poussant

Effort en tirant (traction)

Figure (3.13) Les efforts exercés dans les deux sens de vérin

La force en poussant c'est la force appliquée sur le vérin (1000N), donc il reste de calculer la force en tirant (traction).

3.4.5 La force en tirant (traction)

$$F_t = P * (\pi/4) * (D^2 - d^2) \quad (3.5)$$

P : la pression requise en bar $P = 5.09$ bar

F_t : la force en tirant en (daN).

D : diamètre de piston $D = 5$ cm

d : diamètre de la tige $d = 2,5$ cm

$$F_t = 74.9 \text{ daN} = 749 \text{ N}$$

- La force en poussant est supérieure à la force en tirant.

3.4.6 Phénomène de flambement

La tige d'un vérin se comporte comme une colonne, c'est pourquoi elle peut être soumise à une instabilité lorsque la valeur des forces de compression excède une certaine limite : ce phénomène d'instabilité est connu sous le nom de flambement [10].

3.4.7 Vérification de flambage par calcul

La force maximale applicable sur l'élément avant l'apparition de cette instabilité est la force critique d'Euler.

D'après la formule d'EULER [11].

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 * E * I}{L^2} \quad (3.6)$$

F_{cr} : Force critique d'Euler

E : Module de Young $200 \text{ GPa} = 200000 \text{ N/mm}^2$

I : Moment d'inertie $I = [(\pi * D^4) / 64]$ en $\text{mm}^4 = 19165.03 \text{ mm}^4$

L : Longueur de tige 270 mm

$$F_{cr} = 518407.5 \text{ N}$$

$$F_{cr} > F_{\text{appliqué}} \quad , \quad 518407.5 \text{ N} > 1000 \text{ N}$$

Nous remarquons donc, que cette force est plus grande que celle appliquée sur la tige, donc le phénomène de flambement ne peut pas avoir lieu.

3.5 Vérification des résultats avec le SOLIDWORKS

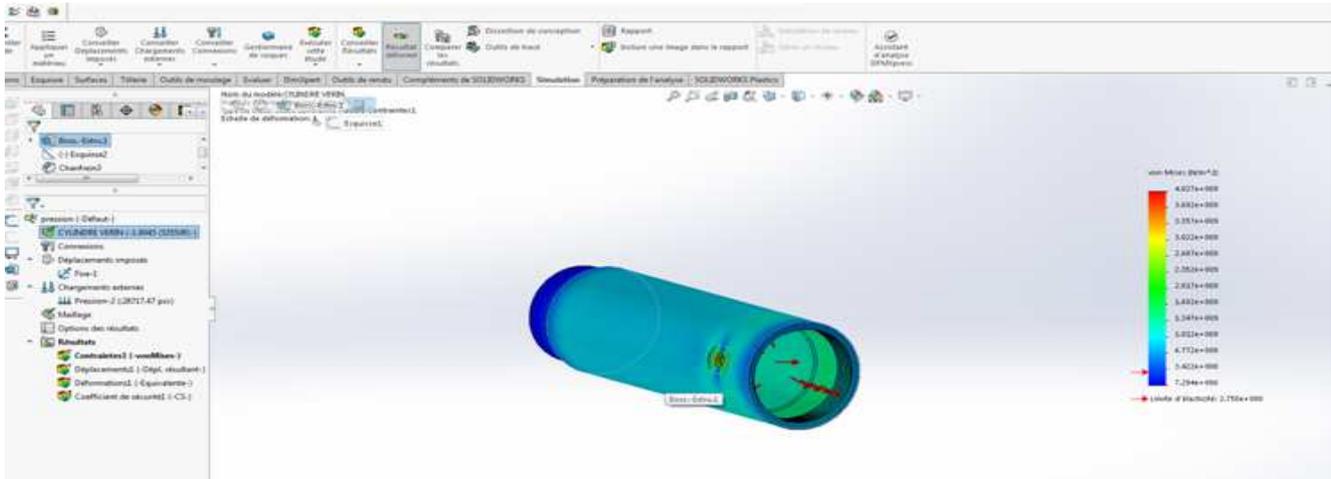


Figure (3.14) Simulation cylindre vérin

Remarque : En consulte les résultats suivants on remarque que la contrainte maximale appliquée sur le cylindre est de **402.7 MPA**.

