République Algérienne Démocratique Et Populaire
Ministère De l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Yahia Fares Médéa
Faculté de Technologie
Département de Génie Mécanique

Mémoire de Fin d'études

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Construction

Titre

Conception d'un banc d'essai pour pompes hydrauliques

Préparé par : Mohamed OTMANI

Dirigé par : Dr. Nasreddine AMOURA

Pr. Abdellah ABDELLAH EL HADJ

Juin 2024


بسم الله الرحمن الرحيم

Remerciements

الحمد لله الذي وفقنا لهذا بلا حول منا ولا قوة،
الحمد لله حمد كثيرا طيبا مباركا فيه والصلاة والسلام على خير الخلق كله محمد بن عبد الله عليه أفضل الصلاة وأزكى التسليم

Je tiens à exprimer mes vifs remercîments à mes encadrants, Dr Nasreddine AMOURA et Pr Abdellah ABDELLAH EL HADJ, pour leur disponibilité et leurs aides précieuses dans la réalisation de mon travail.

Je remercie chaleureusement les membres du jury d'avoir accepté de consacrer de leur temps pour évaluer ce travail.

Mes remercîments vont aussi à tous ce qui, de près ou de loin, ont eu l'amabilité de contribuer à la réalisation de mon présent projet.

Je remercie également tous les enseignants du département de génie Mécanique.

Mes remerciements vont également vers mes très chers parents pour leur amour, patience, confiance, éducation et sacrifices, et leur soutien, sans oublier mes très chers frères et ma sœur.

RESUMES

الملخص

رسالة الماستر تقدم تصميم محطة اختبار للمضخات الهيدروليكية. يهدف المشروع إلى تطوير جهاز يسمح باختبار مضخات مختلفة من حيث الأداء والموثوقية. يتضمن التصميم جوانباً ميكانيكية وكهربائية وهيدروليكية، مع دمج مكونات مثل الهيكل الرئيسي، والتوصيلات، والخزان، والمحرك الكهربائي، ومجموعة متنوعة من الأجهزة القياسية. كما تشمل الدراسة أيضاً محاكاة رقمية باستخدام SolidWorks للتحقق من صلابة ووظائف محطة الاختبار، بما في ذلك التحليلات الثابتة والطبوغرافية لتحسين الهيكل.

الكلمات المفتاحية: منضدة الاختبار, المضخة، صوليدوورك.

Abstract

This master's thesis presents the design of a test bench for hydraulic pumps. The project aims to develop a device capable of testing different pumps in terms of performance and reliability. The design includes mechanical, electrical, and hydraulic aspects, integrating components such as the chassis, coupling, reservoir, electric motor, and various measuring instruments. The study also involves numerical simulations using SolidWorks to verify the robustness and functionality of the test bench, including static and modal analyses to optimize the structure.

Keywords: test bench, pump, SolidWorks.

Résumé

Ce mémoire de master présente la conception d'un banc d'essai pour pompes hydrauliques. Le projet vise à développer un dispositif permettant de tester différentes pompes en termes de performance et de fiabilité. La conception inclut des aspects mécaniques, électriques et hydrauliques, intégrant des composants tels que le châssis, l'accouplement, le réservoir, le moteur électrique et les divers instruments de mesure. L'étude comporte également des simulations numériques sous SolidWorks pour vérifier la robustesse et la fonctionnalité du banc d'essai, incluant des analyses statiques et modales pour optimiser la structure.

Mots clés : banc d'essai, pompe, SolidWorks.

SOMMAIRE

RESUMES 4
SOMMAIRE 5
LISTE DES FIGURES 7
LISTE DES TABLEAUX 8
INTRODUCTION GENERALE 9
I. Généralités sur les pompes hydrauliques 11
1.1 Classification des pompes 11
1.1.1 Les pompes roto-dynamiques 12
1.1.2 Les pompes volumétriques 12
1.2 Caractéristique de fonctionnement des pompes volumétriques 12
1.3 Principaux types de pompes volumétriques 17
1.3.1 Pompes rotatives 17
1.3.2 Pompes alternatives 20
1.4 Principe de fonctionnement d'une pompe volumétrique 23
1.5 Domaines d'utilisation des pompes hydrauliques 25
1.6 Conclusion 26
2 Conception du banc d'essai 28
2.1 Présentation du logiciel SolidWorks 28
2.2 Le modèle à étudier 28
2.3 Conception de la partie mécanique du banc d'essai 28
2.3.1 Châssis 28
2.3.2 Accouplement 29
2.3.3 Réservoir 29
2.3.4 Plaque de fixation du moteur électrique 30
2.3.5 Support de fixation de la pompe 30
2.3.6 Support de fixation du circuite hydraulique 31
2.4 Conception de la partie électrique 31
2.4.1 Moteur électrique 31
2.4.2 Débitmètre 32
2.5 Conception de la partie hydraulique 33
2.5.1 La pompe 33
2.5.2 Manomètre 33
2.5.3 Les conduites 34
2.6 Autres accessoires 34
2.6.1 Coudes 34

2.6.2 Mamelons 34
2.6.3 Te 35
2.6.4 Vanne 35
2.6.5 Entonnoir 35
2.7 Assemblage du banc d'essai 36
2.7.1 Assemblage 01 36
2.7.2 Assemblage 02 37
2.7.3 Assemblage final 37
2.8 Conclusion 38
3 Simulation Numérique sous SolidWorks 40
3.1 Efforts appliqués au châssis 40
3.1.1 Efforts appliqués au repos 40
3.1.2 Flexion du châssis 40
3.2 Méthode de calcul 41
3.2.1 Logiciel utilisé 41
3.3 Propriétés du modèle 41
3.3.1 Section 41
3.3.2 Matériau 42
3.3.3 Les caractéristiques géométriques du modèle 42
3.4 Analyse statique 43
3.4.1 Maillage appliqué 44
3.4.2 Etude de flexion 44
3.4.3 Etude de torsion 51
3.5 Analyse modale 52
3.6 Analyse harmonique 56
3.6.1 La contrainte maximale due à la flexion combinée à la traction 56
3.6.2 Déplacement sous excitation harmonique 57
3.6.3 Facteur de participation de masse effectif 57
3.6.4 Réponse en fréquence du nœud milieu de la traverse porte moteur 58
3.7 Dossier technique du châssis 58
3.8 Conclusion 58
Conclusion Générale 59
Références bibliographiques 60

LISTE DES FIGURES

Figure I-1 Classification des pompes hydrauliques. [1] 11
Figure I-2 Pressions des pompes (volumes en rouge). [1] 13
Figure I-3 Cylindrée des pompes (volume en rouge). [1] 14
Figure I-4 Puissance d'une pompe. [1] 15
Figure I-5 Pompe a engrenage externe. [2] 18
Figure I-6 Pompe à engrenage interne à croissent. [1] 18
Figure I-7 Pompe Gé rotor (engrenage interne). [2] 19
Figure I-8 Pompe à vis 19
Figure I-9 Pompe à palettes 20
Figure I-10 Pompe à lobes 20
Figure I-11 Pompe à pistons radiaux. [2] 21
Figure I-12 Pompe à pistons axiaux. [2] 21
Figure I-13 Pompe à membrane 22
Figure I-14 Principe de fonctionnement de la pompe à engrenage externe 23
Figure I-15 Principe de fonctionnement de la pompe à engrenage interne à croissent 24
Figure I-16 Principe de fonctionnement de la pompe à membrane 24
Figure I-17 Domaines d'utilisation des pompes hydrauliques. [2] 25
Figure 2-1 Conception du châssis 28
Figure 2-2 Accouplement 29
Figure 2-4 Vue éclatée du réservoir 29
Figure 2-3 Conception du réservoir 29
Figure 2-5 Plaque de fixation du moteur électrique 30
Figure 2-6 Dimensions de la plaque de fixation du moteur électrique 30
Figure 2-7 Support de fixation de la pompe 30
Figure 2-8 Support du circuit hydraulique 31
Figure 2-9 : Moteur SolidWorks 31
Figure 2-10 Débitmètre 32
Figure 2-11 Mise en plan du débitmètre 32
Figure 2-12 Modélisation de la pompe. 33
Figure 2-13 Manomètre. 33
Figure 2-14 Conduit flexible. 34

Figure 2-15 conduite multicouche. 34
Figure 2-16 Modélisation d'un coude. 34
Figure 2-17 Modélisation d'un mamelon (male-femelle). 34
Figure 2-18 Modélisation d'un Te (male-femelle-male). 35
Figure 2-19 Vue d'ensemble d'une vanne. 35
Figure 2-20 Modélisation de l'entonnoir. 35
Figure 2-21 Assemblage 01 36
Figure 2-22 Assemblage 02 37
Figure 2-23 Assemblage final. 37
Figure 3-1 profile des poutrelles utilisées pour la conception du châssis 41
Figure 3-2 Position du centre de gravité du banc 43
Figure 3-3 Maillage de la structure. 44
Figure 3-4 Chargements appliqués sur la structure. 44
Figure 3-5 Contrainte combinée Flexion-Traction dans le châssis 46
Figure 3-6 : Déplacement total du châssis sous chargements maximales. 47
Figure 3-7 Contrainte dans le châssis selon la direction 1 48
Figure 3-8 Contrainte dans le châssis selon la direction 2 48
Figure 3-9 Déplacement du châssis selon la direction Z 49
Figure 3-10 Distribution du coefficient de sécurité dans le châssis 50
Figure 3-11 Contrainte de torsion dans le châssis 51
Figure 3-12 Déformée du mode 1 53
Figure 3-13 Déformée du mode 2 53
Figure 3-14 Déformée du mode 3 54
Figure 3-15 Déformée du mode 4 54
Figure 3-16 Déformée du mode 5 55
Figure 3-17 Déformée du mode 6 55
Figure 3-18 Contrainte combinée Flexion-Traction 56
Figure 3-19 Déplacement de la structure à la fréquence de 67 Hz 57
Figure 3-20 fréquence en fonction de les masse participante 57
Figure 3-21 : Réponse en fréquence du nœud 25 du châssis 58

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3-1 Unités utilisées 41
Tableau 3-2 Caractéristique mécanique du matériau S185 42
Tableau 3-3 Propriétés des études de l'analyse statique 43
Tableau 3-4 Les fréquence naturelles de la structure 52

INTRODUCTION GENERALE

Les pompes hydrauliques sont des éléments essentiels pour diverses applications, notamment la distribution de l'eau potable et l'irrigation agricole. Elles jouent un rôle crucial dans l'industrie pétrolière et gazière, ainsi que dans les processus industriels variés. En somme, les pompes assurent le transport et la gestion efficaces des fluides, soutenant ainsi le bon fonctionnement de nombreuses infrastructures et services.

L'étude développée dans ce mémoire est la conception d'un banc d'essai pour tester les pompes hydrauliques qui complète une centrale hydraulique, la conception s'est limitée aux étapes principales qui sont la détermination des dimensions du châssis avec la conception des pièces importantes pour la fixation du système hydraulique.

Dans le premier chapitre, on a présenté une généralité sur les pompes hydrauliques, la classification, le principe de fonctionnement et domaine d'utilisation de cette dernière.

Le deuxième chapitre portera sur la conception mécanique détaillée des différentes parties du banc d'essai sous le logiciel SolidWorks.

La troisième et dernier chapitre fait l'objet de la simulation de notre châssis pour confirmer que ce dernier supporte les charges, statiques et dynamiques, appliquées.

Ce mémoire se termine par une conclusion générale et une annexe.

CHAPITRE 01

Généralités sur les pompes hydrauliques

I. Généralités sur les pompes hydrauliques

Les pompes, appelées ainsi en référence au mot italien "pompa", jouent un rôle crucial dans le déplacement des liquides d'une région de basse pression vers une région à haute pression. Leur fonctionnement repose sur la création d'une différence de pression entre la région d'aspiration et la région de refoulement, grâce à des organes actifs tels que des pistons ou des roues. Sur le plan physique, les pompes convertissent l'énergie mécanique en énergie hydraulique. Dans les industries pétrolières et gazières, les pompes sont essentielles et toute défaillance peut entraîner une baisse de productivité. Leur sélection, installation et entretien nécessitent une attention particulière et l'intervention de spécialistes qualifiés pour assurer un service continu et fiable sur le long terme.

1.1 Classification des pompes

Les pompes hydrauliques peuvent être classées en plusieurs types, tels que les pompes roto-dynamique, les pompes volumétriques, chacune ayant ses propres avantages et limitations en fonction de l'application spécifique. [1]

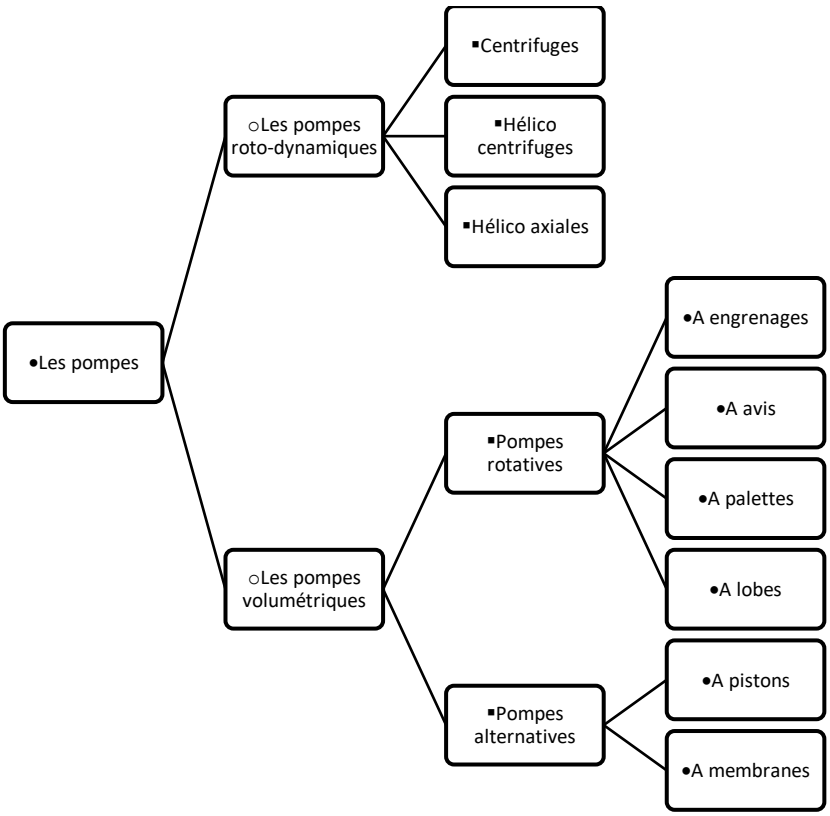


Figure I-1 Classification des pompes hydrauliques. [1]

1.1.1 Les pompes roto-dynamiques

Les pompes roto-dynamiques sont des types de pompes qui utilisent la rotation d'un élément, comme une roue ou un rotor, pour transférer de l'énergie au fluide. Elles sont souvent utilisées dans les applications où un débit important est nécessaire. Les pompes centrifuges, qui utilisent la force centrifuge pour déplacer le fluide, sont un exemple courant de pompes roto-dynamiques. Ces pompes sont largement utilisées dans diverses industries pour des applications telles que le transfert de liquides, la circulation de l'eau, le traitement des eaux usées et bien d'autres.

1.1.2 Les pompes volumétriques

Les pompes volumétriques sont des dispositifs qui transfèrent un volume fixe de fluide à chaque cycle de fonctionnement. Contrairement aux pompes roto-dynamiques qui transfèrent de l'énergie au fluide par rotation, les pompes volumétriques agissent en déplaçant mécaniquement le fluide à l'intérieur d'un espace close. Les principaux types de pompes volumétriques incluent les pompes à engrenages, les pompes à piston, les pompes a vis, les pompes à palettes, les pompes à lobes et les pompes à membrane. Elles sont souvent utilisées dans des applications nécessitant une pression constante ou un débit précis, telles que le dosage de produits chimiques, le remplissage de réservoirs et le pompage de fluides visqueux.

1.2 Caractéristique de fonctionnement des pompes volumétriques

Les pompes hydrauliques volumétriques se distinguent par leur conception et leurs pièces mobiles internes, mais elles partagent toutes le même objectif : faire circuler un volume de fluide. Qu'il s'agisse de pompes à engrenages, à piston, à lobes ou à membrane, elles sont conçues pour fournir un débit constant ou un volume précis de fluide en fonction des besoins de l'application. Bien que leurs caractéristiques de fonctionnement puissent varier légèrement, elles remplissent toutes la même fonction fondamentale dans le système hydraulique.

➢ Pression (p)

Une pompe hydraulique ne fournit pas directement la pression dans un circuit hydraulique, mais elle crée plutôt le débit nécessaire pour générer cette pression. La pression dans un circuit hydraulique est le résultat de la résistance à l'écoulement rencontrée par le fluide, que ce soit à travers un vérin, un moteur ou une restriction dans la tuyauterie. La pompe crée le débit nécessaire pour surmonter cette résistance, ce qui entraîne une élévation de la pression. Les unités de mesure couramment utilisées pour exprimer la pression sont le Pascal (Pa) ou le bar avec 1bar = 10^5Pascal.

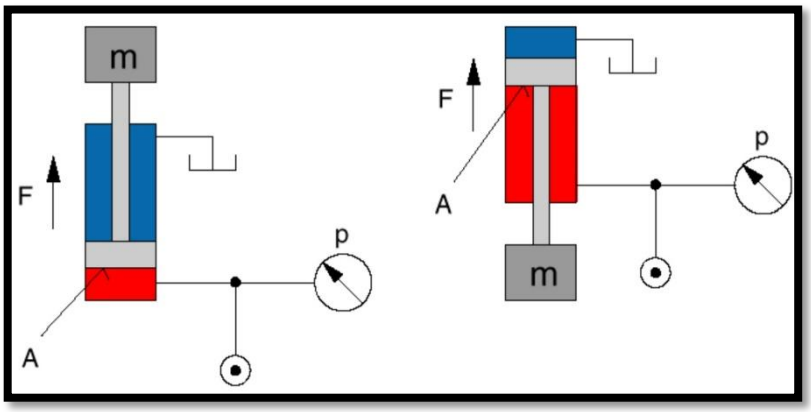


Figure I-2 Pressions des pompes (volumes en rouge). [1]

➢ Débit (q_v)

Le débit d'une pompe hydraulique volumétrique fait référence à la quantité de fluide qu'elle peut transférer par unité de temps, généralement exprimée en litres par minute (l/min) ou en gallons par minute (gpm)

Le débit d'une pompe hydraulique dépend de deux importants facteurs : la cylindrée et la vitesse de révolution de la pompe.

