REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

Faculté de Technologie

Département du Génie Mécanique



Mémoire de fin d'études de Master

Spécialité : Construction mécanique

Thème :

Etude et dimensionnement dune pompe multiétage

Présentés par :

Benkhelifa Riad

Mansour Sidahmed Imad

Devant le jury composé de :

Dr. Habireche Mohamed	Université de Médéa	Président
Dr.boukhlef Djilali	Université de Médéa	Examinateur
Dr. Adel Zemirline	Université de Médéa	Promoteur
Dr. Touati	Université de Médéa	Co-Promotrice

Année universitaire : 2024/2025

Remerciements

Tout d'abord nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé, le courage et la patience afin d'arriver à la finalité de ce parcourt.

Nous adressons nos chaleureux remerciements à notre Promoteur Adel Zemirline et Madame Touati. Qui a bien fourni des efforts pour nous donner ses conseils et toutes les informations.

Nous tenons à remercier Daho hamza et monsieur Farouk lachibi de la Division maintenance ainsi que l'ensemble des ingénieurs et des Techniciens de Maintenance de la raffinerie d'Alger SONATRACH pour leurs encouragements et leurs soutiens ainsi que pour leurs amabilités à notre égard.

Ainsi nous tenons à remercie monsieur Haroun benremdane qui est aidé dans ce mémoire.

Nous remercions aussi les membres de jury qui nous ont fait honneur d'accepter à examiner notre travail Et finalement nous sommes très reconnaissants de l'aide et des conseils de tous ceux qui ont contribué directement et indirectement, de près et de loin à l'aboutissement de ce modeste projet.

Dédicace

A mon père bien aimé,

Qui n'a jamais cessé de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

A ma tendre mère,

Qui a sacrifié sa chère vie pour que je Puisse étudier.

A mes chère Sœurs et mon frère fares, nazih

Qui m'ont toujours soutenu et encouragé Durant ces années d'étude.

A tous les membres de la famille Benkhelifa et Mansour A mon collègue S.I. et mes Chers amis.

Que toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail accepte nos grands et sincères remerciements.

Résumé

Ce mémoire traite de l'étude et de l'optimisation des pompes centrifuges, en se concentrant particulièrement sur la pompe P101 de Sonatrach. Il débute par une présentation générale des machines tournantes et des stratégies de maintenance, soulignant leur importance pour assurer la fiabilité des équipements industriels. Ensuite, l'analyse se focalise sur les pompes centrifuges, en expliquant leur fonctionnement et en prenant la pompe P101 comme cas d'étude. Une analyse modale est réalisée afin d'identifier les vibrations et modes propres susceptibles d'affecter la pompe. Sur cette base, une conception améliorée des composants clés, tels que l'impulseur et l'arbre, est proposée. Des simulations numériques permettent d'évaluer différentes modifications, notamment le changement de matériau et les méthodes d'ajout ou d'enlèvement de matière, dans le but de réduire les vibrations et d'optimiser la performance. Ce travail offre ainsi une approche intégrée mêlant théorie, modélisation et conception pour améliorer la maintenance et la durabilité des pompes centrifuges en milieu industriel.

Les mots clé : Machines tournantes ; Pompe centrifuge ; Simulation numérique ; Analyse dynamique

ملخص

في منشآت سوناطراك تناقش هذه المذكرة دراسة وتحليل مضخات الطرد المركزي مع التركيز بشكل خاص على المضخة P101. تبدأ المذكرة بتقديم عام عن الآلات الدوارة وانواعها، بالإضافة الى استعراض استراتيجيات الصيانة وأهميتها في ضمان موثوقية المعدات الصناعية. بعد ذلك، يتم التركيز على مضخات الطرد المركزي مع شرح مفصل لآلية عملها كدراسة حالة. تم اجراء تحليل نمطي لفهم سلوك الاهتزازات وتحديد الترددات الطبيعية وأنماط المضخة P101 الاهتزاز التي قد تؤثر على أداء المضخة. بناء على ذلك، تم اقتراح تصميم محسن للأجزاء الرئيسية مثل الدافع (الدوار) والعمود، مع استخدام المحاكاة الرقمية لتقييم تأثير التعديلات المختلفة، بما في ذلك تغيير المادة وطرق إزالة أو إضافة المادة، بهدف تقليل الاهتزازات وتحسين الأداء. يقدم هذا العمل منهجا متكاملا يجمع بين النظرية، والنمذجة، والتصميم لتحسين صيانة ومتانة مضخات الطرد المركزي في البيئات الصناعية.

الكلمات المفتاحية :آلة دوّارة؛ مضخة طرد مركزي؛ محاكاة رقمية؛ تحليل ديناميكي.

Abstract

This thesis focuses on the study and optimization of centrifugal pumps, with a particular emphasis on the P101 pump used at Sonatrach facilities. It begins with a general introduction to rotating machines and their types, as well as an overview of maintenance strategies and their importance in ensuring the reliability of industrial equipment. The study then concentrates on centrifugal pumps, explaining their operating principles and taking the P101 pump as a case study. A modal analysis is conducted to understand the vibration behavior and identify natural frequencies and vibration modes that may affect the pump's performance. Based on this analysis, an improved design of key components such as the impeller and shaft is proposed. Numerical simulations are used to evaluate various modifications, including changes in material and methods of material removal or addition, aiming to reduce vibrations and enhance performance. This work provides an integrated approach combining theory, modeling, and design to improve the maintenance and durability of centrifugal pumps in industrial environments.

Keywords: Rotating Machinery; Centrifugal Pump; Numerical Modeling; Dynamic Behavior Analysis.