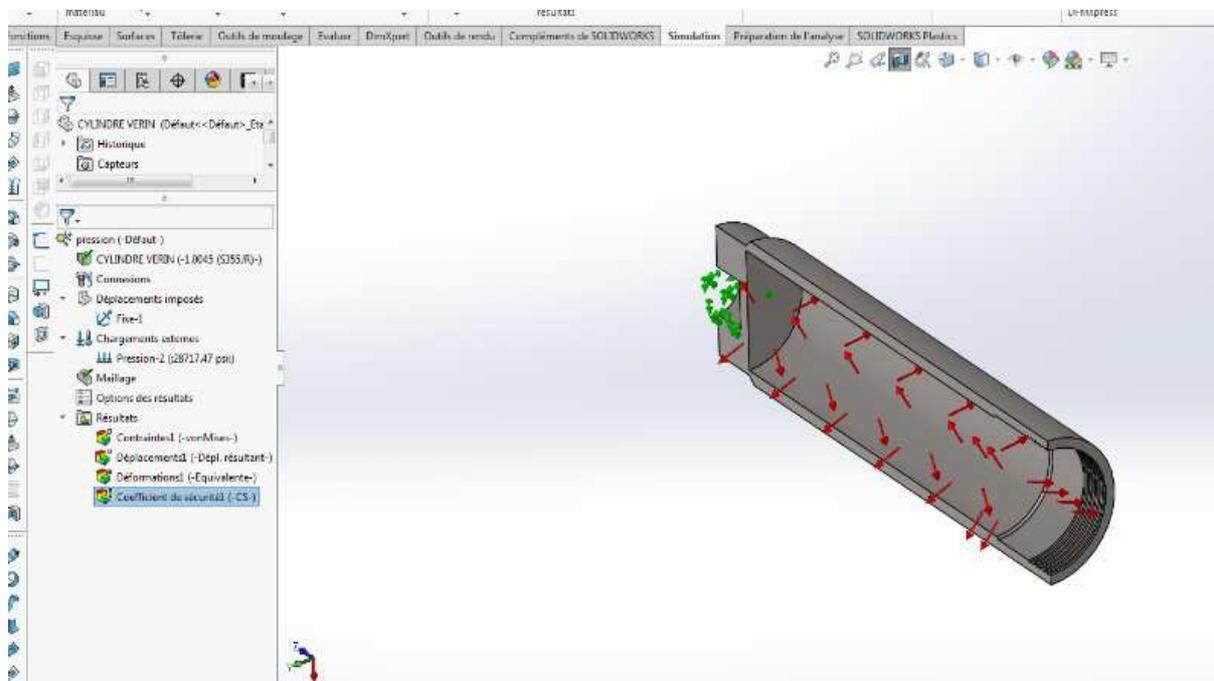


Figure (3.15) Coupe de cylindre vérin avec pression répartie

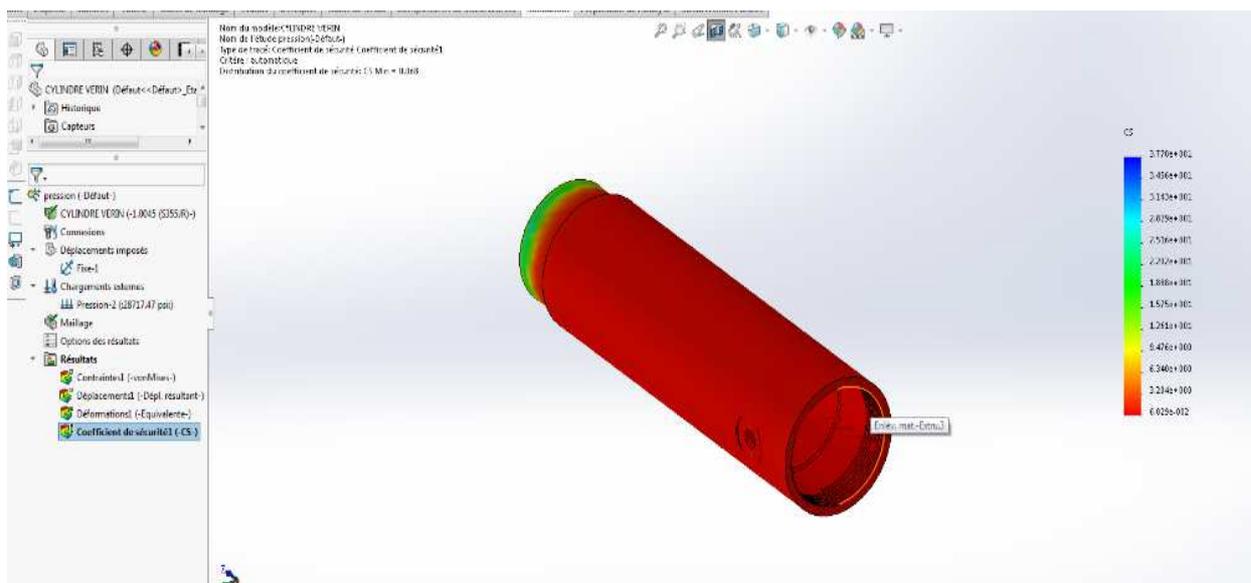


Figure (3.16) Coefficient de sécurité

Remarque : nous remarquons que la partie colorée en rouge représente la zone dangereuse facile à casser, d'après ce diagramme le Coefficient