➢ Cylindrée (C)

La cylindrée d'une pompe hydraulique volumétrique représente le volume ou la quantité de fluide qu'elle peut refouler par révolution. Elle est généralement exprimée en unités de volume telles que centimètres cubes (cm^3) ou litres (L). La cylindrée est un paramètre important dans le dimensionnement et la spécification d'une pompe, car elle détermine la capacité de la pompe à fournir un débit spécifique en fonction de sa vitesse de rotation.

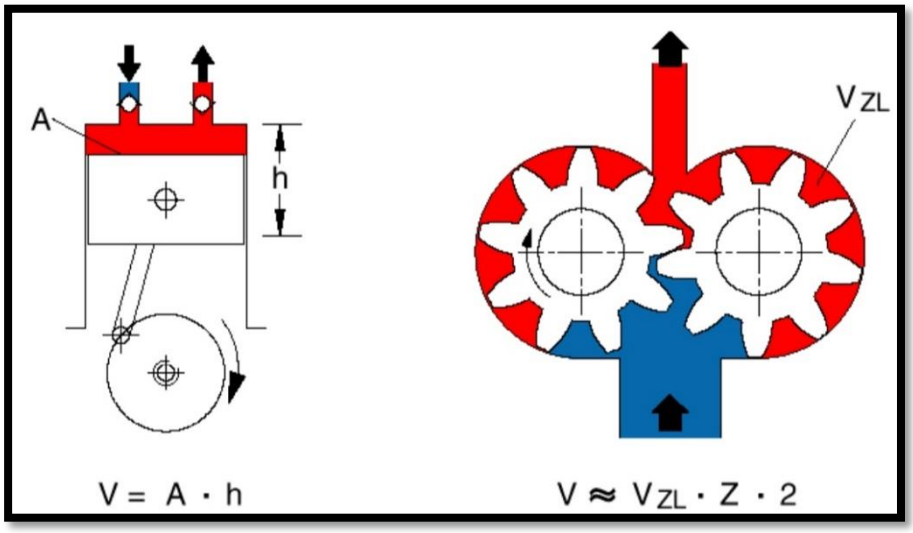


Figure I-3 Cylindrée des pompes (volume en rouge). [1]

➢ Vitesse de révolution (n)

La vitesse de révolution est un facteur clé influençant le débit d'une pompe hydraulique. Cette vitesse est généralement déterminée par la vitesse nominale prescrite par le fabricant, qui correspond à la vitesse de révolution pour laquelle la pompe est conçue pour fonctionner de manière optimale et sécuritaire. Lorsque la pompe est entraînée par un moteur électrique, les vitesses courantes sont généralement de l'ordre de 2500 tr/min ou jusqu'à 4000tr/min. Il est essentiel de respecter cette vitesse nominale pour garantir les performances et la durabilité de la pompe.

$$q_v = C * n \quad \text{...(I-1)}$$

➢ Puissance (P)

Une pompe hydraulique est toujours accouplée mécaniquement à une source motrice, comme un moteur électrique ou un moteur thermique. Le rôle de cette source motrice est de fournir une puissance mécanique en rotation à l'arbre de la pompe, ce qui permet de mettre en mouvement les pièces internes de la pompe pour créer le déplacement du fluide. Ainsi, la pompe hydraulique transforme l'énergie mécanique provenant de sa source motrice en énergie hydraulique, qui est utilisée pour déplacer le fluide à travers le système hydraulique.

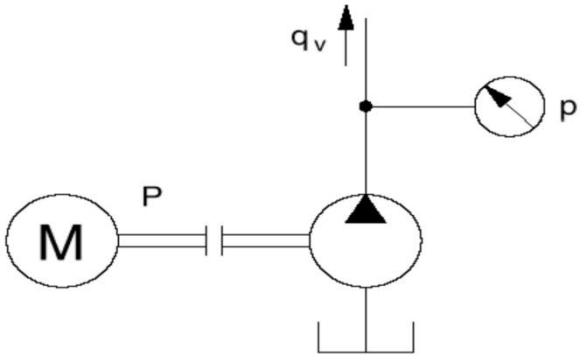


Figure I-4 Puissance d'une pompe. [1]

➢ Rendement volumétrique η_{Vol}

Le rendement volumétrique d'une pompe hydraulique volumétrique est le rapport entre le débit réellement délivré par la pompe et le débit théorique idéal. En d'autres termes, il mesure l'efficacité avec laquelle la pompe transfère le fluide.

Le débit théorique idéal est calculé en fonction du volume de fluide déplacé par la pompe par unité de temps. Cependant, en pratique, il y a souvent des fuites internes et des pertes de charge qui réduisent le débit réellement délivré par la pompe.

Le rendement volumétrique est donc exprimé en pourcentage et représente la proportion du débit théorique idéal réellement délivré par la pompe. Un rendement volumétrique élevé indique une pompe efficace pour transférer le fluide.

➢ Rendement mécanique $\eta_{Méc}$

Pendant le fonctionnement d'une pompe hydraulique volumétrique, les pièces mobiles internes se déplacent par rapport à des pièces fixes, avec un jeu rempli d'huile assurant la lubrification des pièces en mouvement.

L'huile, soumise à des forces de cisaillement, oppose une résistance en raison de sa viscosité, créant ainsi du frottement visqueux. De plus, les pièces mobiles sont soumises aux forces de pression du fluide, générant du frottement dynamique. Le couple réel fourni à la pompe doit être suffisamment élevé pour vaincre ces forces de friction.

Le rendement mécanique représente le pourcentage du couple réellement transmis à la pompe, par opposition à celui utilisé pour vaincre les forces de friction. Par exemple, un rendement mécanique de 90 % signifie que 90 % du couple est transmis à la pompe, tandis que les 10 % restants sont utilisés pour surmonter les forces de friction.

➢ Rendement total η_{Total}

Le rendement total d'une pompe hydraulique volumétrique est le produit du rendement volumétrique et du rendement mécanique. L'équation mathématique du rendement total est la suivant :

$$\eta_{total} = \eta_{volumétrique} * \eta_{mécanique} \quad \textbf{...(I-2)}$$

Et peut également être défini comme le rapport de la puissance de sortie (puissance hydraulique) à la puissance d'entrée (puissance mécanique :

η_{total} = puissance de sortie / puissance d'entrée

Le rendement total est exprimé en pourcentage, et il représente l'efficacité globale de la pompe à convertir l'énergie mécanique en énergie hydraulique. Un rendement total élevé indique une pompe efficace et performante.

1.3 Principaux types de pompes volumétriques

Effectivement, bien que les types de pompes hydrauliques volumétriques puissent varier en termes de nature et d'agencement des pièces internes, leur rôle fondamental reste le même « faire circuler un liquide ». Leur fonctionnement repose sur un principe commun : lorsque la pompe est mise en marche par une source motrice, les pièces mobiles internes se déplacent, créant ainsi un vide partiel dans la canalisation du côté d'admission de la pompe. Sous l'effet de la pression atmosphérique, le liquide est alors poussé vers l'admission de la pompe depuis le réservoir. Ensuite, le liquide est entraîné par les pièces mobiles et refoulé vers le système hydraulique à actionner. Ce processus est essentiellement le même pour tous les types des pompes hydrauliques volumétriques.

On a 2 types de pompe volumétrique : pompe rotative et alternatives

1.3.1 Pompes rotatives

Le terme "pompe rotative" fait référence à un type de pompe où un élément rotatif est utilisé pour déplacer le fluide. Contrairement aux pompes alternatives qui utilisent des mouvements linéaires, les pompes rotatives utilisent un mouvement rotatif pour transférer le fluide. Les pompes rotatives peuvent prendre différentes formes, telles que les pompes à engrenages, les pompes à vis, les pompes à palettes, et les pompes à lobes. Elles sont souvent utilisées dans des applications nécessitant un débit continu et régulier, telles que le transfert de liquides visqueux ou le pompage de fluides à haute pression.

1.3.1.1 Pompes à engrenage

Les pompes hydrauliques volumétriques à engrenage sont caractérisées par leur simplicité de construction et leur faible nombre de pièces mobiles internes, ce qui en fait des équipements relativement peu coûteux à produire. Cependant, elles présentent quelques limitations, notamment un rendement volumétrique relativement faible (η_v). De plus, les pompes à engrenage sont à cylindrée fixe, ce qui signifie que leur débit ne peut pas être ajusté une fois qu'elles sont en fonctionnement.

Comme leur nom l'indique, les pompes à engrenage sont constituées de deux roues dentées qui s'engrènent l'une dans l'autre. Il existe deux principales catégories de pompes à engrenage :

➢ Pompes à engrenage externe

Dans ce type de pompe, l'engrenage est situé à l'extérieur du boîtier de la pompe. Lorsque les roues tournent, ils aspirent le fluide dans la chambre d'aspiration et le refoulent dans la chambre de refoulement.

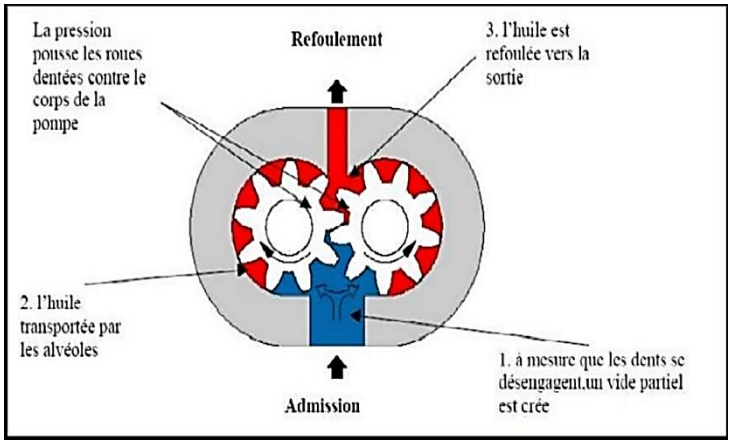


Figure I-5 Pompe a engrenage externe. [2]

➢ Pompes à engrenage interne

Dans ce type de pompe, une roue interne tourne à l'intérieur d'une roue externe. Le mouvement de rotation de la roue interne crée des zones d'aspiration et de refoulement pour le fluide. Il existe deux types de pompes à engrenage interne :

• Pompe à engrenage interne à croissant

La pompe à engrenage interne à croissant comprend deux roues à denture, soit une roue à denture interne et une roue à denture externe, lesquelles sont séparées par un Croissant fix. [5]

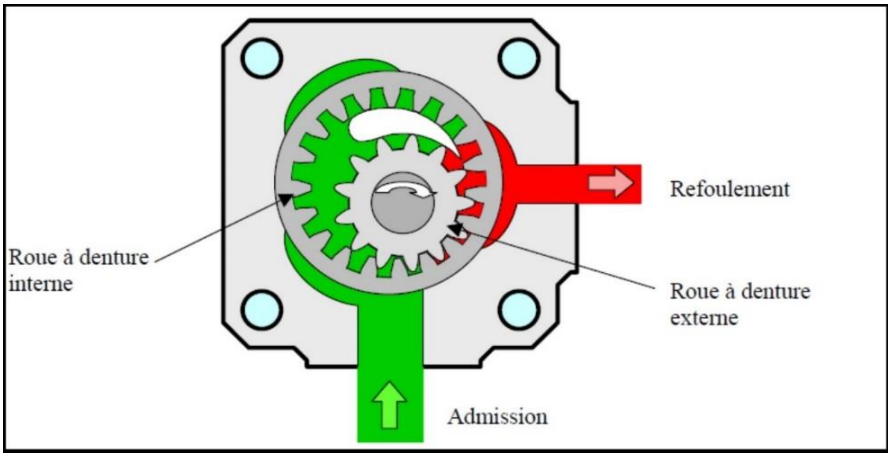


Figure I-6 Pompe à engrenage interne à croissent. [1]

- **Pompe à engrenage interne (Gérotor)**

La figure suivante illustre la pompe à engrenage interne (Gérotor) :

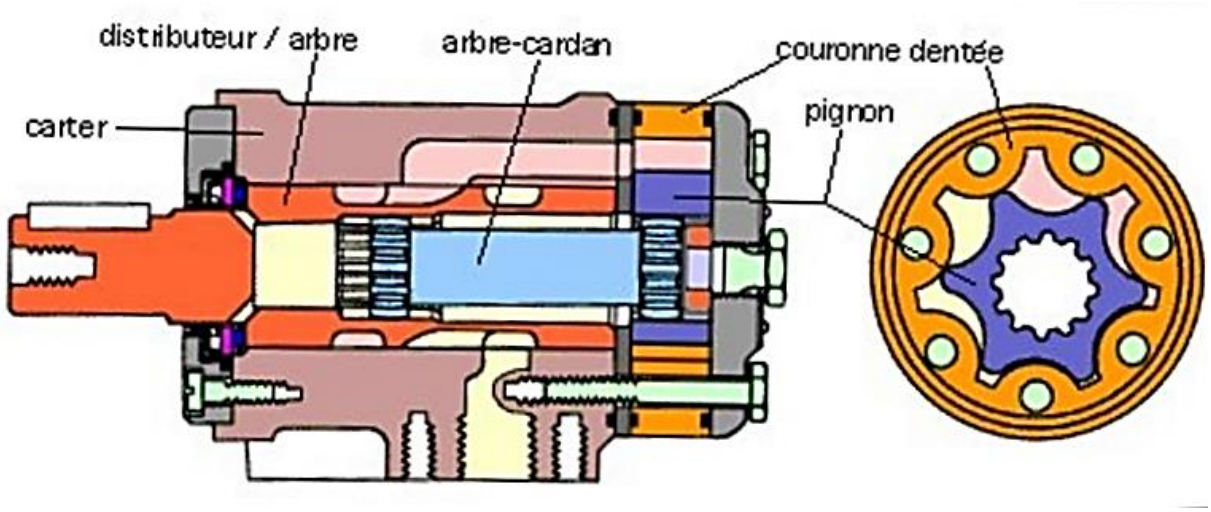


Figure I-7 Pompe Gé rotor (engrenage interne). [2]

Ces deux types de pompes à engrenage sont largement utilisés dans une variété d'applications industrielles pour le pompage de liquides à viscosité moyenne à élevée.

1.3.1.2 Pompe à avis

La pompe à vis est un appareil puissant pour les produits à haute viscosité, à remplissage élevé, à gros grains ou même fibreux. Elle permet donc de pulvériser sans problème du crépi. Elle fait ainsi partie des pompes les plus robustes et dont l'utilisation est très simple. [3]

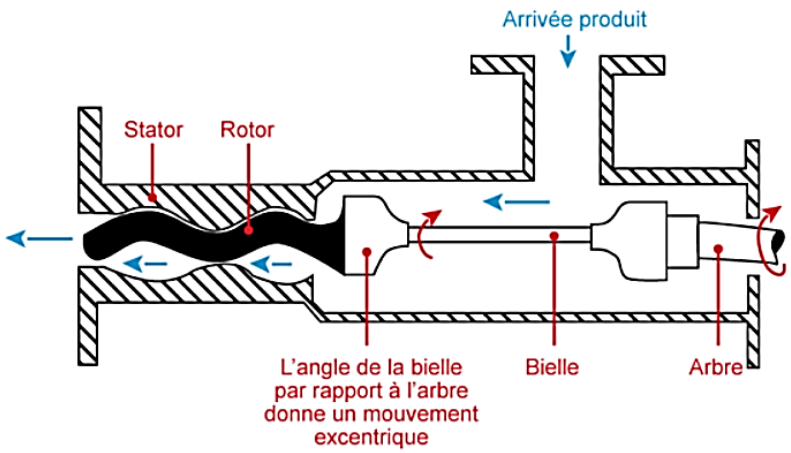


Figure I-8 Pompe à vis

1.3.1.3 Pompe à palettes

Les pompes hydrauliques volumétriques à palettes (Figure 9) sont fréquemment utilisées parce qu'elles ont un bon rendement volumétrique (ηv). Elles offrent généralement un meilleur rendement volumétrique que les pompes à engrenage. [5]

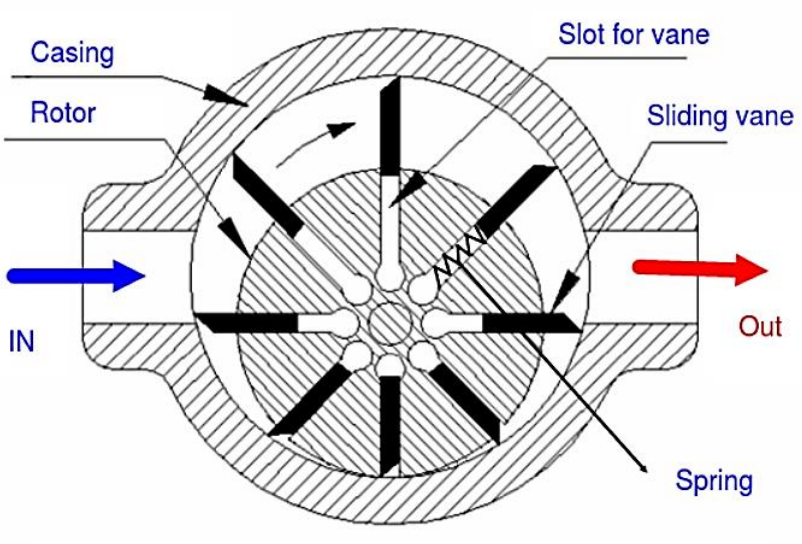


Figure I-9 Pompe à palettes

1.3.1.4 Pompe à lobes

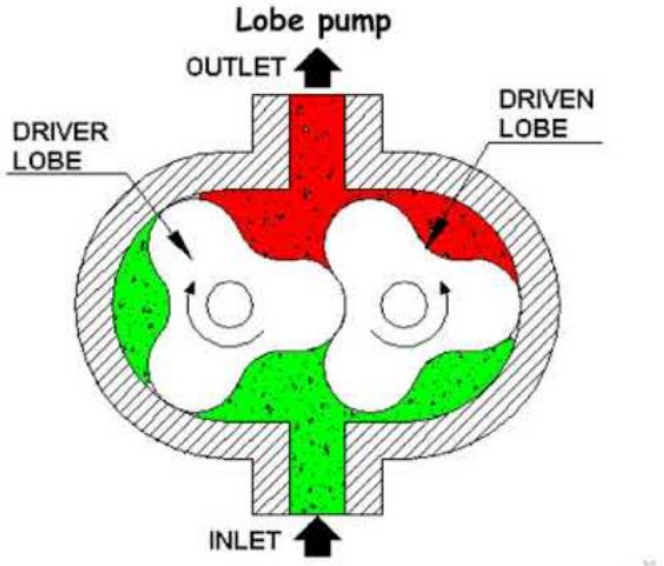


Figure I-10 Pompe à lobes

1.3.2 Pompes alternatives

Une pompe alternative est un type de pompe qui utilise un mouvement alternatif, généralement linéaire, pour transférer le fluide. Elle se compose d'un piston ou d'un diaphragme qui se déplace de manière alternée à l'intérieur d'un cylindre, créant ainsi des

cycles d'aspiration et de refoulement du fluide. Les pompes alternatives sont utilisées dans une variété d'applications, notamment le pompage de liquides à haute pression, le dosage précis de produits chimiques et le pompage de fluides visqueux. Elles offrent généralement un débit pulsatoire et peuvent être entraînées par des moteurs électriques, des moteurs à combustion interne ou d'autres sources d'énergie.