Liste des figures

Figures	Pages
Figure1.1 : schéma cinématique de machine tournant	14
Figure1.2 : une turbine	17
Figure1.3 : Turbine à vapeur	17
Figure1.4 : vue d'un Turbine à gaz	18
Figure 1.5 : schéma d'un cycle de turbine	18
Figure 1.6 : compresseur volumétrique [20]	20
Figure 1.7 : compresseur dynamique	21
Figure 1 .8 : vue d'ensemble d'un pompe centrifuge [21]	21
Figure 1.9 : pompe volumétrique	22
Figure 2.1 : Organigramme des pompes	29
Figure 2. 2 : Pompe à piston [24]	30
Figure 2. 3 : Pompes à vis [25]	30
Figure 2.4 : pompes à lobes [26]	31
Figure 2.5 : pompes à membrane [27]	31
Figure 2 .6 : Pompes à engrenages [28]	31
Figure 2.7: schéma d'une pompe dynamique	32
Figure 2 .8 : Radiales centrifuges [26]	32
Figure 2.9: hélico centrifuges [26]	32
Figure 2.10 : Pompe Axial hélico [26]	32
Figure 2.11 : Pompe multiétage [26]	32
Figure 2.12: organigramme des parties de la pompe p 101.	35
Figure 2.13 : schéma Arbre de défaillance de la pompe p101	36
Figure 2.14 : vue éclatée de la pompe	36
Figure 2.15 : vue réelle de la pompe	36

Figure 4. 1 : Ligne d'arbres	**47**
Figure 4. 2 : Assemblage étudié	**47**
Figure 4. 3 : Vue éclatée	**47**
Figure 4. 4 : Emplacement des paliers	**52**
Figure 4. 5 : Maillage	**53**

Liste de tableau :

Tableau	Pages
Tableau 4.1 : Tableau qui représente les pièces d'étude	48
Tableau 4.2: Tableau qui représente les conditions aux limites (Charges et fixations)	52
Tableau4.3 : Tableau qui représenté information sur le maillage	53
Tableau 4.4 : Tableau qui représente les fréquences propres	54
Tableau 4. 5 : Tableau qui représente modification sur la géométrie	55
Tableau 4. 6 : Propriétés du matériau Aluminium	56
Tableau 4. 7 : Tableau qui représente les résultats des fréquences	59

Sommaire

Remerciements .....

Dédicace .....

Résumé .....

ملخص .....

Abstract .....

Liste des figures .....

Liste de tableau : .....

Sommaire……

Introduction générale **10**

Chapitre 1 : Généralité de maintenance et les machines tournante……..

1.1 Introduction **14**

1.2 Les machines tournantes **14**

1.3 Un rotor :.....**15**

1.4 La structure : **15**

1.5 Les liaisons :.....**15**

1.6 Les types des machine tournants :.....**15**

1.7 Les turbines : **16**

1.7.1 Types principaux de turbines.....**17**

1.8 Les compresseurs **19**

1.8.1 Classification des compresseurs.....**19**

1.9 Les Pompes **21**

1.9.1 La pompe volumétrique **22**

1.10 Définition de la maintenance.....**22**

1.11 Objectifs de la maintenance dans l'entreprise.....**23**

1.12 Les méthodes de maintenance **23**

1.13 Les niveau de maintenance.....**26**

Conclusion : **27**

Chapitre 2 : Généralités sur les pompes.....

2.1 Introduction sur les pompes :.....**29**

2.2 Principe de fonctionnement : **29**

2.3 Rôle des Pompes : 29
2.4 Classification générale des pompes 29
2.5 Les pompe centrifuge 34
2.6 Définition d'une pompe centrifuge 34
2.7 Principe de fonctionnement 35
2.8 La pompe P101 immergée 36
2.9 Les caractéristiques de moteur électrique de la pompe P101 36
Conclusion 37
Chapitre3 : Analyse dynamique .....
3.1 Introduction 39
3.2 Les modes propres 39
3.3 Applications et exemples 40
3.4 Analyse modale : Lois sous forme matricielle 40
Conclusion 46
Chapitre4 : Conception et simulation .....
4.1 Introduction : 48
4.2 Présentation du logiciel SOLIDWORKS© 48
4.3 Conception des diffrants pieces 48
4.4 L'Analyse dynamique des éléments roulants 53
4.5 Liste des fréquences propres 54
4.6 Solutions proposées : 56
4.7 Analyse Dynamique 57
4.8 Discision 61
4.9 Solution optimale proposée pour cette étude 61
Conclusion générale 64
Les références 65
Les Annex 68

Introduction générale

Introduction générale

Dans le domaine de l'Industrie, les ingénieurs sont confrontés à des défis spécifiques lorsqu'il s'agit de prendre des décisions de la Développement. Dans divers secteurs industriels, une pompe centrifuge est essentielle pour le transfert rapide de fluides. Sa fonctionnalité repose sur la conversion de l'énergie mécanique d'un moteur en énergie hydraulique en tournant à grande vitesse l'impulseur afin de créer une force centrifuge. Il s'agit d'augmenter la pression et la vitesse du liquide, ce qui en fait des machines courantes pour les débits élevés à pression modérée. En ce sens, la pompe P101, qui est le sujet de cette analyse, sollicite le problème majeur du pompage fiable.

Pour ce faire, notre travail, a été synthétisé en un mémoire structuré en quatre chapitres

- Le premier chapitre est consacré d'une manière générale à la présentation de la raffinerie d'Alger,
- Puis en deuxième chapitre une étude technologique pour les machines tournantes et la maintenance.
- Le troisième chapitre on fait une Analyse dynamique
- En quatrième chapitre on fait une modélisation pour cette pompe
- Enfin, une conclusion pertinente est présentée pour clôturer notre travail de recherche.

Problématique de notre étude

La pompe 101 joue un rôle essentiel dans le bon fonctionnement du système auquel elle est intégrée. Cependant, des pannes récurrentes, une baisse de performance ou une usure prématurée peuvent engendrer des arrêts de production, des coûts de réparation élevés et des risques pour la sécurité des opérations.