de sécurité $CS=0.025 < 1$ donc le cylindre ne résiste pas. En ce qui concerne la partie verte de cylindre représente la zone rigide $CS > 1$.

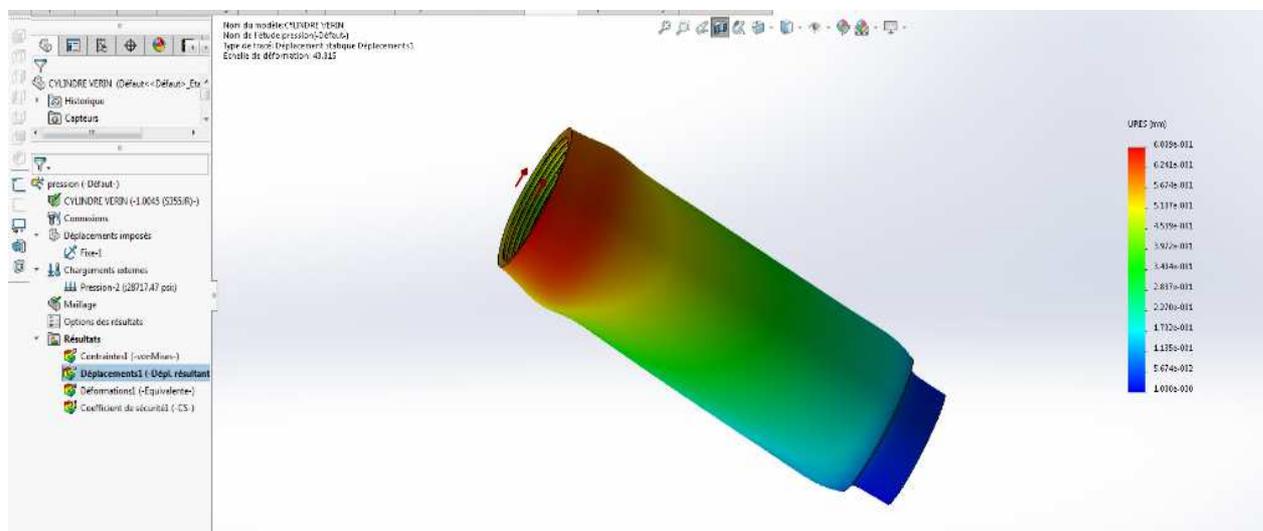


Figure (3.17) Déplacement statique du cylindre vérin (Allure de déformation)

Remarque : le déplacement maximum de cylindre est de 6.806 mm.