1.3.2.1 Pompe à pistons

- **Pompe à piston radiaux**

De conception globale plus complexe, mais plus onéreuse que les pompes précédentes, elles peuvent être à débit constant ou variable. Elles sont beaucoup employées en matériels agricoles.

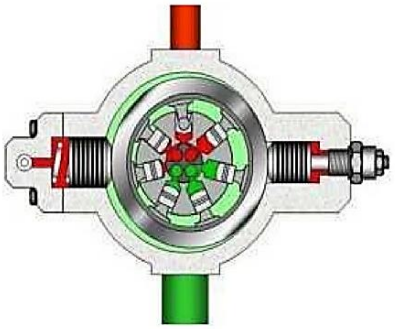


Figure I-11 Pompe à pistons radiaux. [2]

- **Pompe à piston axiaux**

La **figure 12** Montre le deuxième type d'une pompe à piston (pompe à piston axiaux)

1_corps

2_plateau face ou inclinable

3_patin de glissement

4_piston

5_barillet

6_glace de distribution

7_arbre de pompe

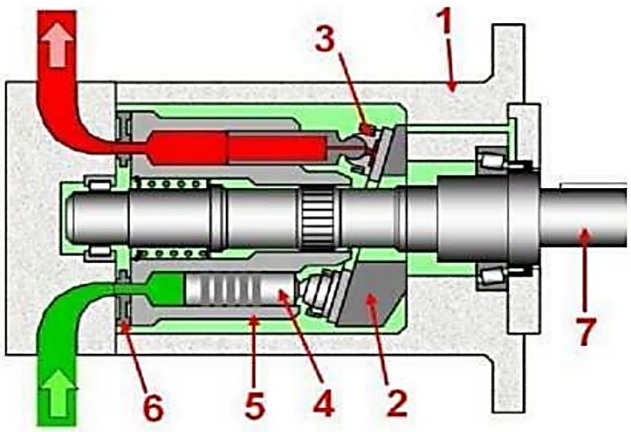


Figure I-12 Pompe à pistons axiaux. [2]

➢ Pompe à membrane

Les pompes à membrane sont du type volumétrique alternatif. L'étanchéité de la pompe est assurée par une membrane déformable. Le mouvement de la membrane peut être engendrée mécaniquement ou hydrauliquement par une excentrique mû par un moteur, un piston, un moteur linéaire, une vibration électromagnétique ou actionnée par de l'air comprimé.

Les pompes à membrane sont considérées comme des pompes sans joints. Les clapets de la pompe à membrane viennent fermer et ouvrir le passage du liquide. Le débit est facilement réglable en faisant varier la vitesse de rotation de la pompe. [4]

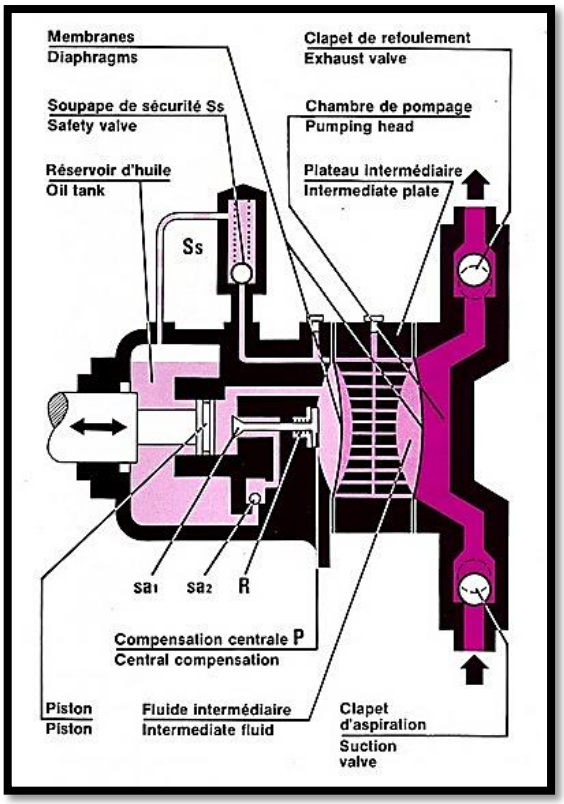


Figure I-13 Pompe à membrane

1.4 Principe de fonctionnement d'une pompe volumétrique

Le principe de fonctionnement d'une pompe volumétrique repose sur le déplacement mécanique d'un volume fixe de fluide à chaque cycle de fonctionnement. Contrairement aux pompes roto-dynamiques qui transmettent de l'énergie cinétique au fluide, les pompes volumétriques utilisent des chambres de volume variable pour aspirer et refouler le fluide.

Le processus comprend généralement les étapes suivantes :

1. Aspiration : La pompe crée un vide partiel dans sa chambre d'aspiration, ce qui permet au fluide de pénétrer dans la pompe depuis le réservoir ou la source.

2. Transfert : Les pièces mobiles internes de la pompe se déplacent, réduisant ainsi le volume de la chambre et comprimant le fluide.

3. Refoulement : Une fois le fluide comprimé, il est expulsé de la pompe dans le système hydraulique à travers la chambre de refoulement.

Ce processus se répète continuellement pour assurer un débit constant de fluide. Les différents types de pompes volumétriques, tels que les pompes à engrenages, à piston, à lobes ou à membrane, mettent en œuvre ce principe de fonctionnement avec des configurations et des mécanismes spécifiques adaptés à leurs applications respectives.

- **Pompe à engrenage**

La **figure 14** montre le principe de fonctionnement d'une pompe à engrenage externe :

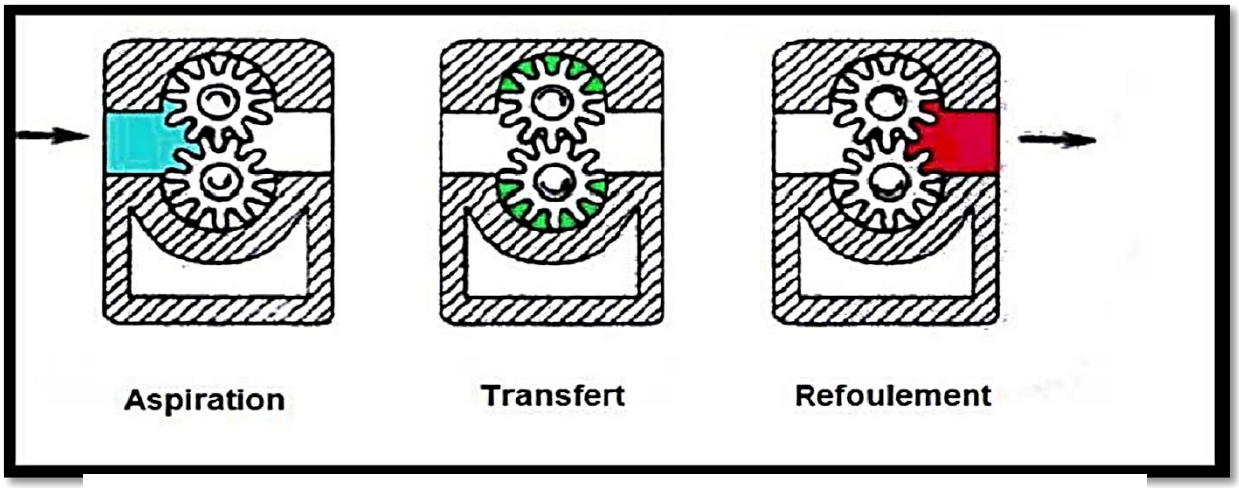


Figure I-14 Principe de fonctionnement de la pompe à engrenage externe

La **figure 15** montre le principe de fonctionnement d'une pompe à engrenage interne à croissent :

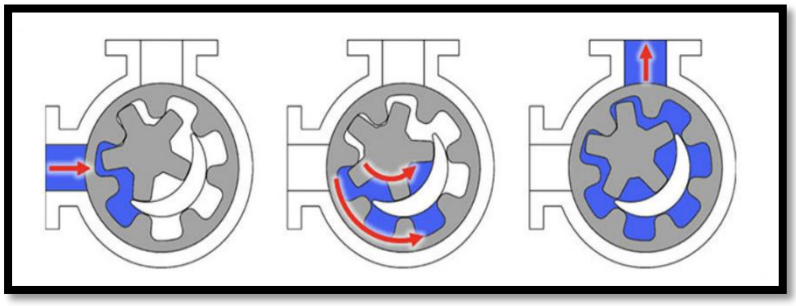


Figure I-15 Principe de fonctionnement de la pompe à engrenage interne à croissent

La **figure 16** montre le principe de fonctionnement d'une pompe à membrane.

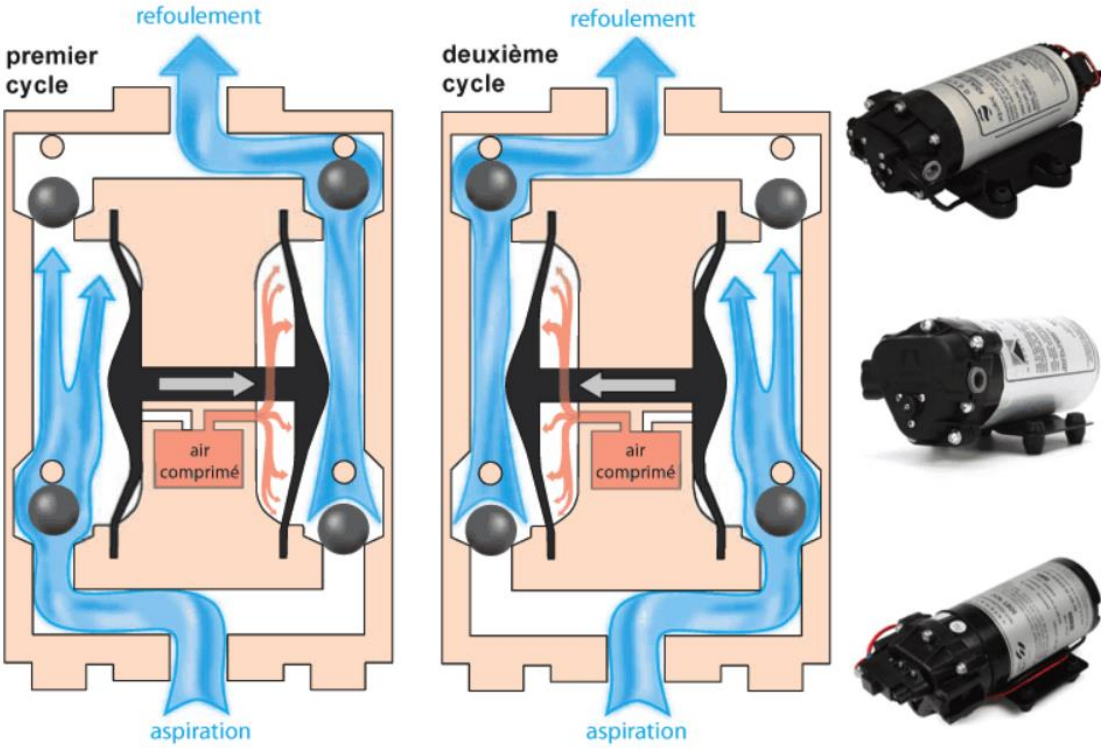
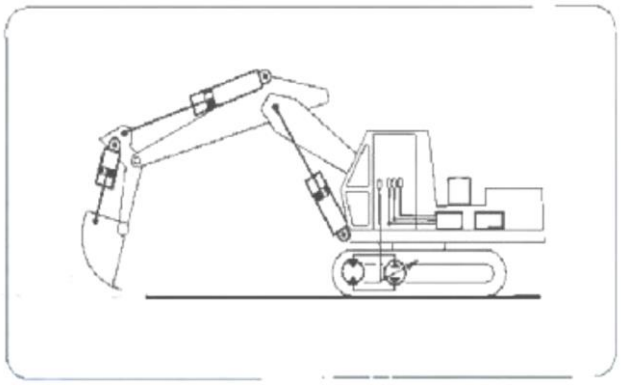


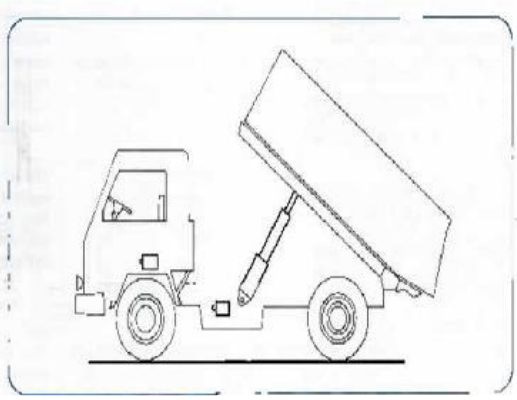
Figure I-16 Principe de fonctionnement de la pompe à membrane

1.5 Domaines d'utilisation des pompes hydrauliques

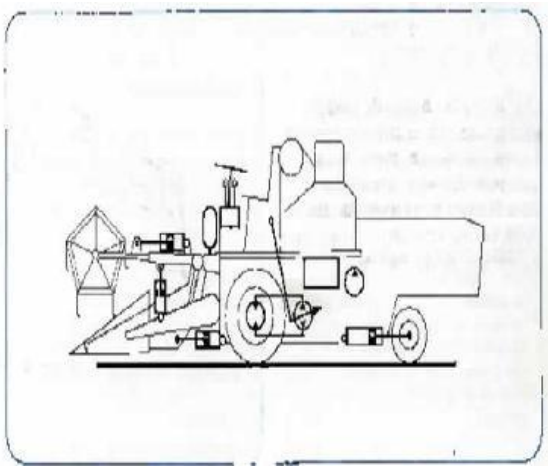
Soient les domaines industriel ou agricole nous allons les pompes comme des élément principal dans plusieurs machines ou comme des machines principales parmi eux



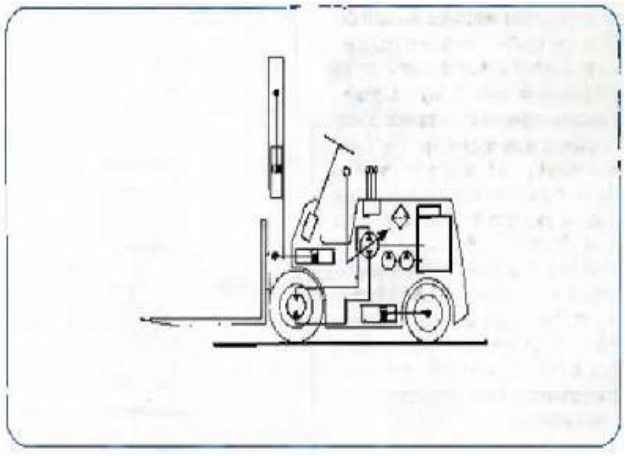
Engins de travaux publics



Véhicules industriels



Machines agricoles



Manutention

Figure I-17 Domaines d'utilisation des pompes hydrauliques. [2]

1.6 Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté une recherche bibliographique sur les pompes hydrauliques. Nous avons fait une classification et nous avons montré les caractéristiques de fonctionnement des pompes volumétriques, ensuite nous avons présenté les principaux types, les principes de fonctionnement et les domaines d'utilisations.

CHAPITRE 02

Conception du banc d'essai

2 Conception du banc d'essai

2.1 Présentation du logiciel SolidWorks

SOLIDWORKS est un logiciel de conception 3D assistée par ordinateur, fonctionnant sous Windows, il était créé en 1993 par l'éditeur américain SOLIDWORKS, puis acheté en 1997 par la Société Dassault Systèmes. Il utilise le principe de conception paramétrique et génère trois types de fichiers qui sont liés : la pièce, l'assemblage, et la mise en plan. Il permet d'effectuer des calculs de résistance des matériaux au mode statique et dynamique, donc nous avons choisi ce logiciel de CAO pour concevoir et étudie notre modèle du châssis.[5]

2.2 Le modèle à étudier

Modèle : Banc d'essai pour les pompes hydrauliques (ce banc à réalisée dans le labo d'université).

C'est quoi un banc d'essai ?

C'est un outil de test, Il est constitué d'un châssis équipé d'un réservoir, d'un circuit hydraulique et d'un moteur électrique. Ce qui permet à son tour de mesurer les caractéristiques de la pompe avant son utilisation.

2.3 Conception de la partie mécanique du banc d'essai

2.3.1 Châssis

Le châssis **(Figure 2-1)** d'un banc d'essai est la structure principale qui relie et soutient toutes les pièces du système. Il est conçu avec des renforts et des fixations spécifiques pour assurer la stabilité et la sécurité des composants, notamment le réservoir, le moteur et notre accessoire dans. En fournissant des points de fixation prédéfinis, le châssis facilite l'installation et la configuration du banc d'essai, tout en assurant que les composants sont solidement ancrés pour résister aux charges et aux forces générées pendant les essais.

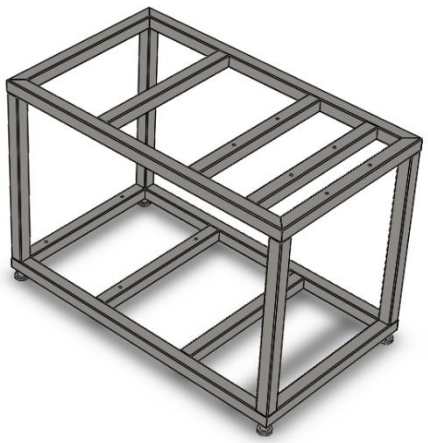


Figure 2-1 Conception du châssis

2.3.2 Accouplement

La **figure 2** Montre l'accouplement flexible utilisé dans la conception :

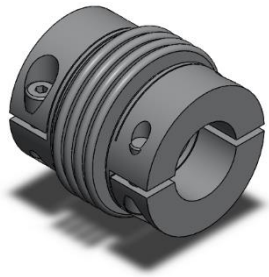


Figure 2-2 Accouplement

2.3.3 Réservoir

Le réservoir d'eau du banc d'essai est un élément essentiel qui permet de stocker et de distribuer l'eau aux pompes pour le fonctionnement du circuit hydraulique. Il assure une circulation efficace de l'eau, avant de la ramener et de la stocker pour une utilisation ultérieure.