Ainsi, la problématique de cette étude est la suivante :

Parmi les majeures causes de ces arrêtes de production on cite les vibrations, ces derniers provoquent des perturbations dans l'état de santé de l'équipement. Afin de réduire ces vibrations une étude sur les éléments tournants de cette pompe s'avère utile, pour essayer de modifier les fréquences propres de la pompe et pour la suite d'éloignée ces derniers de la fréquence de service.

Alors quel est le chemin à prêter pour arriver à cette modification ?

Pour répondre à cette question on propose une conception inverse des éléments roulants pour en ajoute les modifications requises et pour la suite une simulation sur SolidWorks nous permettra de juger cette modification

Chapitre 1

1.1 Introduction :

Les machines tournantes sont devenues depuis nombreux années des éléments indispensables pour l'industrie moderne. Les constructeurs sont amenés à améliorer leurs produits. Les progrès effectués dans la conception et la fabrication permettent aujourd'hui d'augmenter à la fois les performances et le rendement des machines en les faisant fonctionner dans des gammes de vitesse de rotation de plus en plus élevées. Cependant, les efforts générés, de plus en plus importants, sollicitent fortement le comportement dynamique global de la machine et les amplitudes vibratoires deviennent souvent trop élevées pour que la structure puisse les supporter. Pour cela, l'amplitude de déformation de l'arbre doit être maîtrisée et ses fréquences de résonance connues afin d'éviter qu'une trop grande vibration engendre un moindre rendement et cette vibration peut même aboutir à l'instabilité et à l'endommagement du système. L'étude de la dynamique des machines tournantes est donc plus que jamais d'actualité. **[1]**

1.2 Les machines tournantes :

Sont des systèmes (figure 1.1) dans lesquels peut se Distinguer :

- Un rotor.
- Une structure.
- Des liaisons.

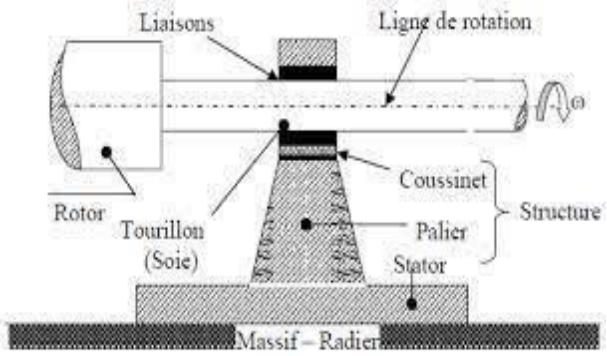


Figure1.1 : schéma cinématique de machine tournant

1.3 Un rotor :

Le rotor en électrotechnique est la partie mobile, par rapport au stator, des machines électriques tournantes : machine à courant continu, machine synchrone, machine asynchrone, etc. Le rotor peut être un aimant qui lors de sa rotation induit un champ électrique dans les enroulements du stator du générateur/alternateur. Dans un moteur électrique, le courant passant dans les enroulements du rotor provoque un champ magnétique qui réagit avec celui permanent du stator pour faire tourner l'axe central. **[1]**

1.4 La structure :

La structure non rotative comprend les éléments essentiels suivants **[2]** :

- **Les coussinets** de faibles dimensions au droit des tourillons du rotor. Des bagues Peuvent être substituées aux coussinets : roulements.

- **Le stator** ou enveloppe de la machine ; il contient des éléments essentiels : circuit Magnétique dans les machines électriques, ailette pour les turbomachines…etc.
- **Le massif** des systèmes embraqués peut prendre des formes beaucoup plus variées Que celles des systèmes terrestres dont les massifs sont liés aux radies. Une interface Adapte le stator au massif. Cette adaptation exige de résoudre un problème qui Relève de la suspension des machines dont peut dépendre la tranquillité vibratoire, Spécialement celle de l'envenimement.
- **Le radier** est un élément spécifique aux systèmes terrestres. Il assure la liaison Entre Le massif et sols et a pour mission de diminuer les pressions exercées au sol Dans des Limites acceptables. C'est par lui que les séismes perturbent les machines Tournantes ; Il peut être responsable de certains délignages entre les paliers.

1.5 Les liaisons :

Le rotor est lié à la structure non rotative par des liaisons qui assurent le guidage Du rotor. Les liaisons sont classées dans trois ensembles :

- Les liaisons à fluides.
- Les liaisons à roulements
- Les liaisons magnétiques. **[2]**
-

1.6 Les types des machine tournants :

Les turbines et les compresseurs et les pompes sont trois types de machines tournantes utilisées dans des applications industrielles et énergétiques, mais avec des fonctions et principes différents. **[3]**

1.7 Les turbines :

Une turbine est une machine tournante qui récupère l'énergie cinétique d'un fluide pour mettre en mouvement l'arbre de transmission.