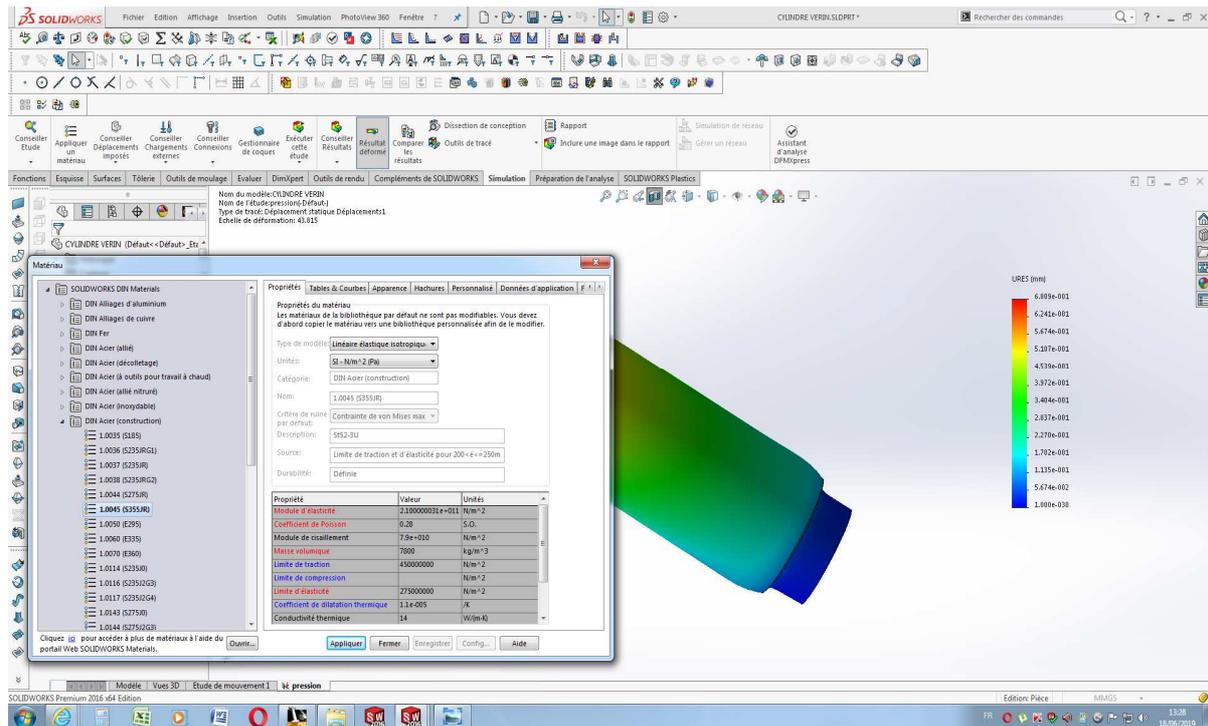


Figure (3.18) caractéristique de matériaux E36 (St52-3U)

Remarque : La figure représente toutes les caractéristiques de matériaux E36 (St52-3U)

3.6 Conclusion

Les résultats obtenus montrent que les dimensions et les matériaux choisis peuvent assurer le bon fonctionnement de notre vérin hydrostatique.

4.1 Introduction

La gamme d'usinage sert à détailler et ordonner les différentes étapes de fabrication d'une pièce ou d'un ouvrage [12].

Nous allons réaliser la gamme d'usinage de vérin sur un tour numérique 4 axes.

4.2 Les définitions des principales opérations de tournage utilisées ;

4.2.1 Chariotage

Le chariotage est l'opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique extérieure.

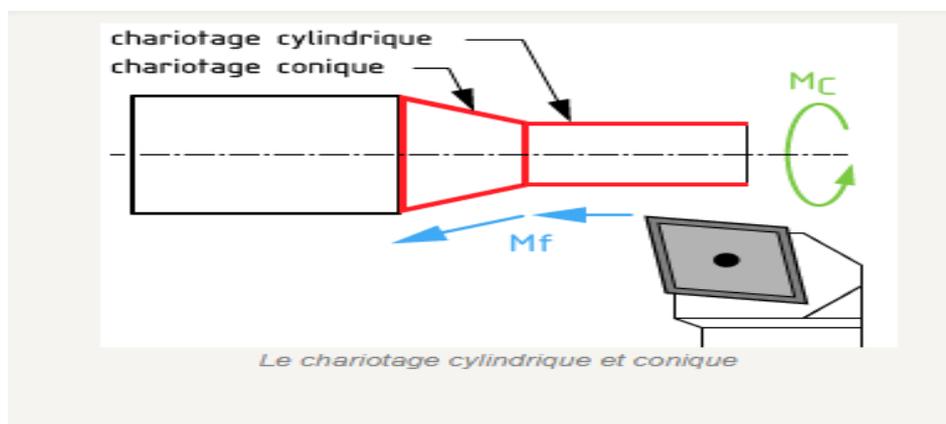


Figure (4.1) Opération de chariotage

4.2.2 Dressage

Le dressage est l'opération qui consiste à usiner une surface plane (extérieure ou intérieure) perpendiculaire à l'axe de la broche.