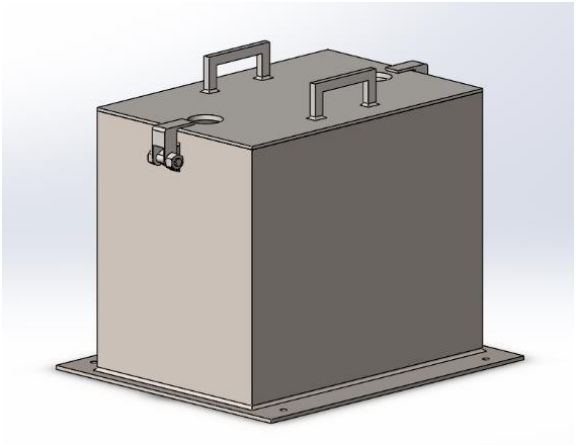


Figure 2-4 Conception du réservoir

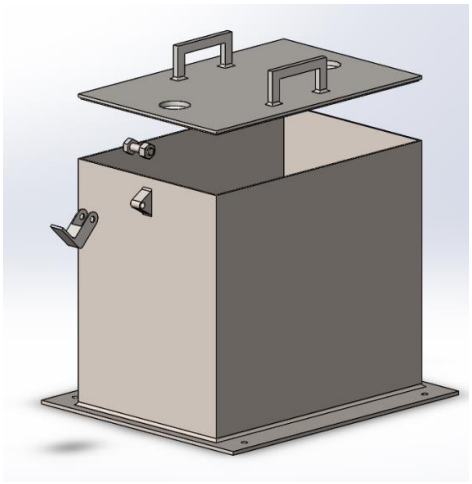


Figure 2-3 Vue éclatée du réservoir

- **Forme :** Rectangulaire.
- **Capacité de réservoir :** 54 L
- **Poids net :** 33.54 K

2.3.4 Plaque de fixation du moteur électrique

Une plaque pour la fixation du moteur électrique

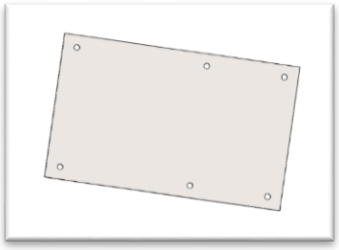


Figure 2-5 Plaque de fixation du moteur électrique

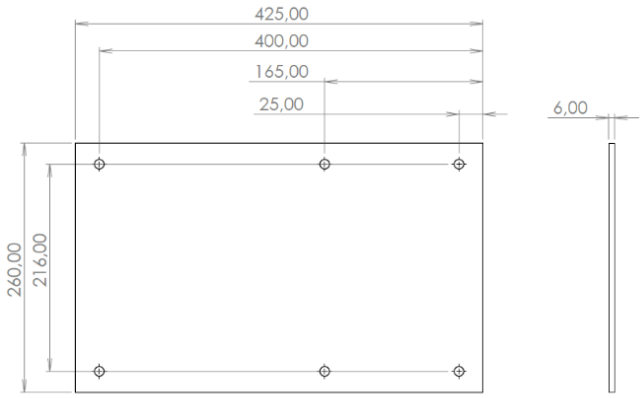


Figure 2-6 Dimensions de la plaque de fixation du moteur électrique

2.3.5 Support de fixation de la pompe

Ce support est utilisé pour fixer la pompe sur le châssis.

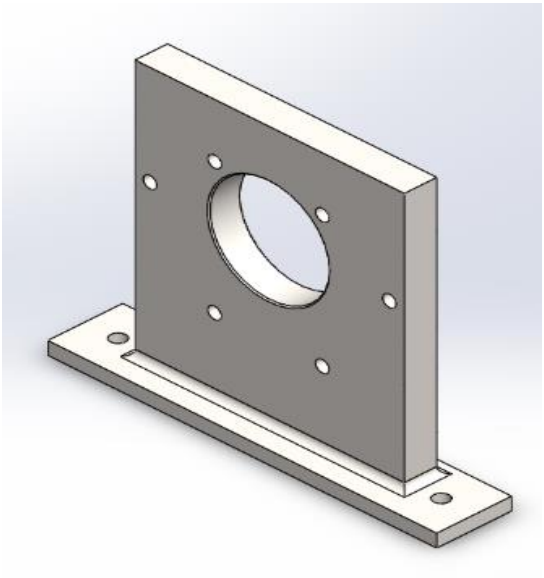


Figure 2-7 Support de fixation de la pompe

2.3.6 Support de fixation du circuite hydraulique

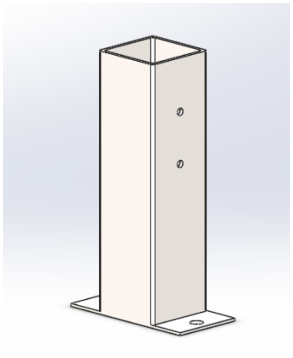


Figure 2-8 Support du circuit hydraulique

2.4 Conception de la partie électrique

2.4.1 Moteur électrique

Le moteur est la party motrice qui fournit l'énergie nécessaire pour actionner le système mécanique dans la pompe.

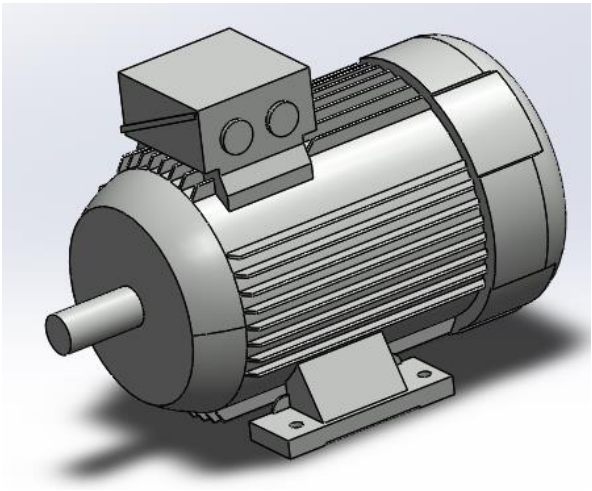


Figure 2-9 : Moteur SolidWorks

Nous utilisons un moteur standard de vitesse de rotation de4000 tr/min.

2.4.2 Débitmètre

Le débitmètre (**figure 2.10**) est un appareil qui permet de mesurer le débit circulant dans les conduits. On a plusieurs modèles de technologie existent sur le marché. Le modèle débitmètre électromagnétique est un compteur volumétrique basé sur le principe des ondes électromagnétiques sur fluides conducteurs. Sa conception ne comprend pas de pièces mobiles. Il est particulièrement adapté pour les fluides à base d'eau. [6]

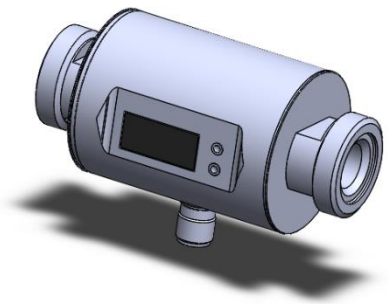


Figure 2-10 Débitmètre

Quelques caractéristiques de ce débitmètre :

- ✓ Type de débitmètre : débitmètre électromagnétique.
- ✓ Plage de débit : 0.2 … 100 L/min
- ✓ Température de fluide : -10…70 C
- ✓ Tenu en pression : 16 Bar

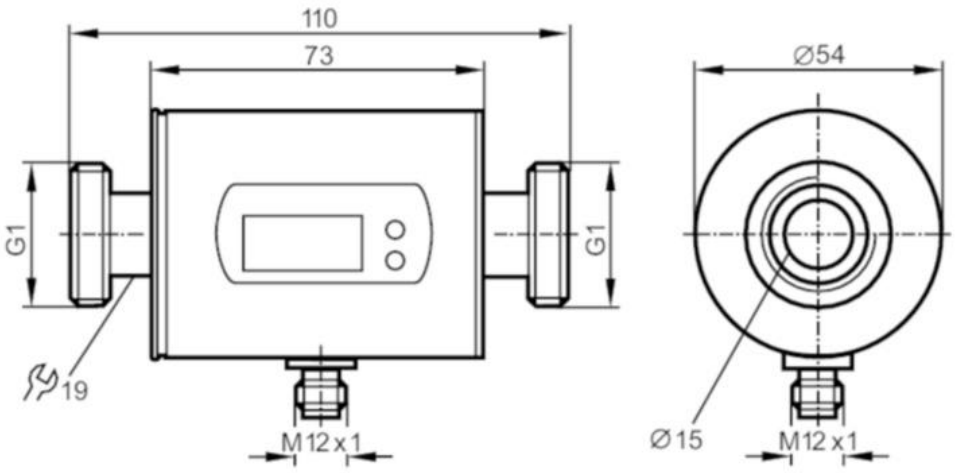


Figure 2-11 Mise en plan du débitmètre

2.5 Conception de la partie hydraulique

2.5.1 La pompe

La **figure 2.12** montre la conception mécanique de pompe à engrenage externe sur SolidWorks

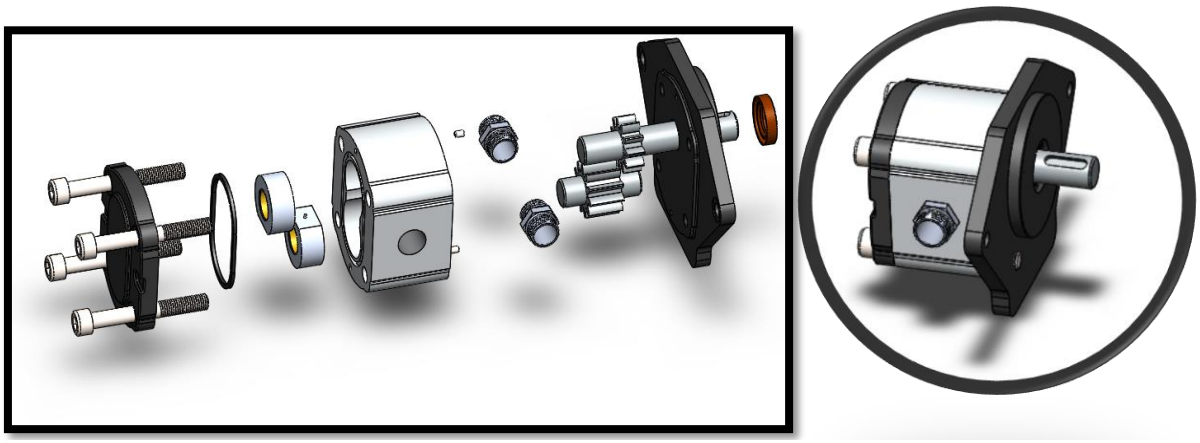


Figure 2-12 Modélisation de la pompe.

2.5.2 Manomètre

Un manomètre (**figure 2.13**) est un dispositif qui mesure et affiche la pression à l'intérieur d'un circuit hydraulique.

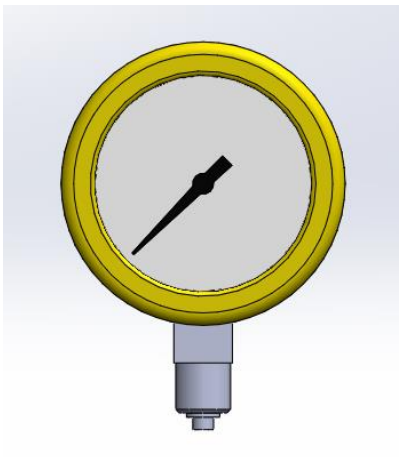


Figure 2-13 Manomètre.

2.5.3 Les conduites

Les conduites, nous avant utilise deux types, à l'aspiration conduit multicouche et dans le refoulement, nous utilisons le deuxième type flexible parce que la pression elle est plus haut.



Figure 2-15 conduite multicouche.



Figure 2-14 Conduit flexible.

2.6 Autres accessoires

2.6.1 Coudes

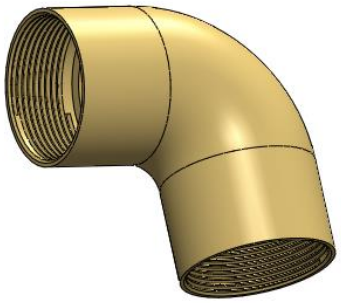


Figure 2-16 Modélisation d'un coude.

2.6.2 Mamelons

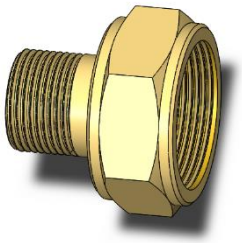


Figure 2-17 Modélisation d'un mamelon (male-femelle).

2.6.3 Te

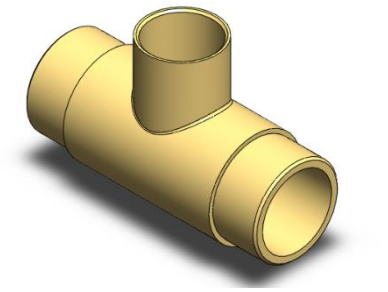


Figure 2-18 Modélisation d'un Te (male-femelle-male).

2.6.4 Vanne

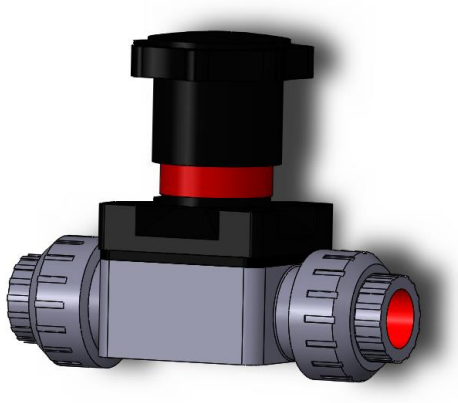


Figure 2-19 Vue d'ensemble d'une vanne.

2.6.5 Entonnoir

L'entonnoir (**figure 2. 20)** est utilisé pour assurer une bonne aspiration

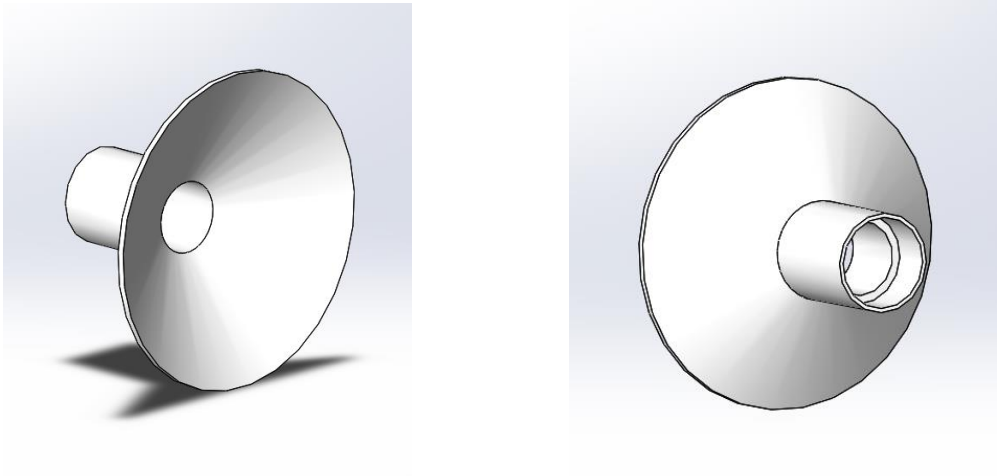


Figure 2-20 Modélisation de l'entonnoir.

2.7 Assemblage du banc d'essai

Une fois la conception des composants du banc d'essai est terminée, on commencera le processus d'assemblage, dans le but d'obtenir une conception mécanique finale et prête pour une exécution réelle, les étapes suivies durant le processus d'assemblage sous SolidWorks sont :

2.7.1 Assemblage 01

Dans cette étape on a procédé à l'assemblage du châssis et à la fixation de réservoir et les supports fixes comme présenté la **figure 2.21**

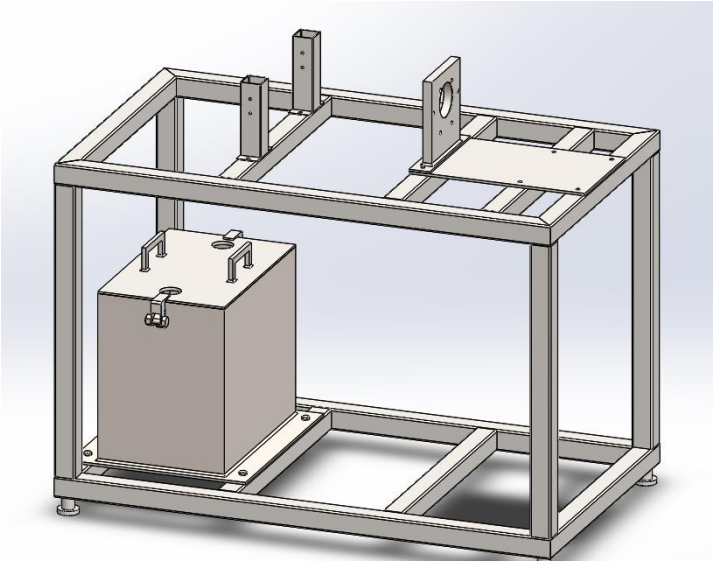


Figure 2-21 Assemblage 01

2.7.2 Assemblage 02

Dans cette étape on a procédé à l'assemblage de la pompe et le moteur sur le châssis puis on va accouplée ce dernier par un accouplement comme présenté sur la **figure 2.22.**

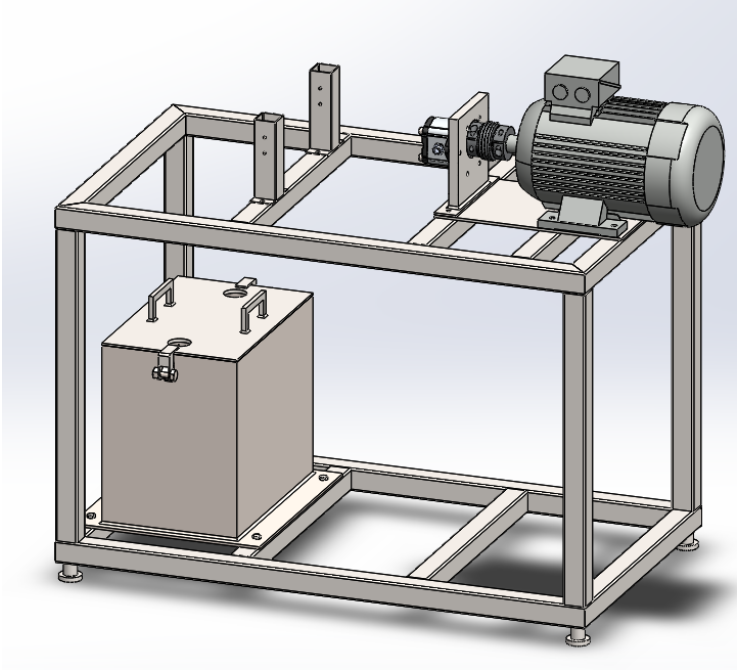


Figure 2-22 Assemblage 02

2.7.3 Assemblage final

En fin la **figure 2.23** présente l'assemblage final de toutes les parties et composent du banc d'essai, le circuit hydraulique avec ces accessoires, les appareils de mesures.