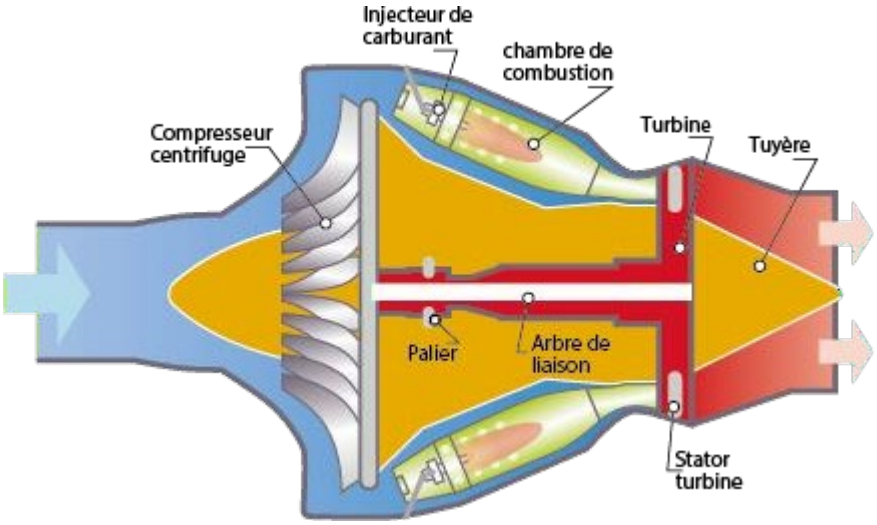


Figure1.2 : une turbine

La turbine est constituée :

- D'une partie mobile comprenant un arbre sur lequel sont fixées les roues à aubes du compresseur et de la turbine.
- D'une partie fixe couramment appelée "carter de la turbine" et dans lequel on retrouve les chambres de combustion, les déflecteurs pour correctement diriger le fluide sur les aubes de la turbine.

La turbine montée sur l'arbre de transmission est mise en rotation par la force exercée sur le fluide (liquide, gaz) sur les aubes. Cette action engendre une diminution de la pression du fluide ou détente. Dans le cas de la cogénération, l'arbre est couplé à un alternateur pour la production d'électricité.

La turbine est une machine qui nécessite un fonctionnement idéalement en continu. Ce type d'équipement présente, entre autres comme avantage, de demander moins d'entretien que les moteurs **[3]**

1.7.1 Types principaux de turbines

. Turbine à vapeur

Une turbine à vapeur utilise, comme son nom l'indique, la vapeur comme fluide de propulsion. Elle est produite, par exemple, à partir d'une chaudière ou disponible en sortie d'un processus industriel. La vapeur produite à haute pression est injectée à l'entrée de la turbine. À ce niveau, elle subit une série de détente au travers de plusieurs étages de roue à aubes, en générant l'énergie mécanique nécessaire à mettre l'arbre en rotation. **[3]**



Figure1.3 : Turbine à vapeur

. Turbine à gaz

La turbine à gaz fonctionne sur le principe de la détente d'un fluide gazeux dans une turbine issu de la combustion d'un mélange d'air comprimé au niveau du compresseur et de gaz dans une chambre dite "de combustion". C'est le principe du réacteur d'avion ! La partie mobile est composée d'un arbre sur lequel sont montés le compresseur et la turbine. La partie fixe, quant à elle, accueille principalement la chambre de combustion. Les gaz en sortie de turbine

Possèdent un niveau d'énergie suffisant qui peut être exploité dans une chaudière de post combustion en produisant de la vapeur.

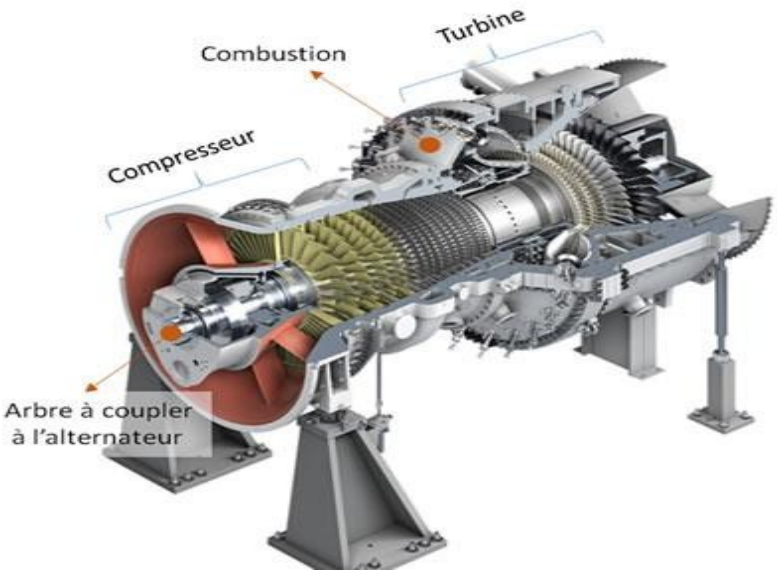


Figure1.4 : vue d'un Turbine à gaz

La gamme de puissances électriques des turbines à gaz est large. Le rendement électrique des turbines gaz est lié à la qualité de l'alternateur. Un ordre de grandeur courant de rendement électrique est de l'ordre de 20 à 25 %. Le rendement thermique, lui, peut être amélioré par la qualité de l'échangeur, l'exploitation des différentes sources de chaleur, la qualité de la combustion, etc. Un ordre de grandeur de rendement thermique se situe entre 55 et 70 % (avec postcombustion). **[3]**