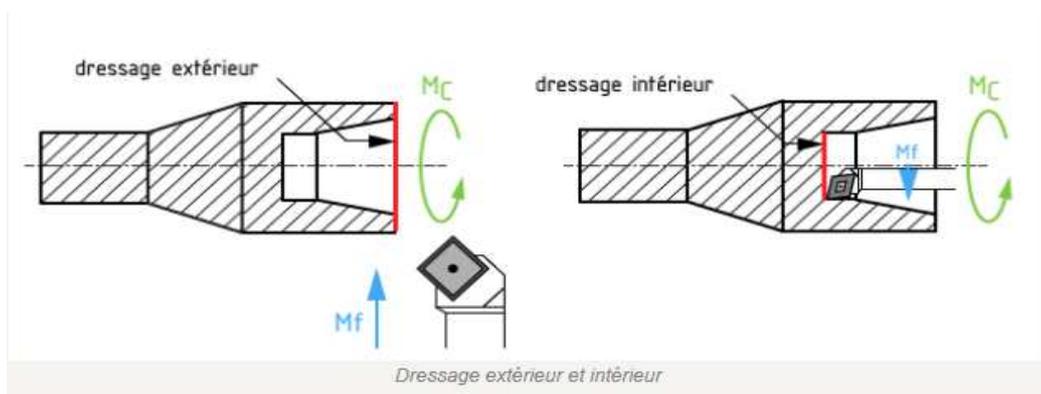


Figure (4.2) Opération de dressage

4.2.3 Perçage

Le perçage est l'opération qui consiste à usiner un trou dans la pièce (débouchant ou borgne) à l'aide d'un forêt. Souvent, l'axe du trou est confondu avec celui de la pièce.

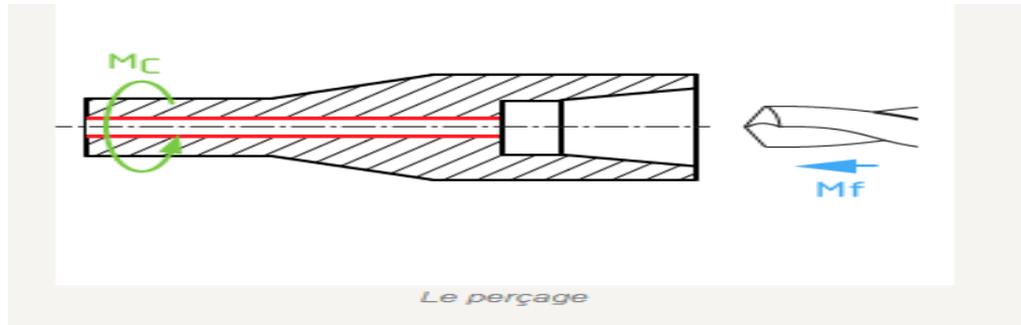


Figure (4.3) Opération de perçage

4.2.4 Alésage

L'alésage est l'opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique de qualité à l'intérieur d'une pièce.

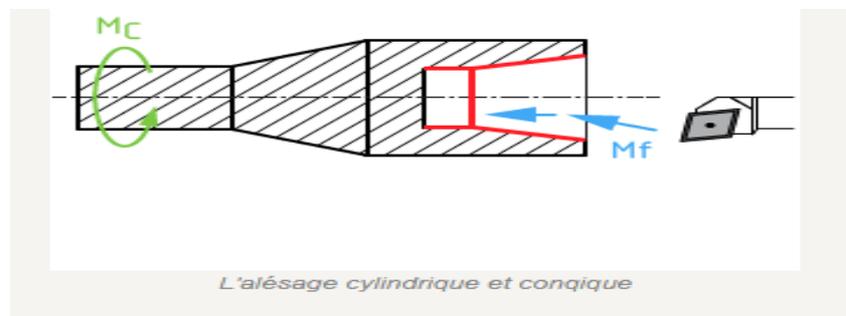


Figure (4.4) Opération alésage

4.2.5 chanfreinage

Le chanfreinage est l'opération qui consiste à usiner un cône de petites dimensions, de façon à supprimer un angle vif.