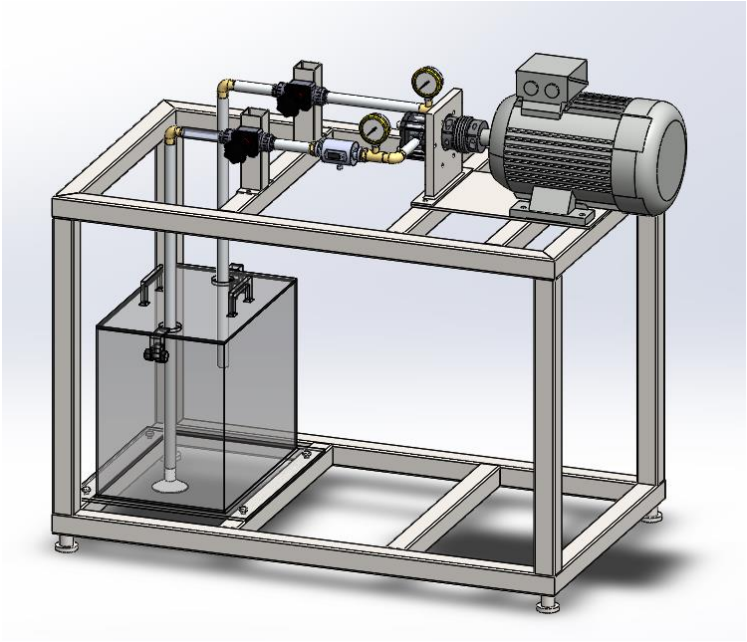


Figure 2-23 Assemblage final.

2.8 Conclusion

Après avoir terminé notre conception de châssis et les différentes pièces et parties du banc d'essai, nous avons assemblé toutes les pièces sous SolidWorks. Donc est-ce que notre châssis supporte les charges appliques ?!

CHAPITRE 03

Etude et Simulation Numérique sous SolidWorks

3 Simulation Numérique sous SolidWorks

La résistance des matériaux étudie le comportement des solides déformables. Elle est intéressée Notamment en termes de calcul des dimensions des systèmes mécaniques afin qu'ils puissent Résister aux efforts exercés lors de son utilisation dans les conditions de sécurité requises.

Dans ce chapitre nous étudierons des simulations numériques pour répondre aux exigences de bonnes Manipulation et bonnes propriétés mécaniques.

3.1 Efforts appliqués au châssis

3.1.1 Efforts appliqués au repos

Le rôle de notre châssis c'est supporté la plupart des masses de système hydraulique telles que la masse de la pompe, les accessoires et sans oublier les masses de moteur et le réservoir plein.

Donc au repos il est soumis aux charges de ces derniers.

3.1.2 Flexion du châssis

Lors ce châssis supporté la charge, il est subit une flexion suite au niveau entre les points des fixations.

3.2 Méthode de calcul

Les calculs de la structure par élément finis est nécessaire pour la validation de la conception du châssis, elle nous permet d'optimiser la conception du châssis face aux limitations des contraintes ainsi de dégager les points fiables de la structure.

3.2.1 Logiciel utilisé

Nous avons utilisé le logiciel professionnel de calcul SolidWorks pour effectuer la simulation.

Les différentes études utilisent le système d'unités montre par le tableau suivant :

Système d'unités	Unité
Longueur/Déplacement	Mm
Température	Kelvin
Vitesse angulaire	Rad/sec
Pression/ Contrainte	MPa
Force	N
Masse	Kg
Temps	S

Tableau 3-1 Unités utilisées

3.3 Propriétés du modèle

3.3.1 Section

Pour la conception du châssis, nous avons utilisé des poutrelles de profil RHS 50x50x2.5.

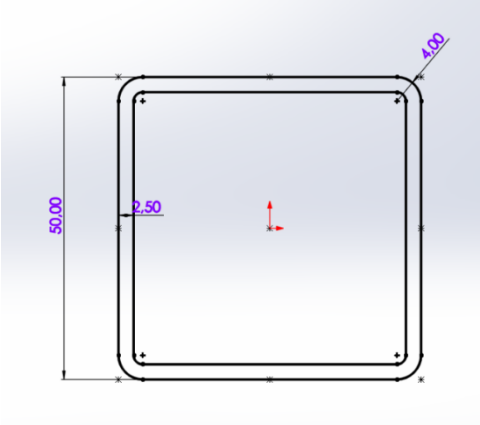


Figure 3-1 profile des poutrelles utilisées pour la conception du châssis

3.3.2 Matériau

Pour l'étude et la réalisation du châssis, nous utilisons l'acier S185 comme un matériau de fabrication. Ce type d'acier est utilisé pour les constructions mécaniques et métalliques générales assemblées ou soudées.

Le tableau suivant indique les propriétés du matériau S185 extrait de la bibliothèque de SolidWorks

Nom	1.0035 (S185)
Type du module	Linéaire élastique isotrope
Module d'élasticité (MPa)	210000
Coefficient de poisson	0.28
Masse volumique (Kg/m^3)	7800
Résistance à la rupture à la traction (MPa)	290
Limite d'élasticité (MPa)	175

Tableau 3-2 Caractéristique mécanique du matériau S185

3.3.3 Les caractéristiques géométriques du modèle

Masse=48.7 Kg

Volume=62.43 mm^3

Superficie=48.85*10^5 mm^2

Les coordonnées de centre de gravité sont exprimées comme suit :

X=0

Y=0

Z=0

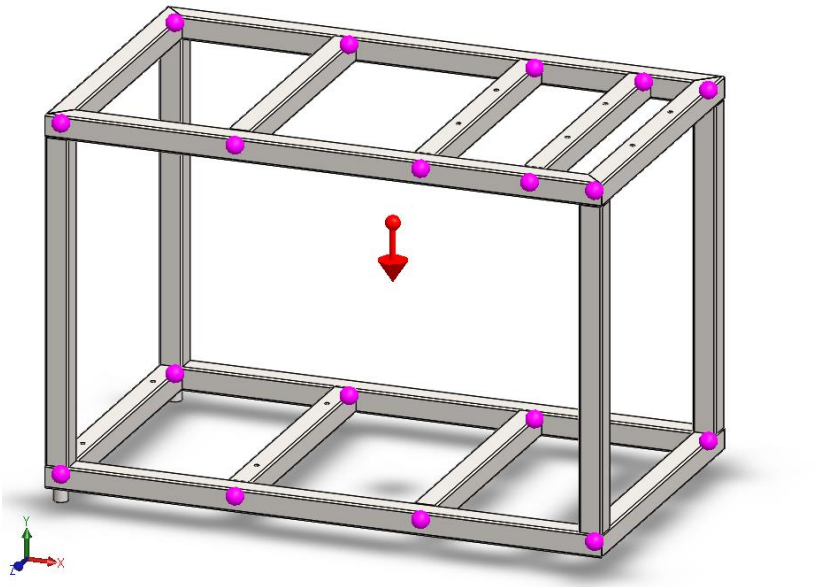


Figure 3-2 Position du centre de gravité du banc

Les coordonnées de centre gravité sont montrées par la figure suivante :

3.4 Analyse statique

Propriétés de l'analyse statique

Nom des études	Etude statique de châssis
Type d'analyse	Analyse statique
Type de maillage	Maillage mixte
Effets thermique	Inclure des chargements thermiques
Température de déformation nulle	298 kelvins
Inclure la pression du fluide calculée par SolidWorks flow simulation	Désactivé
Type de solveur	Automatique
Faible raideur	Activé
Relaxation	Activé
Option de contact solidaire incompatible	Automatique
Grand déplacement	Désactivé
Vérifier les forces externes	Activé
Friction	Désactivé
Méthode adaptative	Désactivé

Tableau 3-3 Propriétés des études de l'analyse statique

3.4.1 Maillage appliqué

Pour lancer l'étude statique nous avons utilisé un maillage mixte.

Le maillage est une étape fondamentale de la simulation où le modèle doit être subdivisée petit élément de forme triangle, quadrilatère, tétraèdres, des prismes ou pentaèdres ainsi que des hexaèdres ou cubes.

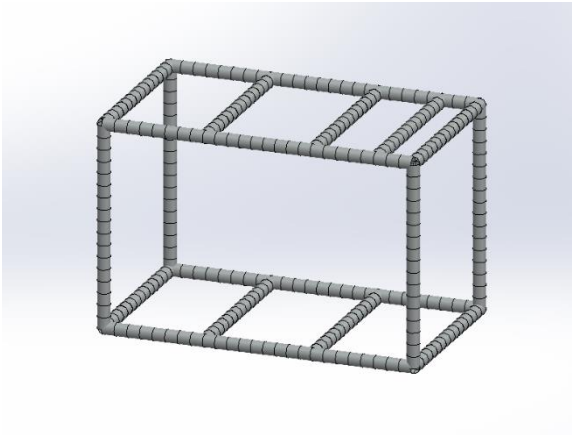


Figure 3-3 Maillage de la structure.

La figure suivante nous monte le maillage du châssis :

Les informations de maillage :

_ Total Node : 317

_ Total éléments : 309

3.4.2 Etude de flexion

Les forces appliquées :

Les chargements appliqués sur le châssis sont montrés par la figure suivante :

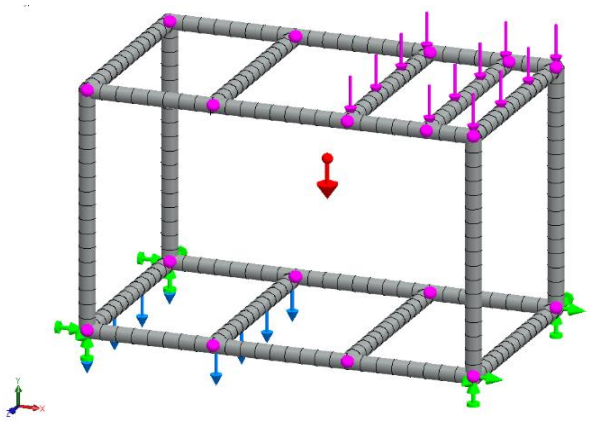


Figure 3-4 Chargements appliqués sur la structure.

- Flèches vertes : Représente les points de fixation géométrique
- Flèche rouge : Représente la force de gravité 9.81 m/s2.
- Flèches bleues : Représente la masse du réservoir plein.
- Flèches roses : Représente la masse du moteur et la pompe.

Cette configuration représente le châssis chargée avec un poids totale de 126 kg.

3.4.2.1.1 Résultats

- **La contrainte maximale due à la flexion combinée à la traction**

Le logiciel SolidWorks nous permet de calculer et visualiser les contraintes et leur répartition sur long du châssis.

Lors de cette étape, on va vérifier la tenue et le comportement mécanique du châssis envers les chargements appliqués. Alors, nous comparons la contrainte maximale obtenue lors de la simulation numérique et la contrainte admissible.

Avec, la contrainte admissible est égale à :

$$\sigma_{ad} = \frac{Re}{S} = \frac{175}{3.2} = 54.69 \text{ MPa}$$

Avec:

- Re : limite d'élasticité du matériau (S185).
- S : coefficient de sécurité nous imposons.

La figure suivante montre les résultats de visualisation de la contrainte :

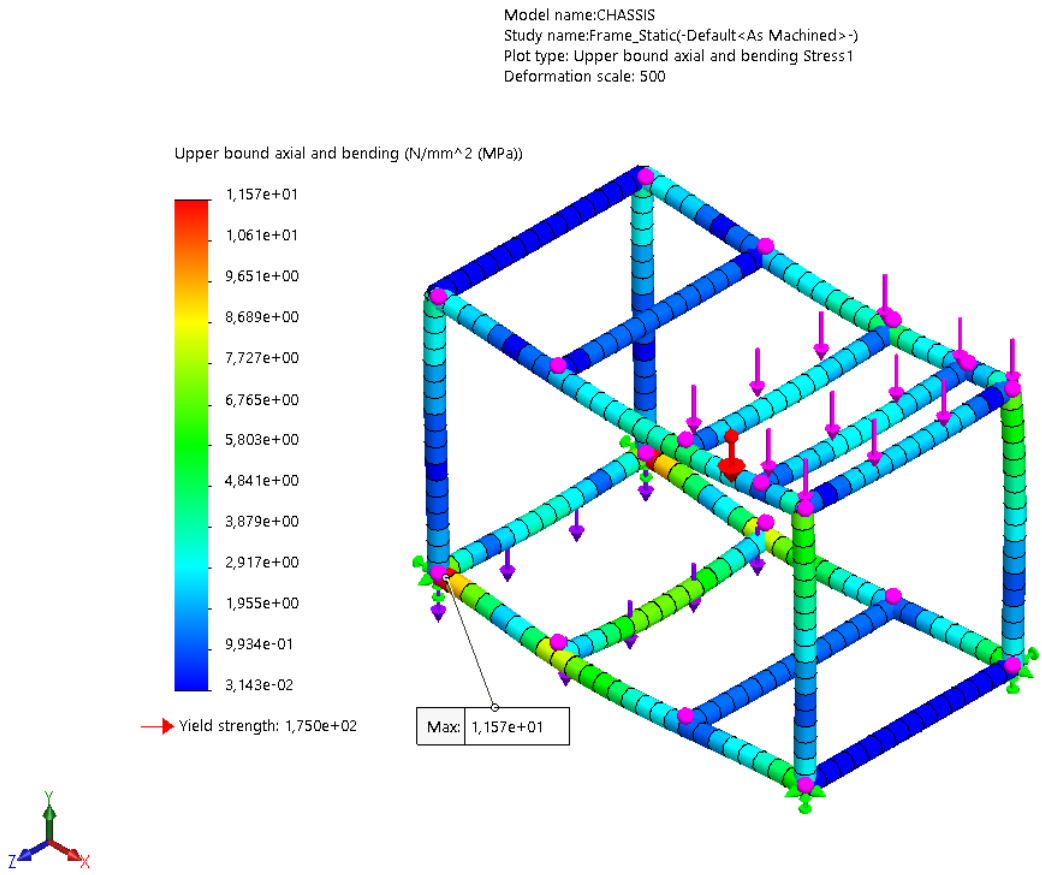


Figure 3-5 Contrainte combinée Flexion-Traction dans le châssis

Le logiciel de simulation nous donne un résultat de la valeur de la contrainte de flexion :

$$11.57 \text{ MPa} < \frac{Re}{S} = 54.69 \text{ MPa}$$

D'après ce résultat nous pouvons constater que la contrainte combinée est suffisamment inférieure à la contrainte admissible du matériau utilise (acier S185). En revanche, le châssis de structure rectangulaire présente de bonnes propriétés mécaniques en termes de résistance à la flexion.

➢ Déplacement total

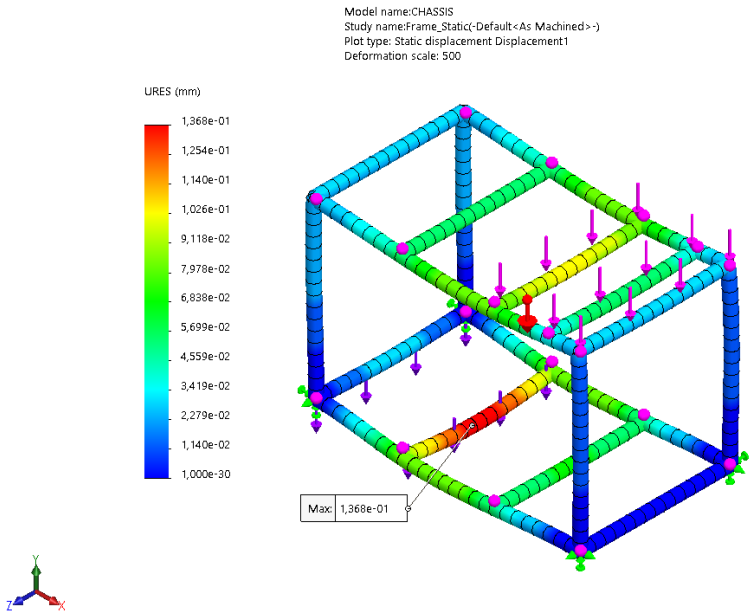


Figure 3-6 : Déplacement total du châssis sous chargements maximales.