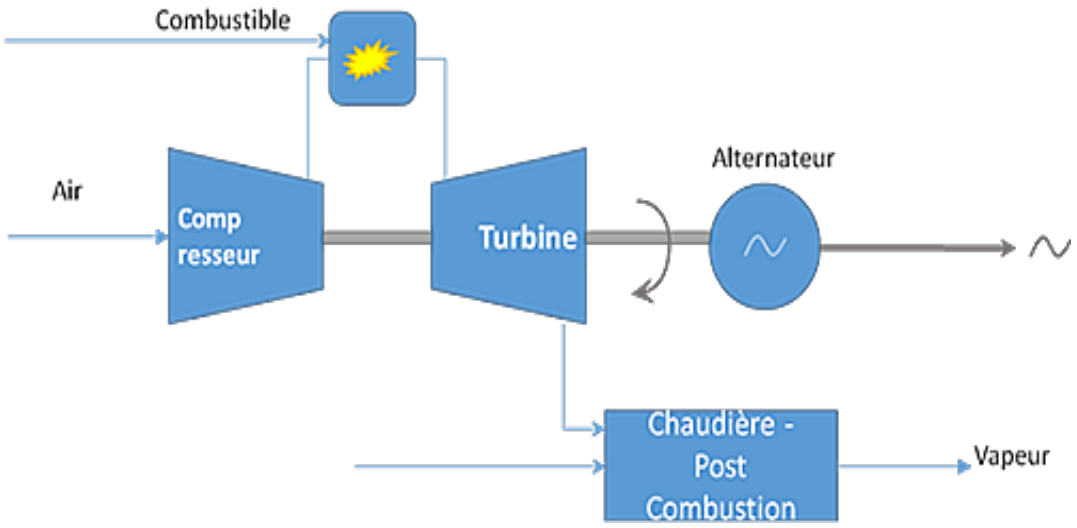


Figure 1.5 : schéma d'un cycle de turbine

1.8 Les compresseurs

Un compresseur est un dispositif mécanique d'écoulement conçu pour augmenter la pression d'un gaz en réduisant son volume. Le compresseur est le principal composant des systèmes de réfrigération de base et est souvent considéré comme le « cœur du système de refroidissement ». Il fonctionne comme une pompe pour contrôler la circulation du réfrigérant. Le principe de base du fonctionnement du compresseur est d'aspirer la vapeur d'un réfrigérant à une pression et une température basses de l'évaporateur, puis de la comprimer à une pression et une température élevées. Par conséquent, le paramètre théorique caractéristique des compresseurs est le taux de compression, qui est le rapport entre la pression du gaz à la sortie du compresseur (côté refoulement, p_2) et la pression à l'entrée (côté aspiration, p_1). **[4]**

1.8.1 Classification des compresseurs

Les compresseurs				
Volumétrique		**Dynamique**		
Rotatif	**Réciproque**	**Flux axial**	**Centrifugeuse**	**Flux mixte**
Rotary	Diaphragme			
Vis	Piston			
Scroll				

- **Compresseurs volumétriques**

Les deux principaux types de compresseurs volumétriques sont les compresseurs à piston et les compresseurs rotatifs. Dans ces compresseurs, la vapeur du réfrigérant est comprimée dans un espace fermé en modifiant mécaniquement son volume spécifique. Le processus de compression se déroule dans un espace de travail fermé qui diminue au cours du cycle. Ce genre de compresseurs peut utiliser des pistons, des spirales, des vis et des pistons roulants pour transporter un volume de gaz déterminé à chaque course. L'un de leurs avantages est que les gaz légers et lourds sont comprimés de la même manière. **[4]**

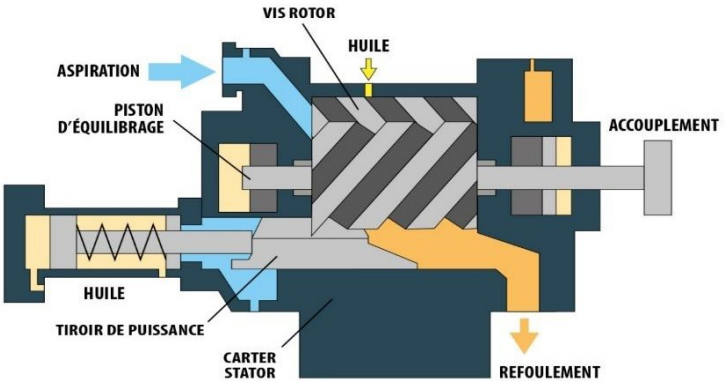


Figure 1.6 : compresseur volumétrique [5]

- **Compresseurs dynamiques**

Le principe de fonctionnement des compresseurs dynamiques est d'augmenter l'énergie cinétique de la vapeur du réfrigérant dans le rotor, qui est ensuite convertie pour augmenter sa pression. L'augmentation de la pression du gaz se produit de manière continue lorsque des pièces mobiles (turbine) et fixes (aube) de forme appropriée interagissent. La classification des compresseurs dynamiques est basée sur les formes du rotor et les différentes directions d'écoulement. Pendant le cycle du compresseur, le réfrigérant convertit son énergie cinétique en énergie potentielle. La vapeur du réfrigérant est accélérée dans les canaux inter aubes du rotor, ce qui entraîne une augmentation de l'énergie cinétique. Elle est convertie en énergie de pression incrémentielle dans le diffuseur. Ces types de compresseurs sont caractérisés par une faible compression avec des débits importants de réfrigérant comprimé. Nous distinguons les types à une ou plusieurs étages. **[4]**



Figure 1.7 : compresseur dynamique

1.9 Les Pompes

Une pompe industrielle est un équipement conçu pour déplacer des fluides. Son fonctionnement est basé sur la conversion de l'énergie mécanique en énergie cinétique. Une pompe est couplée à un moteur, puis en sortie de pompe, elle est intégrée à des systèmes d'aspiration et de refoulement, ainsi qu'à des tuyaux permettant d'acheminer les liquides ou les produits. Le fonctionnement d'une pompe industrielle peut varier en fonction du type de pompe utilisé. En général, le mécanisme se décompose de la façon suivante :

L'aspiration : le liquide provient généralement d'un réservoir ou d'une canalisation. La pompe est raccordée à ce réservoir afin de permettre l'aspiration de l'eau ou du fluide.
Le remplissage de la pompe : La pompe se met en route. Son action mécanique permet au liquide de traverser la pompe.
Le refoulement : une fois le fluide passé dans la pompe, celui-ci va être refoulé vers une canalisation ou un réservoir qui correspond à sa destination finale. **[6]**