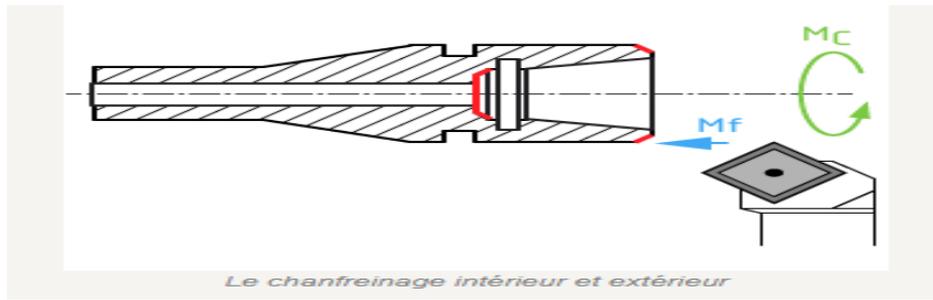


Figure (4.5) Opération de chanfreinage

4.2.6 Épaulement

L'épaulement est l'association d'un chariotage et dressage.

4.2.7 Filetage

Le filetage est l'usinage consistant à réaliser un filetage extérieur ou intérieur.

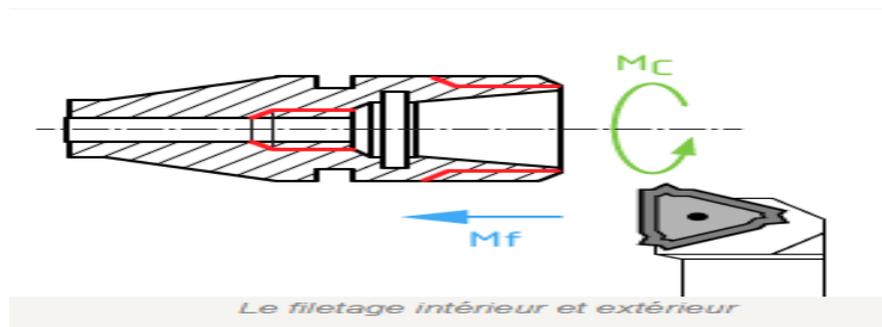
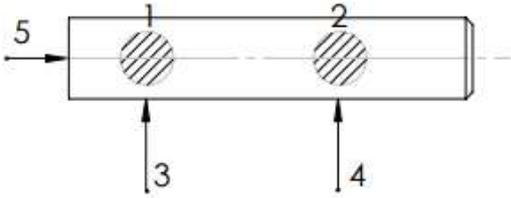


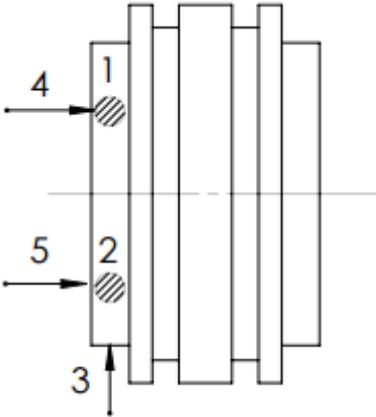
Figure (4.6) Opération de filetage

Dans notre cas nous allons utiliser la gamme d'usinage suivante pour fabriquer les cinq composantes de vérin (cylindre vérin, piston vérin, bouchon vérin inférieur, bouchon supérieur vérin et la tige du vérin) avec les opérations précédentes [13].

Gamme d'usinage			Machine tour numérique		
Matière:A60			Cylindre vérin		
N°Phase	Opération	Croquis	Outil	Poste	Remarque
10	Dressage de 3mm + Chfrein de 1mm		Outil à dresser	N63	Vitesse de rotation 1000tr/min Vitesse d'avance 0.2mm/min Profondeur de passe 1mm
10	Alésage		Outil aléser	N63	Ebauche vitesse de rotation 1000tr/min vitesse d'avance 0.15mm/min Profondeur de coupe pas 0.5mm

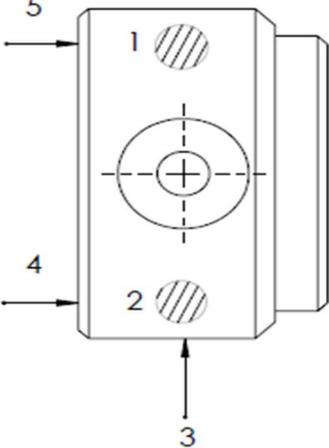
20	Filetage intérieur m54p200		Outil De Filetage	N63	vitesse de rotation 250tr/min -hauteur de fillet 1.2 -profondeur de passe 0.3
20	Perçages D=8		Foret D=8		vitesse de rotation 1000tr/min vitesse d'avance 0.07mm/min
20	Perçage D=20		Foret D=20		Profondeur 1mm Vitesse de Rotation 400 Tr/min Avance 0.10 mm/mm