La figure suivante montre les résultats de visualisation du déplacement total :

Le logiciel de simulation SolidWorks nous donne :

Déplacement=0.136mm

➢ Contrainte selon la direction 1

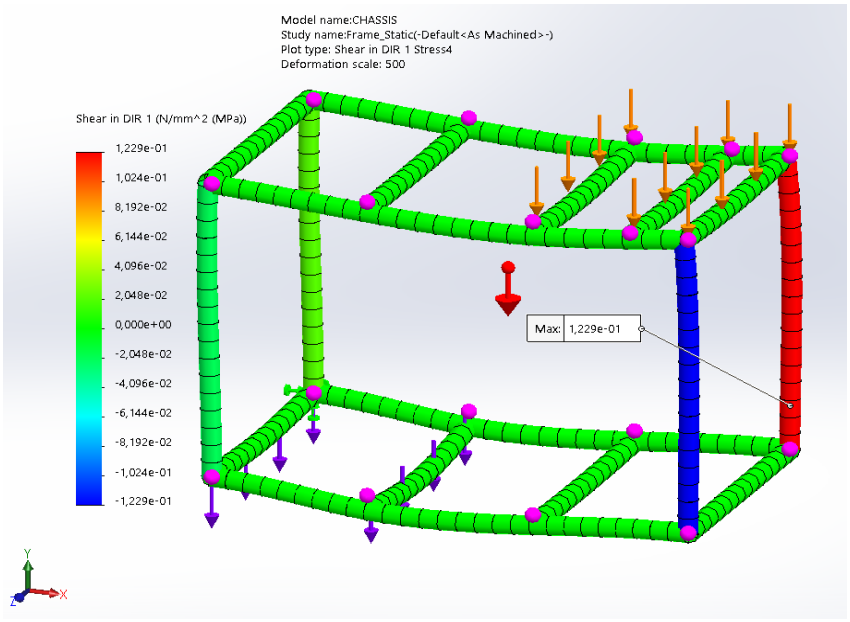


Figure 3-7 Contrainte dans le châssis selon la direction 1

Les résultats sont montrés par la figure suivante :

➢ Contrainte selon la direction 2

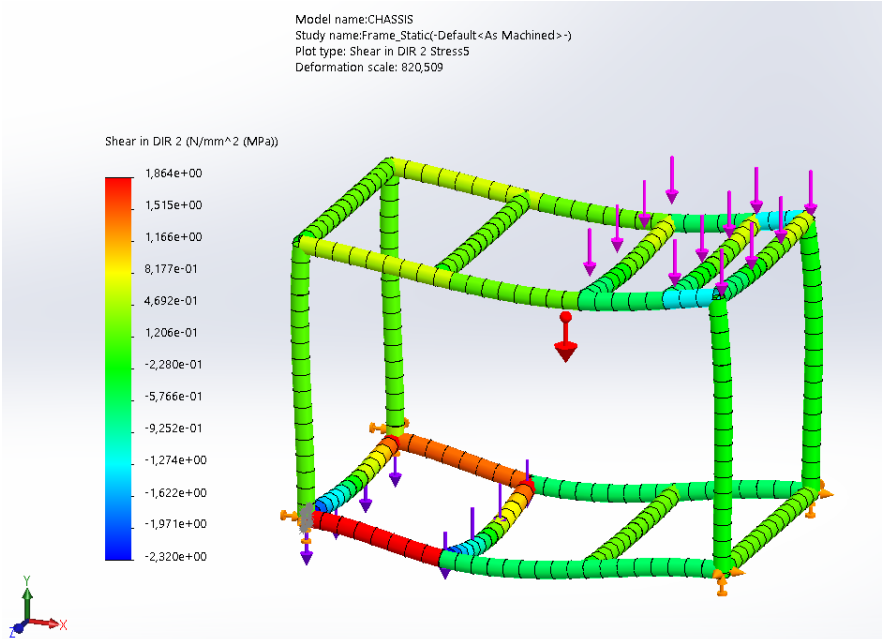


Figure 3-8 Contrainte dans le châssis selon la direction 2

Les résultats sont montre dans la figure suivent :

➢ Déplacement selon Z

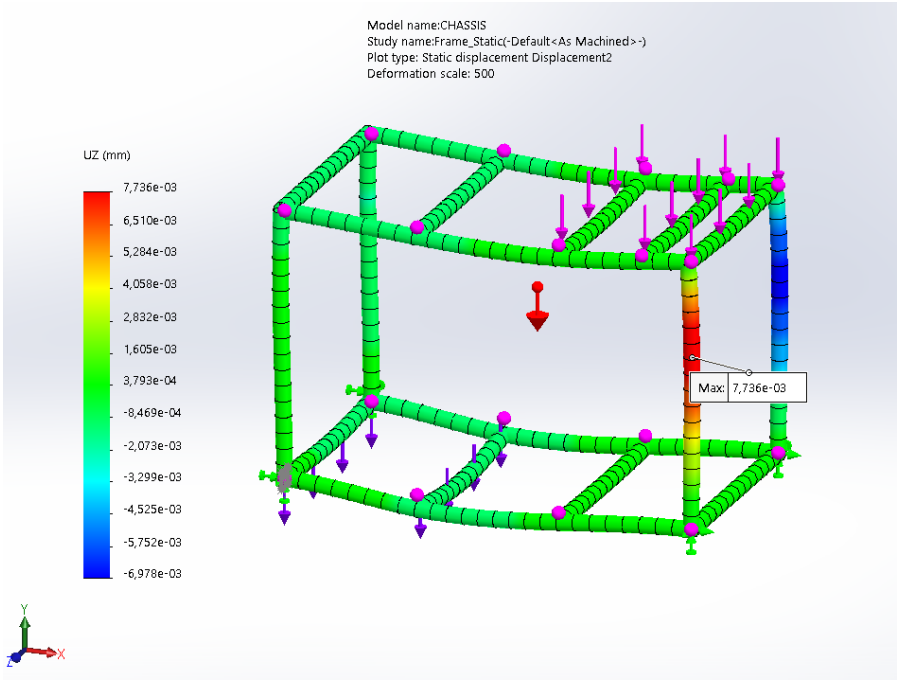


Figure 3-9 Déplacement du châssis selon la direction Z

Les résultats sont montre dans la figure suivent :

➢ Coefficient de sécurité

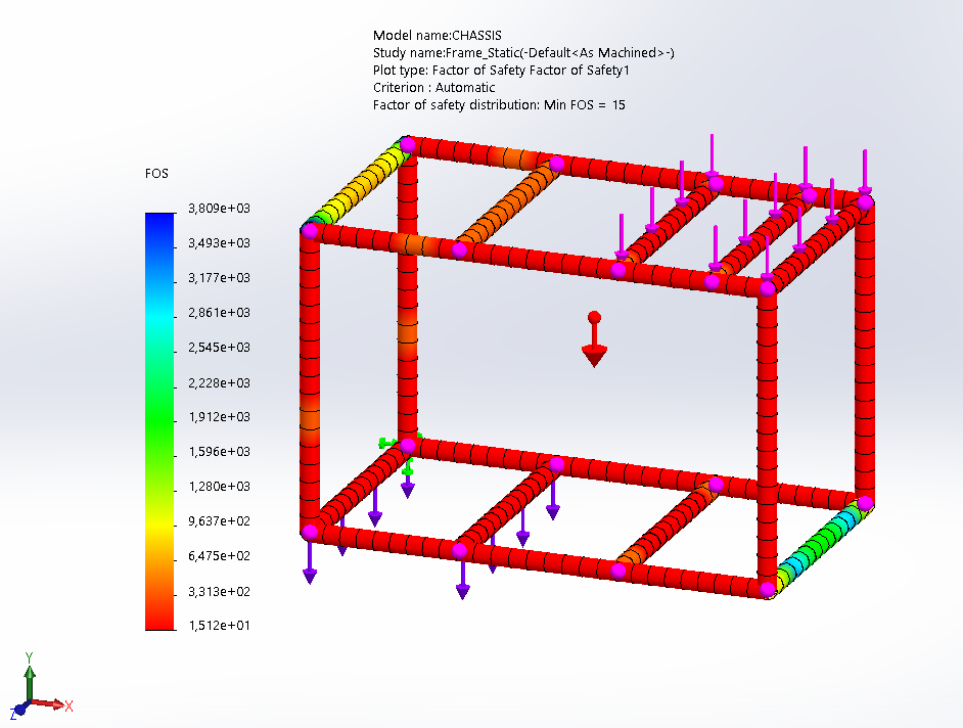


Figure 3-10 Distribution du coefficient de sécurité dans le châssis

La figure suivante présente la mesure de coefficient de sécurité :

Le logiciel de simulation SolidWorks nous donne :

$$Cs = 15.12$$

Donc, nous constatons que notre châssis est rigide.

3.4.3 Etude de torsion

➢ Contrainte de torsion

Le logiciel SolidWorks nous permet de calculer et visualiser les contraintes de torsion ainsi que leur répartition sur long du châssis.

En cette étape, nous vérifions le comportement mécanique du châssis envers les chargements appliqués. Alors, nous devons comparer la contrainte maximale obtenue lors de la simulation numérique et la contrainte admissible.

Avec, la contrainte admissible est égale à :

$$\sigma_{ad} = \frac{Re}{S} = \frac{175}{3.2} = 54.69 \text{ MPa}$$

Avec:

- Re : limite d'élasticité du matériau (S185).
- S : coefficient de sécurité imposé.

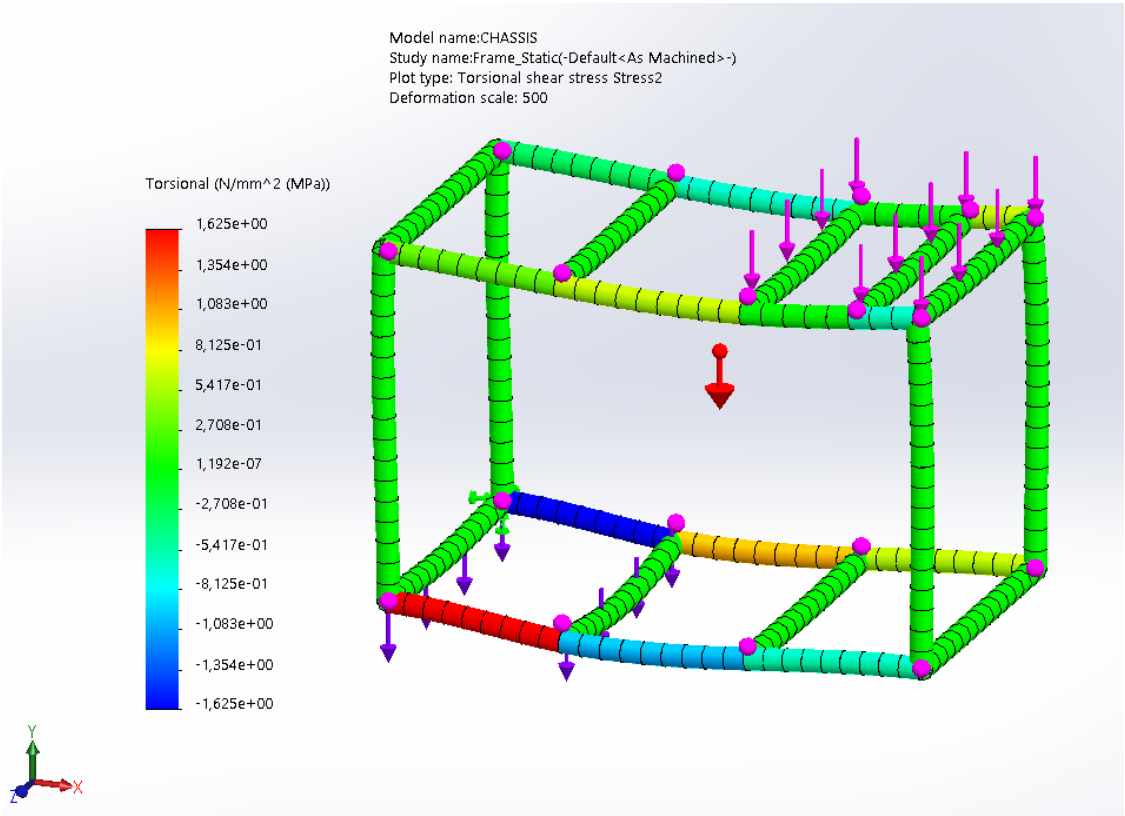


Figure 3-11 Contrainte de torsion dans le châssis

La figure ci-dessous montre les résultats de visualisation :

D'après les calculs faites par SolidWorks, nous avons :

$$\sigma_{Max} = 1.625 < \frac{Re}{S} = \frac{175}{3.2} = 54.69 \text{ MPa}$$

Alors, on peut constater que la contrainte est suffisamment inférieure à la contrainte admissible que l'acier S185 peut la supporter. Alors, il n'y a pas de danger sur la structure du châssis.

3.5 Analyse modale

L'analyse modal consiste à étudier les propriétés de vibration naturelle inhérentes à une structure si celles-ci sont connues, toutes les vibration complexes que la structure peut subir en réponse à une excitation, peuvent être exprimées en superposition aux vibration naturelle.

L'analyse modale du châssis a permis de calculer les fréquences naturelles dont les valeurs sont inférieures à 100 Hz (fréquence maximale du moteur électrique monté sur le banc). Les figures 3.13 à 3.18 montrent les déformées modales des six premières fréquences naturelles et qui peuvent donner un état de résonnance lors du démarrage et de l'arrêt du moteur.

Mode No.	**Fréquence naturelles**
1	31,287
2	31,712
3	63,895
4	67,651
5	78,771
6	94,092
7	135,35