La pompe centrifuge : La pompe centrifuge est un type de pompe couramment utilisé dans le milieu industriel. Elle fonctionne en utilisant la force centrifuge pour déplacer le fluide. Pour cela, le moteur de la pompe fait tourner un rotor composé de pales. Ce mouvement rapide dans la pompe va entraîner un phénomène d'aspiration. Leur conception leur permet de pomper une large catégorie de fluides, tant que leur viscosité reste proche de celle de l'eau. **[6]**

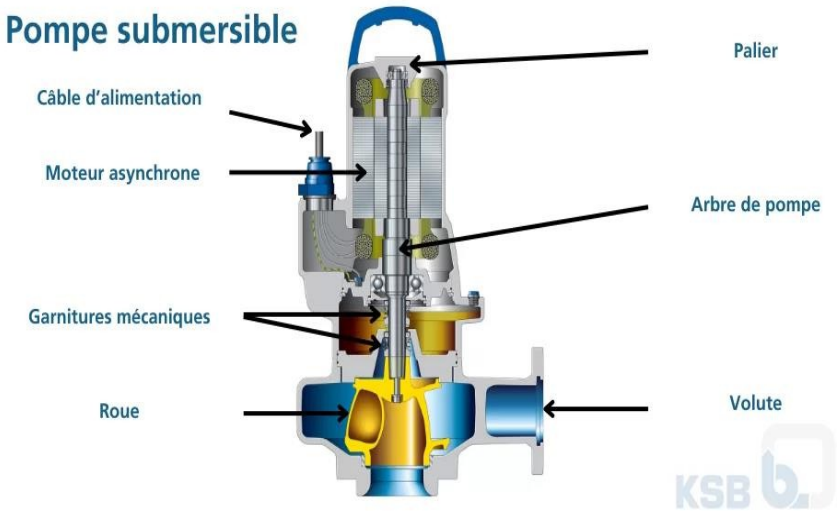


Figure 1 .8 : vue d'ensemble d'un pompe centrifuge [7]

1.9.1 La pompe volumétrique

La pompe volumétrique est le deuxième type de pompe que l'on retrouve fréquemment dans les milieux industriels. Son fonctionnement repose sur un phénomène de dilatation / contraction de chambres qui entraîne un déplacement du liquide grâce à des différences de pression. La pompe volumétrique est utilisée dans les environnements exigeants, nécessitant des pressions élevées, des débits constants et précis ou la prise en charge de liquides avec des viscosités élevées. La criticité du processus de pompage exige une expertise pointue. **[6]**



Figure 1.9 : pompe volumétrique

1.10 Définition de la maintenance

Selon la norme AFNOR (Association Française de Normalisation) NF-X 60 000, la maintenance est « l'ensemble des activités ayant pour objectif de maintenir ou rétablir un bien dans un état spécifié de fonctionnement pour établir une fonction requise. ». La maintenance rassemble donc l'ensemble des actions techniques (prévention, entretien, dépannage, révision et vérification, réparation, contrôle et diagnostic), mais aussi administratives et de management, permettant à une entreprise de conserver le bon fonctionnement des équipements et d'assurer la production. Les objectifs fixés par la direction permettent de mettre en place une stratégie de maintenance (prise en compte des enjeux humains, techniques, de sécurité, financiers, etc…). De cette stratégie découle ensuite les types de maintenance à déployer. La norme NF-X 60 000 différencie deux grandes familles : la maintenance corrective et la maintenance préventive. **[8]**

1.11 Objectifs de la maintenance dans l'entreprise :

* la production industrielle prévue

*Assurer les normes de qualité des produits fabriqués

*Optimiser la durée de chaque production et des livraisons des produits finis auprès des distributeurs

*Réduire les pollutions et préserver l'environnement

*Diagnostiquer les équipements et les machines industrielles

*Protéger les personnels de son usine et améliorer les conditions de travail **[9]**

1.12 Les méthodes de maintenance :

Le choix entre les méthodes de maintenance s'effectue dans le cadre de la politique de la maintenance et doit s'opérer en accord avec la direction de l'entreprise. Pour choisir, il faut donc être informé des objectifs de la direction, des directions politiques de maintenance, mais il faut connaître le fonctionnement et les caractéristiques des matériels, le comportement du matériel en exploitation, les conditions d'application de chaque méthode, les coûts de maintenance et les coûts de perte de production. Le diagramme suivant synthétise selon la norme NF X 60-000 les méthodes de maintenance. **[10]**

A. La maintenance corrective :

- **Définition :** « Maintenance effectuée après défaillance. ». **[11]**

Défaillance : « Altération ou cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction

Requise. ». **[11]**

On distingue deux formes de défaillance : la défaillance partielle et la défaillance complète.

✓ Défaillance partielle : « Altération de l'aptitude d'un bien à accomplir les fonctions

Requises. ». **[11]**

✓ Défaillance complète : « Cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction

Requise. »

La maintenance corrective a pour objet de redonner au matériel des qualités perdues nécessaires à son utilisation.

Les défauts, pannes ou avaries diverses exigeant une maintenance corrective entraîne une indisponibilité immédiate ou à très brève échéance des matériels affectés ou / et une dépréciation en quantité ou / et en qualité des services rendus. **[11]**

B. La maintenance préventive :

♦ **Définition :** « Maintenance effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention

de Réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu. »

Elle doit permettre d'éviter des défaillances des matériels en cours d'utilisation.

L'analyse des coûts doit mettre en évidence un gain par rapport aux défaillances qu'elle permet d'éviter. **[11]**

♦ **But de la maintenance préventive :**

✓ Augmenter la durée de vie des matériels ;

✓ Diminuer la probabilité des défaillances en service ;

✓ Diminuer le temps d'arrêt en cas de révision ou de panne ;

✓ Prévenir et aussi prévoir les interventions de la maintenance corrective coûteuse ;

✓ Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions

✓ Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc. ;

✓ Diminuer le budget de la maintenance ;

✓ Supprimer les causes d'accidents graves. **[11]**

C. La maintenance préventive systématique :

♦**Définition :**

« Maintenance préventive effectuée selon un échéancier établi selon le temps

Ou le nombre d'unités d'usage. » Cette périodicité d'intervention est déterminée à partir de la mise en service ou après une révision partielle ou complète.