Gamme d'usinage			Machine tour numérique		
Matière:A60			piston vérin		
N°Phase	Opération	Croquis	Outil	Poste	Remarque
10	dressage de 3mm		Outil à dresser	N63	Vitesse de coupe 200tr/min Vitesse d'avance 0.2mm/min Profondeur de coupe=1.5mm
10	Perçage D=20mm		Foret D=20mm	N63	Profondeur de rayon 0.5mm Vitesse de Rotation 400tr/min Vitesse d'avance 0.05mm/min
10	Alésage		outil aléser		Vitesse de rotation 1000tr/min Vitesse d'avance 0.5mm/min Profondeur de rayon 0.5mm

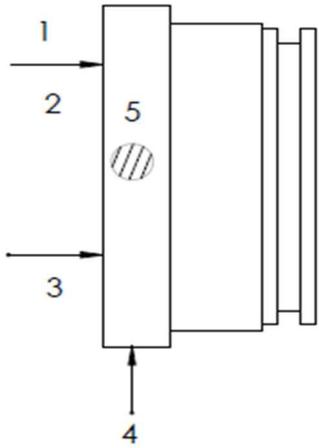
20	Opération de gorge		outil de gorge $L = 3.5\text{mm}$	N63	Vitesse de rotation $= 300\text{tr/min}$ Vitesse d'avance $= 0.1\text{mm/min}$
----	--------------------	---	--------------------------------------	-----	---

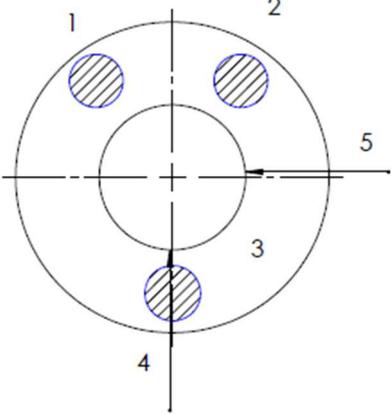
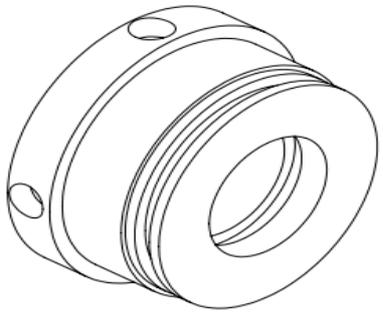
Gamme d'usinage			Machine tour numérique		
Matière:42CD4			Tige du vérin		
N° Phase	Opération	Croquis	Outil	Poste	Remarque
10	Dressage de 4mm		Outil à Dresser	N63	Vitesse de rotation =2000tr/min Vitesse d'avance =0.18mm/min Profondeur de passe=1mm
20	épaulement		Outil de tournage	N63	Tournage d=20, L=50mm Profondeur de passe 2mm
20	Filetage		Outil de filetage	N63	Profondeur de rotation 1500tr/min Vitesse d'avance 0.22mm/min

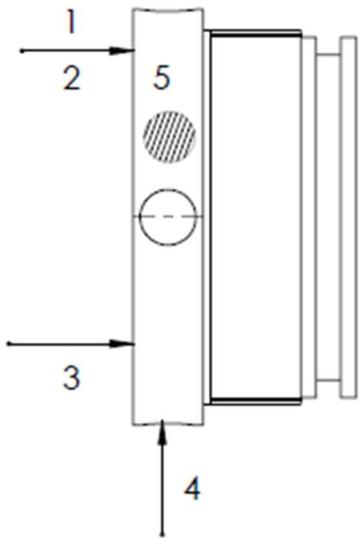
Gamme d'usinage			Machine tour numérique		
Matière:A60			Bouchon vérin inférieur		
N°Phase	Opération	Croquis	Outil	Poste	Remarque
10	Dressage de 3mm		Outil à dresser	N63	Vitesse de rotation 2000tr/min Vitesse d'avance 0.18mm/min Profondeur de passe = 1mm
20	Perçage		Foret D=18mm	N63	Vitesse de rotation 1000tr/min Vitesse d'avance 0.07mm/min
30	Perçage		Foret D=8mm		Vitesse de rotation 1000tr/min Vitesse d'avance 0.11mm/min Profondeur 15mm