Tableau 3-4 Les fréquence naturelles de la structure

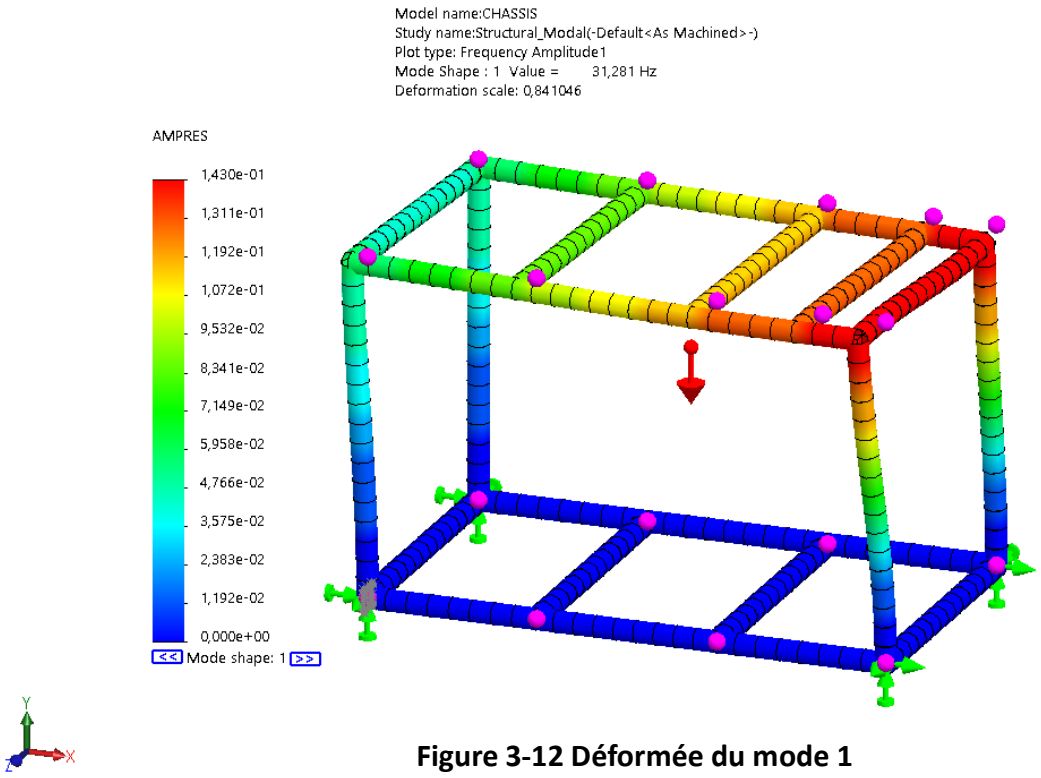


Figure 3-12 Déformée du mode 1

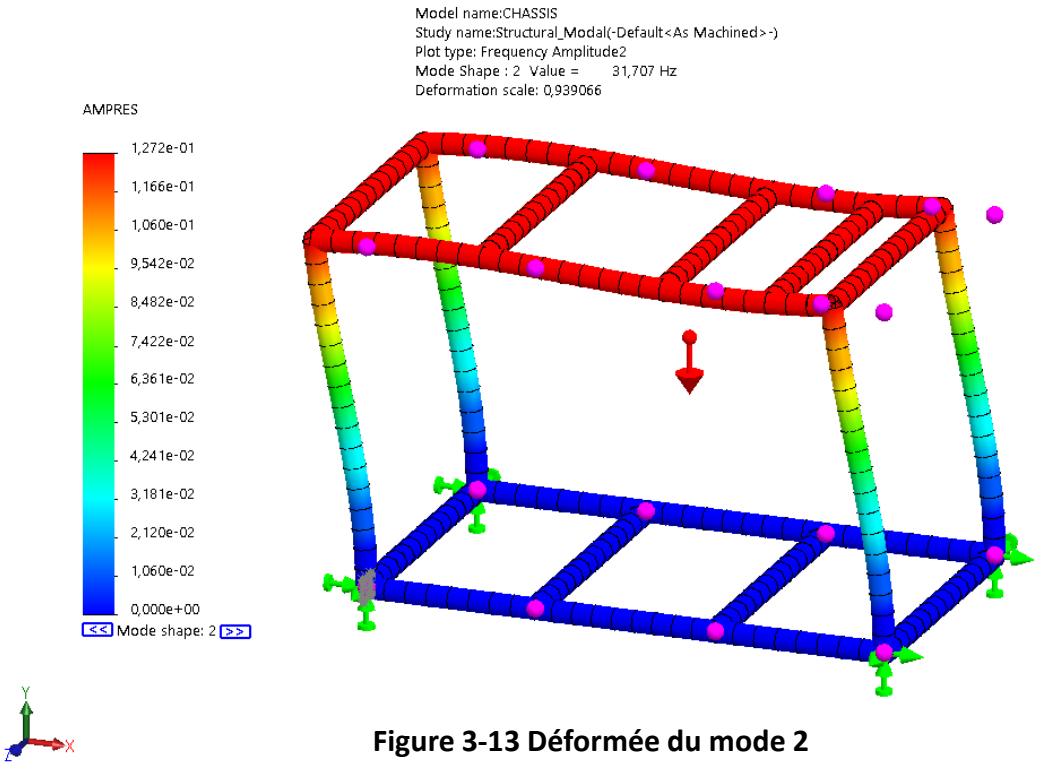


Figure 3-13 Déformée du mode 2

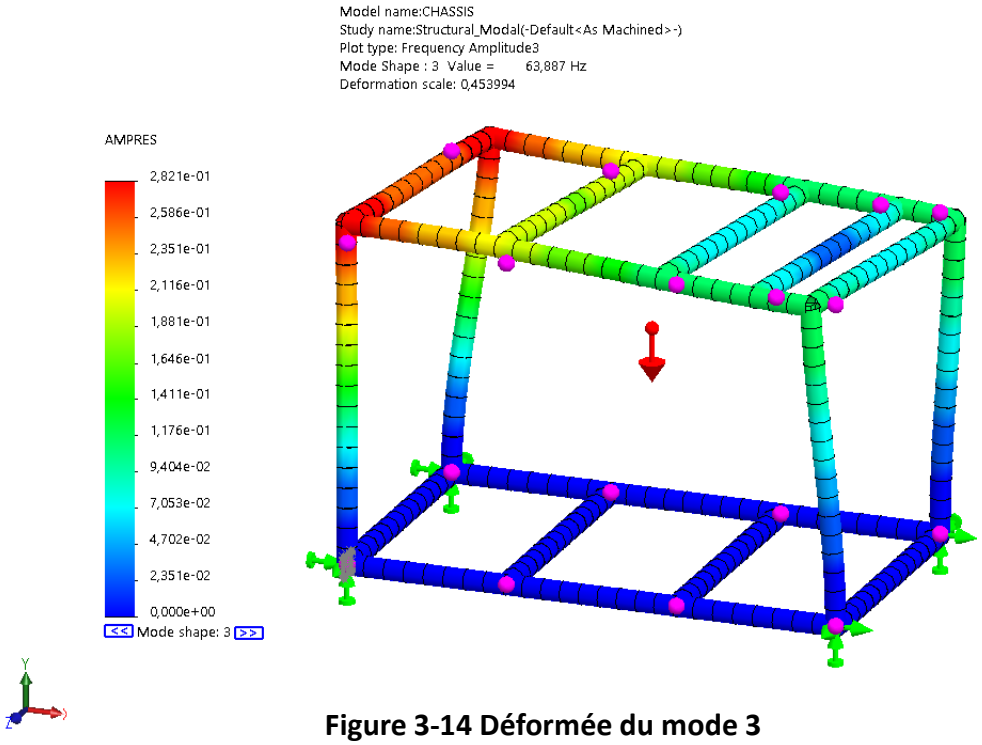


Figure 3-14 Déformée du mode 3

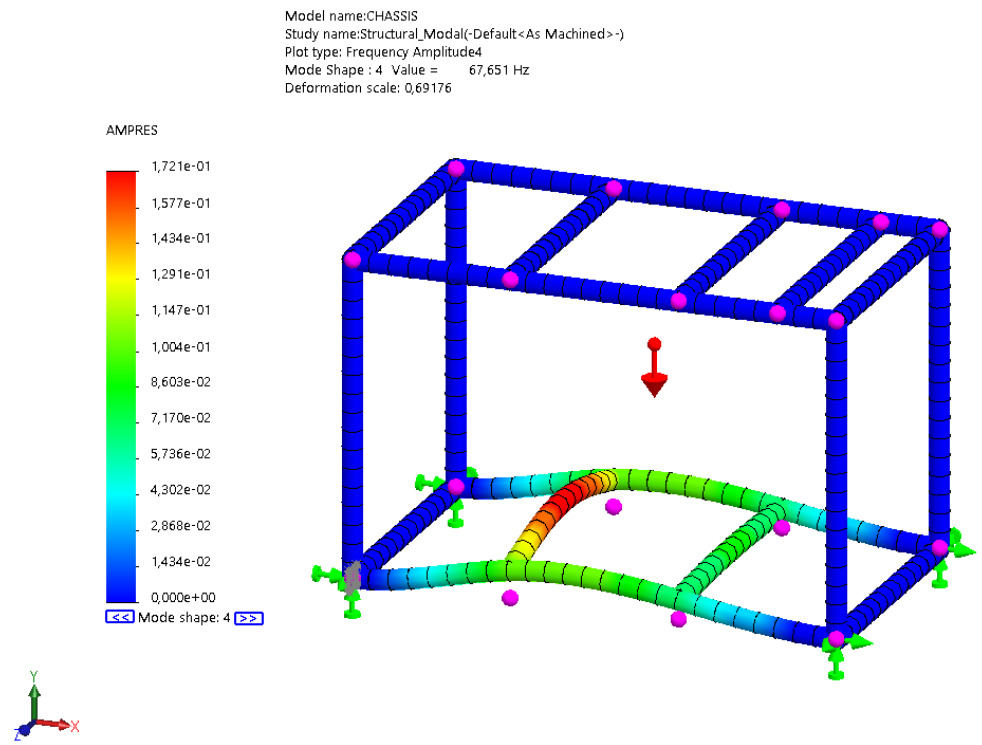


Figure 3-15 Déformée du mode 4

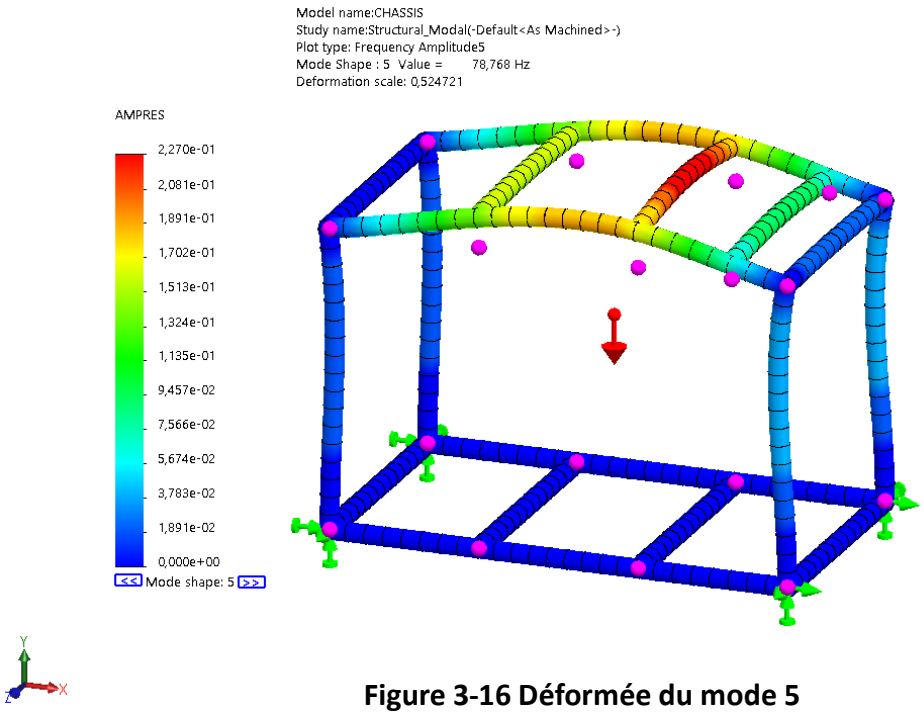


Figure 3-16 Déformée du mode 5

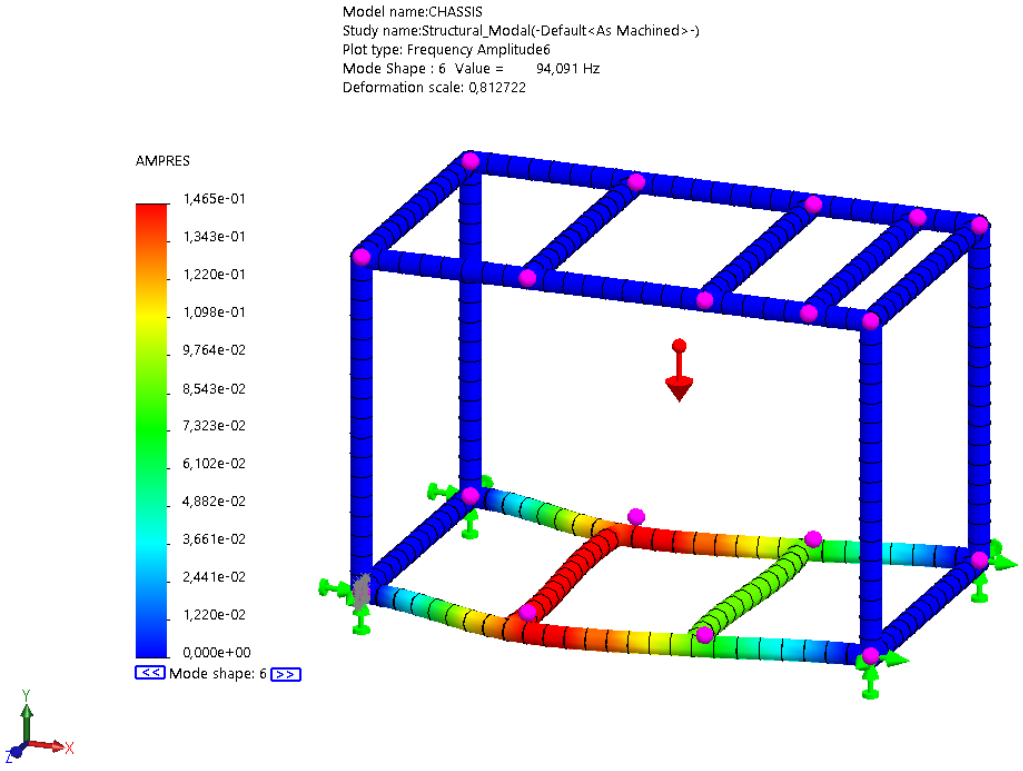


Figure 3-17 Déformée du mode 6

3.6 Analyse harmonique

L'analyse harmonique évalue la réponse maximale d'un système en régime permanent à des chargement harmoniques.

Pour notre étude harmonique nous avons estimé les forces de déséquilibre dans le banc, lors d'un essai sur une pompe, à 50 N et appliquées sur les traverses portant le moteur et la pompe.

La fréquence des forces d'excitation est fixée entre 0 et 100 Hz.

3.6.1 La contrainte maximale due à la flexion combinée à la traction

La contrainte admissible du matériau, en considérant un coefficient de sécurité de 3.2, est égale à :

$$\sigma_{ad} = \frac{Re}{S} = \frac{175}{3.2} = 54.69 \text{ MPa}$$

La figure 3.19 montre la contrainte combinée, de la flexion et de la traction, dans le châssis.

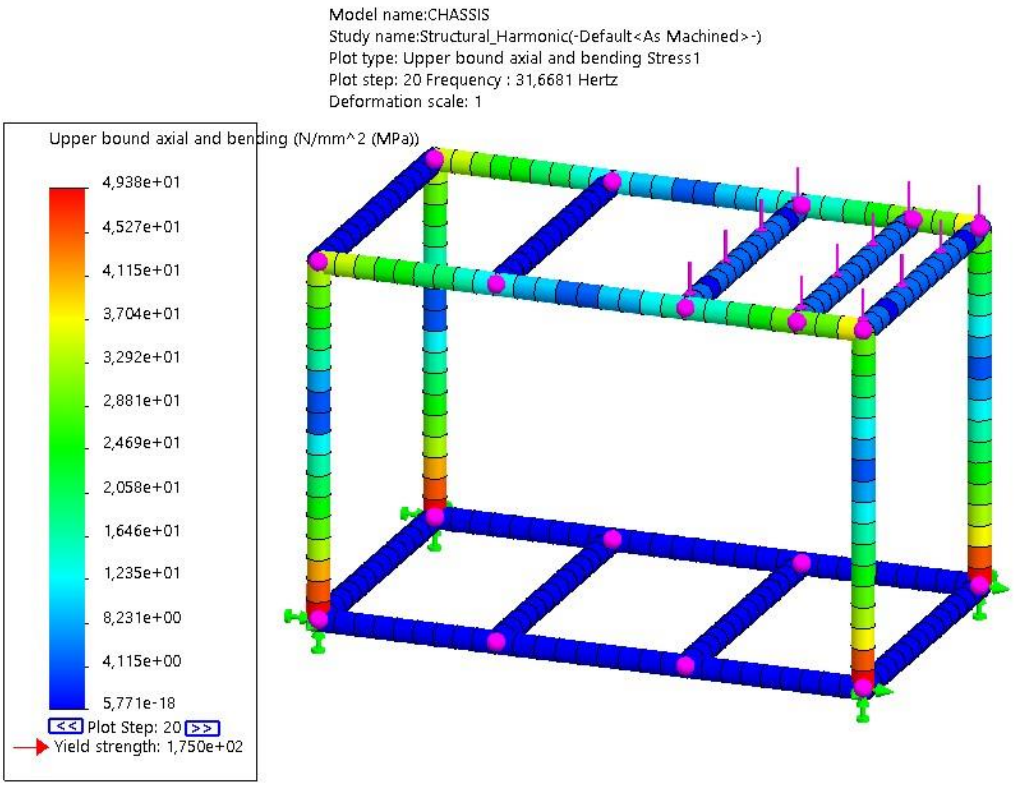


Figure 3-18 Contrainte combinée Flexion-Traction

Cette contrainte est inférieure à la valeur admissible.

3.6.2 Déplacement sous excitation harmonique

La figure 3.20 montre le déplacement de la structure à la fréquence maximale de moteur (67 Hz)

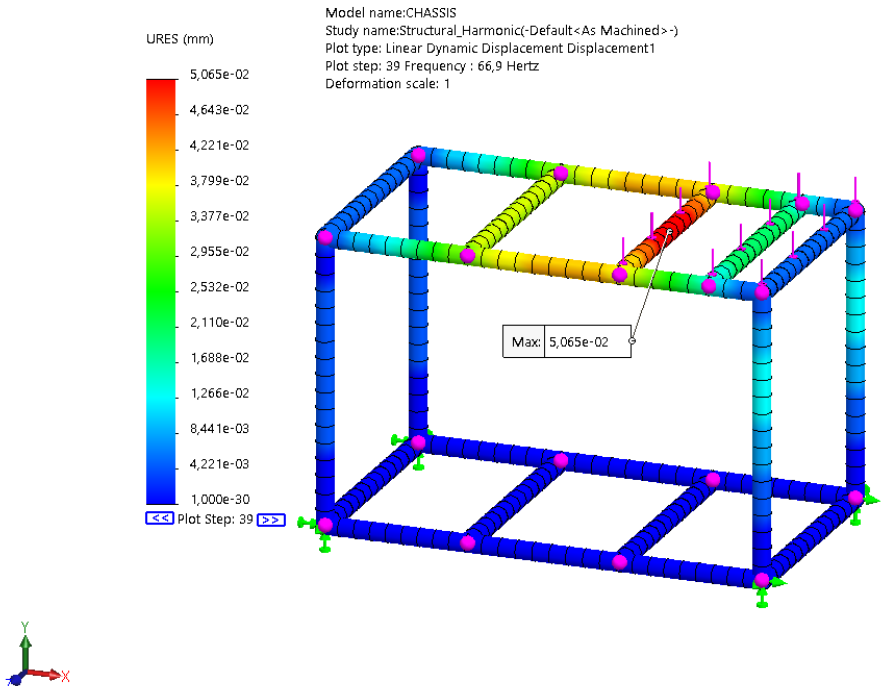


Figure 3-19 Déplacement de la structure à la fréquence de 67 Hz

3.6.3 Facteur de participation de masse effectif

La figure 3.21 donne le facteur de participation de masse effectif par fréquence propre. La valeur maximale est enregistrée pour le mode 2 et vaut approximativement 38%. Le facteur

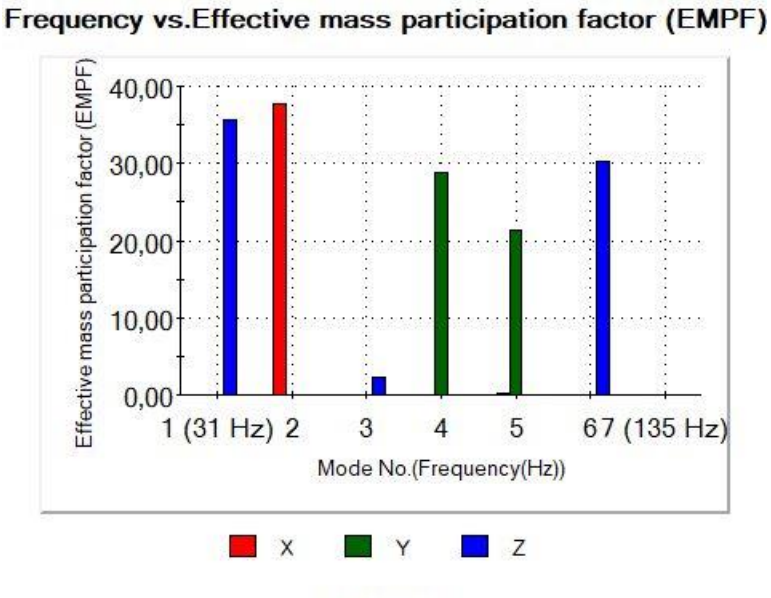


Figure 3-20 fréquence en fonction de les masse participante

de masse est considéré important lorsqu'il dépasse 80%.

3.6.4 Réponse en fréquence du nœud milieu de la traverse porte moteur

La figure 3.22 montre le déplacement du nœud 25, de la traverse porte moteur de la structure, en fonction de la fréquence d'excitation. Nous remarquons deux pics correspondants aux fréquences naturelles 31.7 Hz et 78.77 Hz sachant que la vitesse maximale du moteur est fixée à 4000 tr/min (67 Hz).

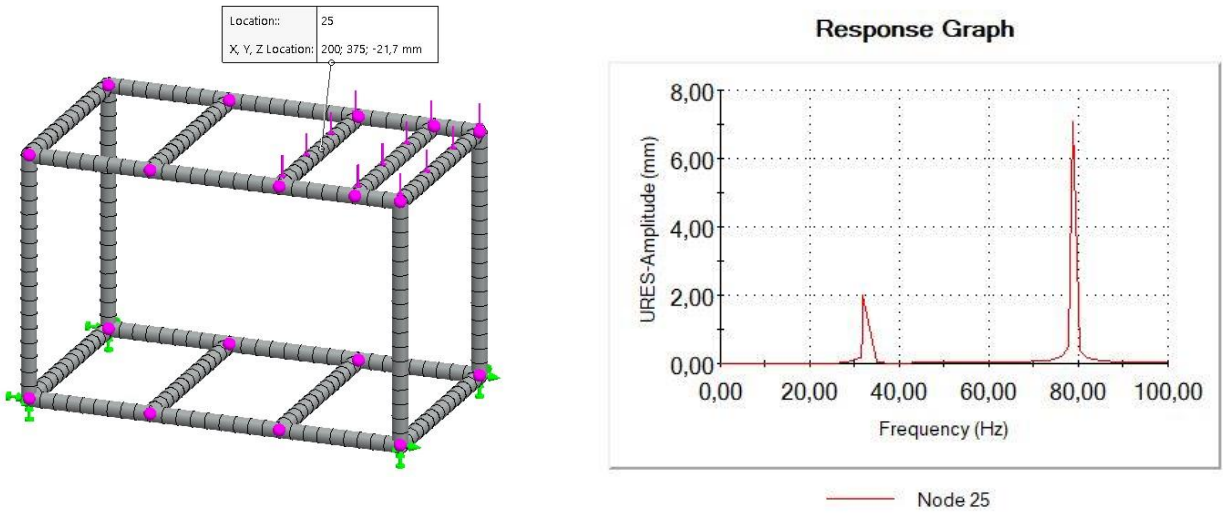


Figure 3-21 : Réponse en fréquence du nœud 25 du châssis

3.7 Dossier technique du châssis

- Longueur :1200 mm
- Largeur :700 mm
- Hauteur :800 mm
- Poids : 48.7 Kg
- Type : tubulaire à profils rectangulaire
- Matériaux : acier S185

3.8 Conclusion

Après l'étude complète bien détaillée de la structure, nous pouvons affirmer finalement que notre châssis est rigide et ne présente aucuns risques de déformation et de déplacement critiques malgré les efforts particuliers appliqués.

Conclusion Générale

Après une étude exhaustive et une série de tests minutieux, nous pouvons affirmer que le banc d'essai pour pompe hydraulique conçu dans ce projet répond parfaitement aux exigences initiales. Voici les points clés qui justifient cette conclusion :

- Le châssis a été conçu pour supporter des charges importantes sans risque de déformation ni de déplacement. Les simulations numériques effectuées avec SolidWorks ont démontré que les contraintes combinées de flexion et de traction restent bien en deçà des limites admissibles du matériau utilisé (acier S185).
- L'analyse harmonique a révélé que la structure peut résister aux forces d'excitation dans une plage de fréquences allant de 0 à 70 Hz, avec des déplacements maximaux admissibles. Cela assure que le banc d'essai peut fonctionner de manière fiable même sous des conditions dynamiques sévères.
- Les tests ont confirmé que toutes les composantes, y compris les supports de fixation de la pompe et du circuit hydraulique, sont conçues pour offrir une performance optimale sans compromettre la sécurité. L'assemblage final sous SolidWorks a permis de vérifier que toutes les pièces s'intègrent parfaitement et fonctionnent en synergie.