Remarque : Même si le temps est l'unité la plus répandue, d'autres unités peuvent être retenues telles que : la quantité de produits fabriqués ; la longueur de produits fabriqués ; la distance parcourue ; la masse de produits fabriqués ; le nombre de cycle effectué ; etc. **[12]**

♦ **Conditions d'applications :**

Cette méthode nécessite de connaître : le comportement du matériel ; les usures ; les modes de dégradations ; le temps moyen de bon fonctionnement entre deux avaries (MTBF). Remarque : De plus en plus les interventions de la maintenance systématique se font par échanges standards. **[12]**

D. La maintenance préventive :

♦ **Définition :** « Maintenance préventive subordonnée à un type d'événement Remarque :

Prédéterminé, (autodiagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc.), révélateur

De l'état de dégradation du bien. »

La maintenance conditionnelle est donc une maintenance dépendant de l'expérience et faisant intervenir des informations recueil lies en temps réel. On l'appelle parfois maintenance prédictive. **[12]**

♦ **Conditions d'applications**

La maintenance préventive conditionnelle se caractérise par la mise en évidence des points faibles. Suivant les cas il est souhaitable de les mettre sous surveillance et à partir de là, nous

Pouvons décider d'une intervention lorsqu'un certain seuil est atteint, mais les contrôles demeurent systématiques et font partie des moyens de contrôle non destructifs. **[12]**

♦ **Cas d'application**

Tous les matériels sont concernés. Cette maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement. **[12]**

♦ **Avantages :**

La connaissance du comportement est en temps réel à condition de savoir interpréter les résultats.

A ce niveau l'information a un rôle fort intéressant à jouer.

Par exemple : une société a introduit un système de gestion par microprocesseur pour améliorer ou installer un programme de maintenance conditionnelle. Ce système de gestion comporte une centrale de mesure électronique portable, une imprimante et un analyseur de données. Les mesures s'effectuent avec un simple capteur. Les données recueillies sont soit transmises à une imprimante, soit déchargées dans un analyseur de données pour.

Remarque : Ce matériel devra être très fiable pour ne pas perdre sa raison d'être, il est d'ailleurs souvent onéreux mais pour des cas bien choisis il est rentabilisé rapidement. **[12]**

1.13 Les niveaux de maintenance

La norme AFNOR X 60011, présente 5 niveaux de maintenance selon la complexité du travail à réaliser, la compétence des ressources humaines et les moyens matériels nécessaires à la réalisation du travail **[13]**

Niveaux	**Types de travaux**	**Personnel D'intervention**	**Moyens**
1er Niveau	Travaux simples (Réglage, Contrôle)	Exploitant sur Place	Outillage léger défini dans Les consignes de conduite
2éme niveau	Travaux courants (réparation et échange Standard simple)	Personnel habilité	Outillages standard et rechange situé à proximité
3éme niveau	Diagnostic réparation et remplacement	Technicien qualifié	Outillage prédéfinis et appareils de Mesure
4éme niveau	Travaux importants de Maintenance préventive ou corrective	Technicien ou équipe spécialisé	Outillages général et spécialisé
5éme niveau	Travaux de rénovation et reconstruction	Constructeur de matériel où Société spécialisé	Moyens important proche de ceux du constructeur

Conclusion :

Pour être efficace, la méthode de maintenance proposée, doit dans tous les cas être comprise et admise par les responsables de production et avoir l'adhésion de tout le personnel.

Ces méthodes doivent être dans la mesure du possible standardisées entre les différents secteurs (production et périphériques). Ce qui n'exclut pas l'adaptation essentielle de la méthode au matériel (par exemple à un ensemble de machines, à une machine ou à un organe). Avec l'évolution actuelle des matériels et leurs tendances à être plus fiables, la proportion des pannes accidentelles sera mieux maîtrisée. La maintenance préventive diminuera quantitativement d'une façon systématique mais s'améliorera qualitativement par la maintenance conditionnelle. La maintenance préventive, hier expérimentale et subjective, tend aujourd'hui à devenir plus scientifique. **[12]**

Chapitre 2

2.1 Introduction sur les pompes :

Toute machine qui communique de l'énergie mécanique à un liquide peut être regroupée sous l'appellation de pompe. Cette énergie se manifeste essentiellement sous 2 formes : Cinétique pour le débit et potentielle pour la pression.

Une pompe n'est que finalement un ascenseur à énergie : Le liquide qui rentre par sa bride d'aspiration ou de gavage avec un certain niveau d'énergie en ressort avec un niveau plus élevé. Sans rentrer dans les détails, on peut classer ces pompes en quatre grandes familles selon comment elles communiquent leurs énergies : Volumétriques, centrifuges, axiales. De nombreuses pompes dites roto-dynamiques combinent les effets centrifuges et axiaux, il s'agit des pompes hélico-centrifuges ou simplement mixtes. **[12]**

2.2 Principe de fonctionnement :

Une pompe centrifuge est constituée par :

- Une roue à aubes tournant autour de son axe
- Un distributeur dans l'axe de la roue
- Un collecteur de section croissante, en forme de spirale appelée volute.