40	Perçage		Foret D=18mm	N63	<p>Vitesse de rotation 350tr/min</p> <p>Vitesse d'avance 0.08mm/min</p> <p>Profondeur 25mm</p>
----	---------	---	-----------------	-----	--

Gamme d'usinage				Machine tour numérique	
Matière:A60				Bouchon supérieur vérin	
N° Phase	Opération	Croquis	Outil	Poste	Remarque
10	Dressage De 3 mm		Outil Dresser	N63	Vitesse de coupe 2000tr/min Vitesse d'avance 0.2mm/min Profondeur de coupe 0.5mm
20	Tournage Extérieur (Épaulement , tronçonnage)		Outil de tournage	N63	Vitesse de rotation 400tr/min Vitesse d'avance 0.22mm/min Profondeur de passe=2mm

30	Opération de gorge		Outil de Gorge L=3.5m m	N63	Vitesse de rotation 500tr/min Vitesse d'avance 0.1 mm/min
----	--------------------	---	-----------------------------------	-----	--

N°Phase	Opération	Croquis	Outil	Poste	Remarque
40	Perçage et alésage		Foret de Perçage D=23 Outil Aléser D=25	N63	Vitesse de rotation 400tr/min Vitesse d'avance 0.1 mm/min
50	Perçage de 4 trous		foret D=8	N63	Vitesse de rotation 1000tr/min Vitesse d'avance 0.08 mm/min Vitesse d'avance 0.1 mm/min Profondeur de passe 0.5mm

60	Filetage extérieur		outil de filetage degré60	N63	Vitesse de rotation 700tr/min Nombre de passe12
----	-----------------------	---	---------------------------------	-----	--

Conclusion générale

Le stage pratique que nous avons effectué au sein de l'entreprise de MOUSSAOUI nous a donné la chance d'entrer dans le domaine de fabrication mécanique.

L'objectif de ce travail était de faire la conception et l'usinage d'un vérin hydrostatique.

La réalisation de notre mémoire de fin d'études nous a permis de connaître :

- La définition de l'hydraulique, l'hydrostatique et les domaines d'application.
- Les différents types des vérins (vérins hydrauliques, pneumatiques,) et ces caractéristiques ;
- La conception d'un vérin hydrostatique (les dessins de définition, choix de matériaux et les calculs des forces et pressions) ;
- La modélisation et la vérification des résultats avec le logiciel SOLIDWORKS ;
- Une gamme d'usinage détaillée pour fabriquer un vérin hydrostatique sur un tour numérique.

Malgré les difficultés que nous avons rencontré, nous avons pu réaliser et terminer notre travail grâce à la formation que nous avons eu au cours de notre cursus universitaire et à l'aide de nos encadreurs et de l'équipe que nous avons rencontré durant notre stage ; une équipe qui était tellement compétente et généreuse.

A la fin, nous espérons que ce modeste travail constituera un guide fiable pour les ingénieurs dans le domaine de conception et fabrication des vérins hydrostatique.

Bibliographie

- [1] : Actionneurs Hydrauliques - utt loko 2009-2010 - 2A ing Techno-PDF.
- [2] : DEMBELE Youssouf , hydraulique générale, 2008-2009.
- [3] : SELLAM Fouad, Cours "hydraulique générale" (mécanique des fluides).
- [4] : M.DEZEST Cours ISI-vérin distributeur-1.sxw- -28/01/2005.
- [5] : Mapro.fr -vérins-hydrauliques-a-simple-effet.
- [6] : Exposé Actionneurs Hydrauliques (2A ING TECHNO, Année Académique 2008-2009).
- [7] : Logiciel SOLIDWORKS Edition 2012 et Edition 2016.
- [8] : JEAN-LOUIS FANCHON, Guide des sciences et technologies industrielles édition mise à jour conformément aux normes en vigueur.
- [9] : KERCHOUCHE Saad, MEMOIR FIN D'ETUDE, "Etude et Conception de deux cuves sous pression de GPL", promotion 2009/2010 (université Saad DAHLEB Blida).
- [10] : G.LEMASSON et L.BLAIN, Matériaux de construction mécanique et électrique sixième édition.
- [11] : JEAN-LOUIS FRANCHON, guide de mécanique nouvelle édition.
- [12] : Cours analyse –fabrication –univ-lille1 2014.
- [13] : A.CHEVALIER et J.BOHAN, guide du technicien en productique (pour maîtriser la production industrielle) collection n°01, édition n°14.