En résumé, le banc d'essai pour pompe hydraulique répond non seulement aux attentes de robustesse et de stabilité, mais il assure également des performances fiables dans divers scénarios de test. Cette étude valide donc la conception et l'efficacité du banc, en assurant sa capacité à tester les pompes hydrauliques de manière précise et sécurisée.

Références bibliographiques

[1] MEMOIRE Conception et fabrication d'une pompe à .... (2017). from https://biblio.univ-annaba.dz/ingeniorat/wp-content/uploads/2018/06/ZEMARI-AICHA.pdf

[2] MEMOIRE conception et optimisation des paramètres d'un pompe … (2019). From M119193.pdf (univ-medea.dz)

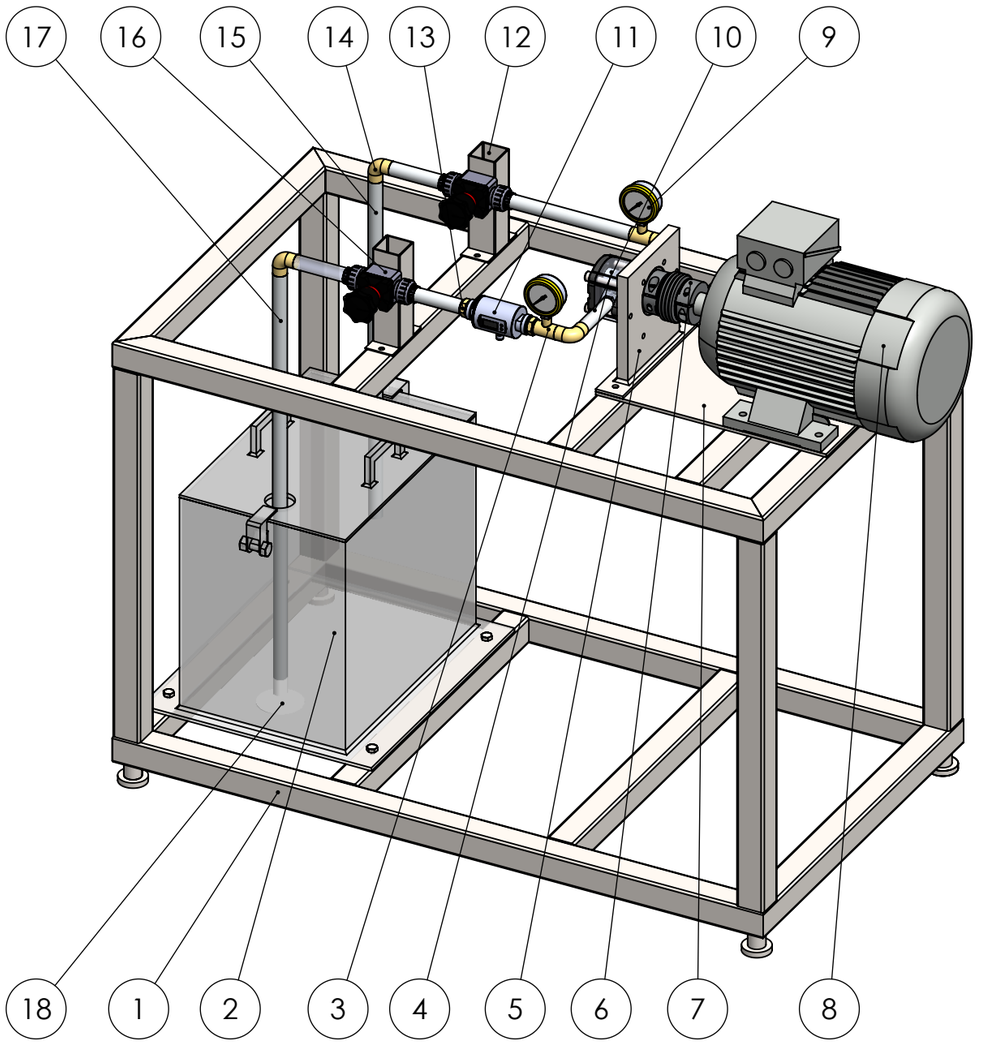
[3] Pompe à vis : fonctionnement, avantages et utilisations | WAGNER (wagner-group.com)

[4] Pompes à membrane | Pompes volumetriques | Techniques des Fluides (techniquesfluides.fr)

[5] « SolidWorks : Logiciel de modélisation 3D par conception paramétrique », Sculpteo. https://www.sculpteo.com/fr/glossaire/solidworks-definition-fr/ (Accès le 19 June 2024).

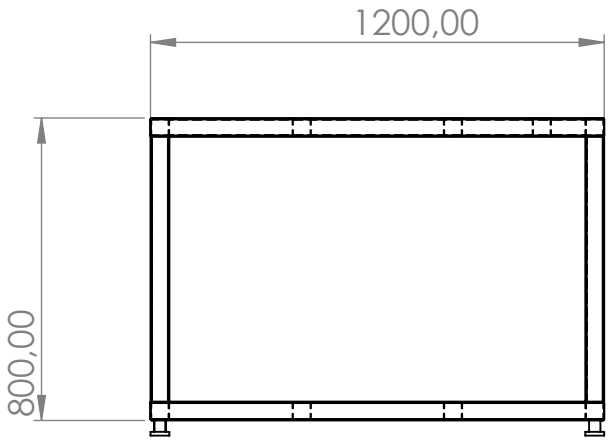
[6] débitmètre électromagnétique ; https://www.ifm.com/fr/fr/product/SM8004

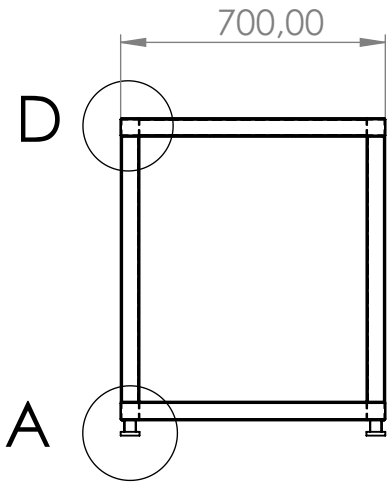
ANNEXE

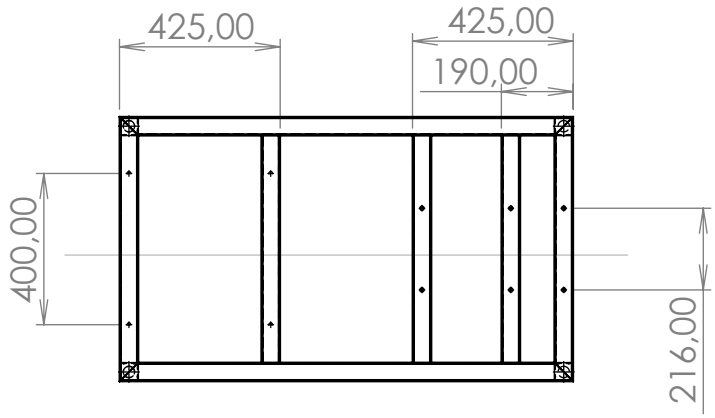


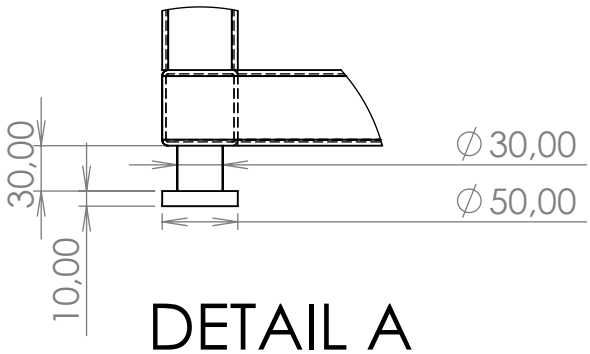
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	CHASSIS		1
2	RESERVOIR		1
3	TEE		2
4	Gear pump		1
5	Support de fixation de la pompe		1
6	ACCOUPLEMENT		1
7	PLAQUE2		1
8	Moteur		1
9	MANOMETRE		2
10	raccord		2
11	DEBITMETRE		1
12	support fixation de circuit hydraulique		2
13	MAMELONS		2
14	COUDE		4
15	fléxible		1
16	VANNE		2
17	Tub3		1
18	Entonnoir		1

UNIVERSITE Dr YAHIAFARES DE MEDEA		
	Banc d'essai2	**1:20**
2024		

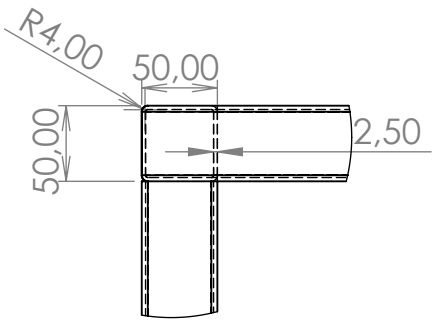




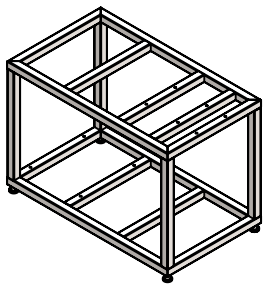




DETAIL A
SCALE 1 : 5

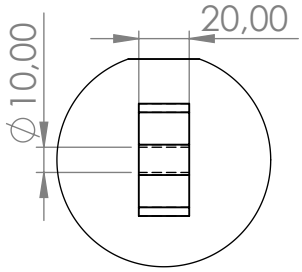


DETAIL D
SCALE 1 : 5

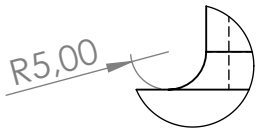


UNIVERSITE Dr YAHIA FARES DE MEDEA

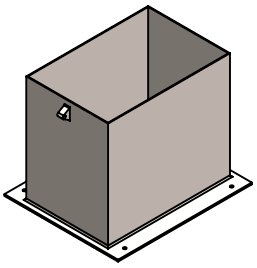
S185	CHASSIS	Ech:1:20
2024		

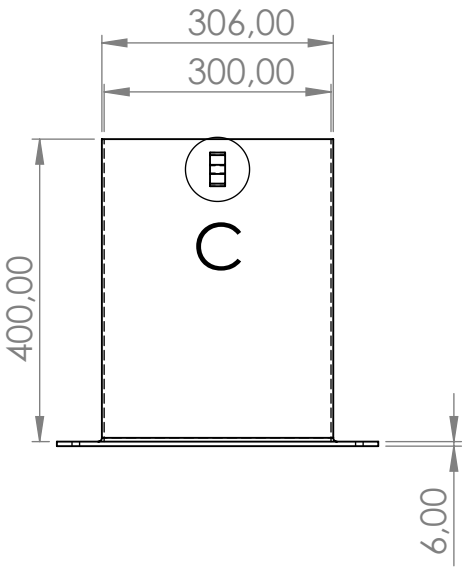


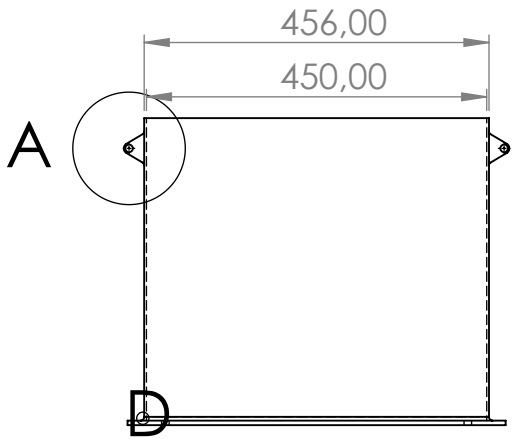
DETAIL C
SCALE 1 : 3

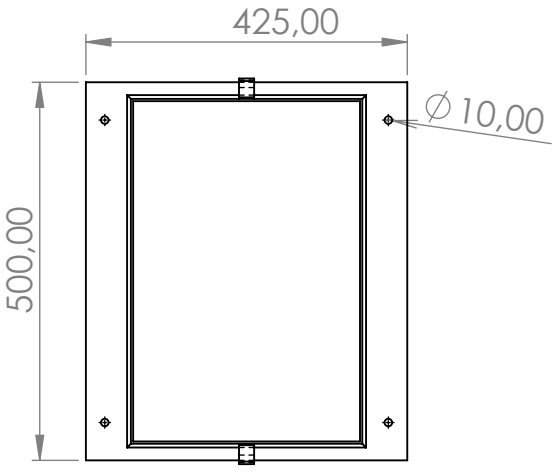


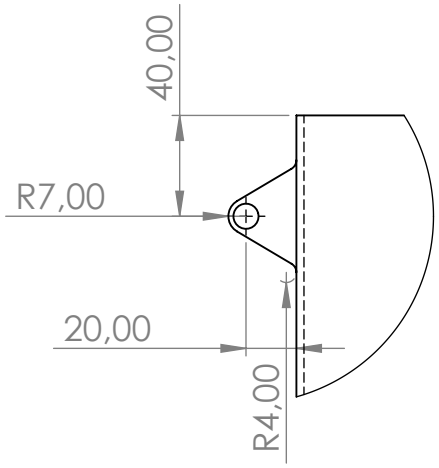
DETAIL D
SCALE 1 : 1







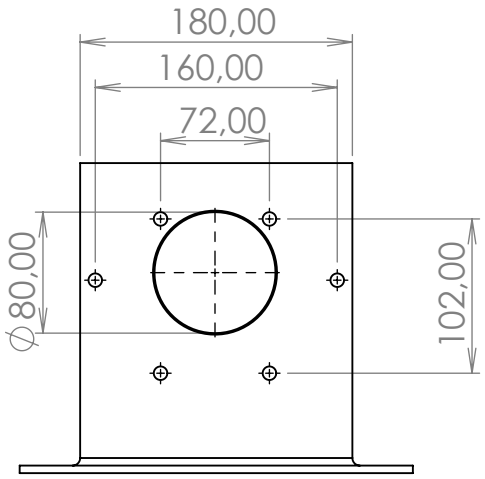


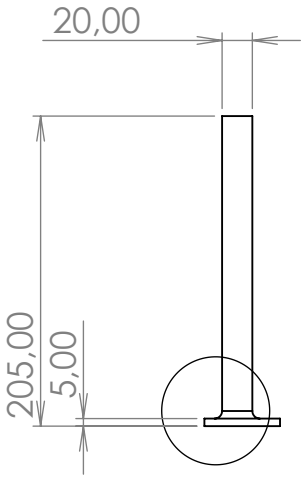


DETAIL A
SCALE 1 : 3

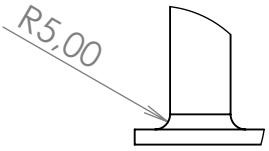
UNIVERSITE Dr YAHIA FARES DE MEDEA

	Réservoire	**Ech:1:10**
2024		

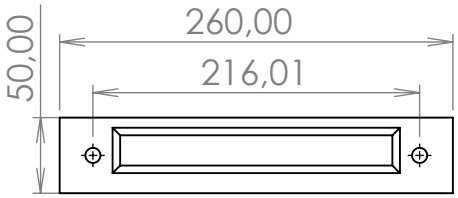


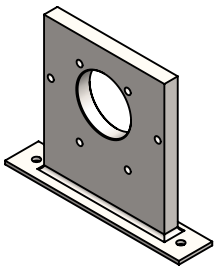


A



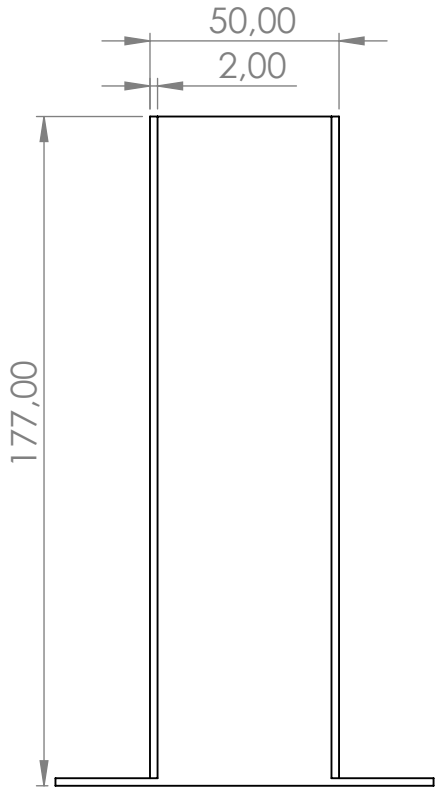
DETAIL A
SCALE 2 : 5

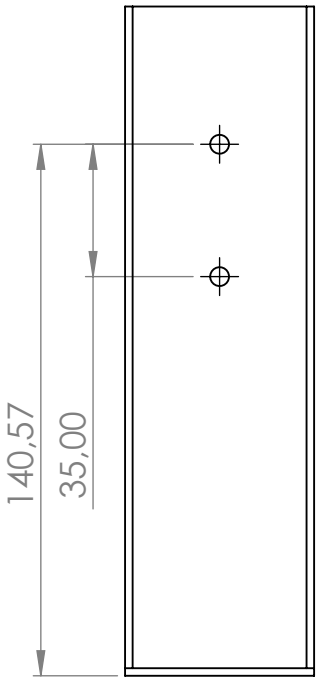


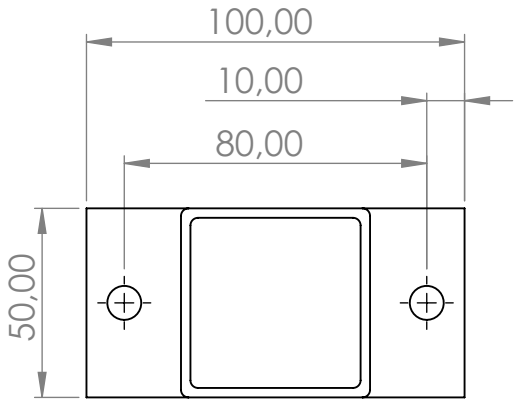


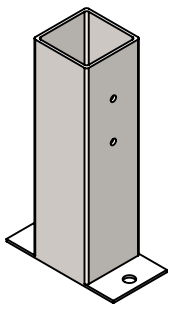
UNIVERSITE Dr YAHIA FARES DE MEDEA

	Support de fixation de la pompe	**Ech:1:5**
2024		









UNIVERSITE Dr YAHIA FARES DE MEDEA

	Support fixation de circuit hydraulique	**Ech:1:2**
2024		