Le liquide arrive dans l'axe de l'appareil par le distributeur et force centrifuge de la projette vers l'extérieur de la turbine. Il acquiert une grande énergie cinétique qui se transforme en énergie de pression dans le collecteur où la section est croissante. L'utilisation d'un diffuseur (roue à aubes fixes) à la périphérie de la roue mobile permet une diminution de la perte d'énergie. **[14]**

2.3 Rôle des Pompes :

Véhiculer un liquide d'un point à un autre lorsque les caractéristiques du circuit ne permettent pas un écoulement naturel. **[12]**

2.4 Classification générale des pompes :

Toutes les pompes se divisent en deux classes principales selon le mode de
Fonctionnement suivant :

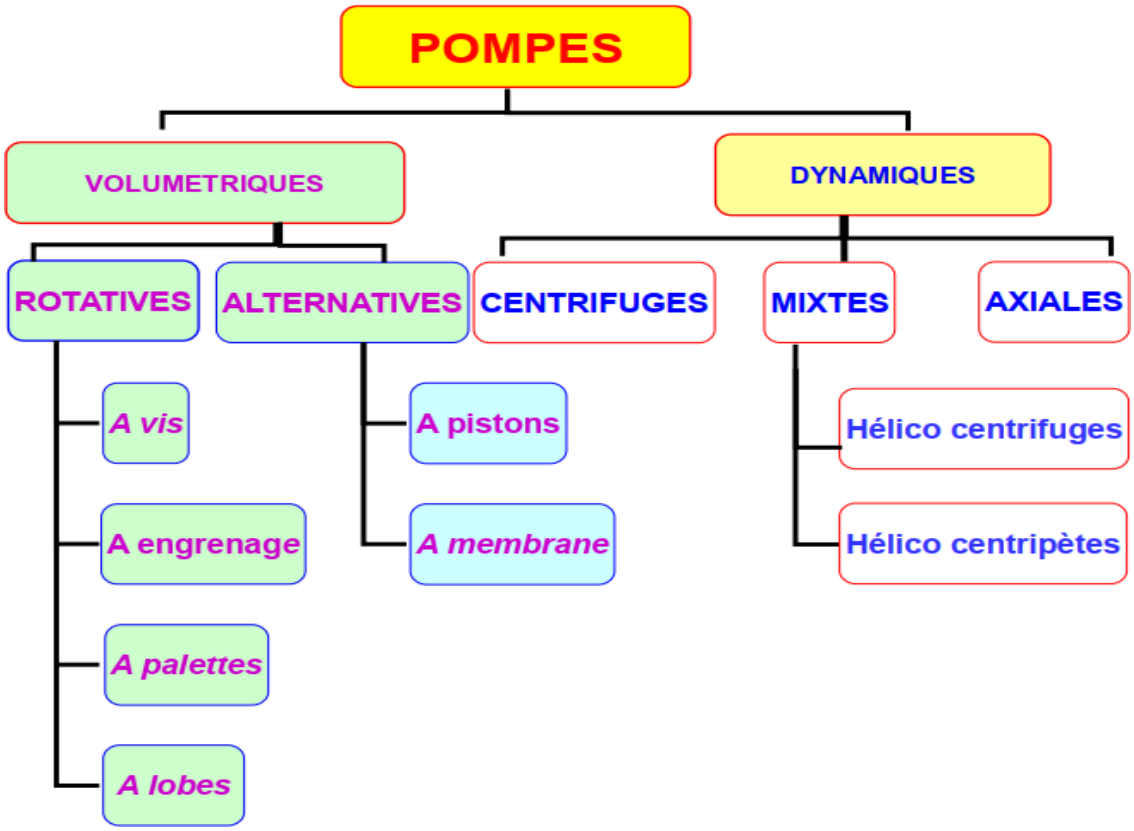


Figure 2.1 : Organigramme des pompes

Les pompes sont des machines qui réalisent l'écoulement d'un fluide (liquide ou gaz) dans un réseau en utilisant une certaine quantité d'énergie fournie par un moteur.

Les caractéristiques de débit et de pression de la pompe déterminent une courbe de fonctionnement de pompe à comparer avec les pertes de charges et le dénivelé du réseau. La comparaison de la courbe de la pompe et du réseau permet de trouver un point de fonctionnement du système pompe réseau. Si le fluide est un liquide, il faudra éviter la Cavitation du conduit d'aspiration ou de la pompe.

Il existe de très nombreux types de pompes classifiées en 2 types : les pompes

Volumétriques et les **turbopompes** : **[12]**

2.4.1. Les pompes volumétriques :

Ont un domaine d'application de pressions jusqu'à 10 000 Bar et des débits de 0.1 à 10 m^3/h. Elles peuvent être rotatives ou alternatives, elles Peuvent s'appliquer aux liquides et aux gaz (compresseurs ou surpresseurs) elles peuvent Générer de grandes pressions : **[12]**

Exemples de Pompes volumétriques rotatives :

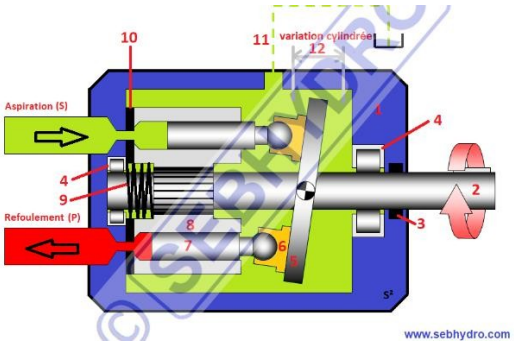


Figure 2. 2 : Pompe à piston [15]

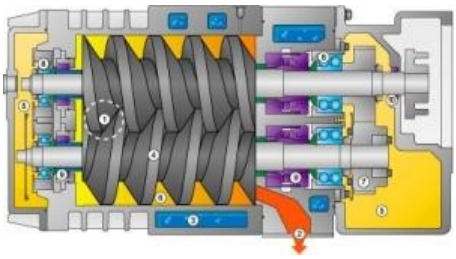


Figure 2. 3 : Pompes à vis [16]

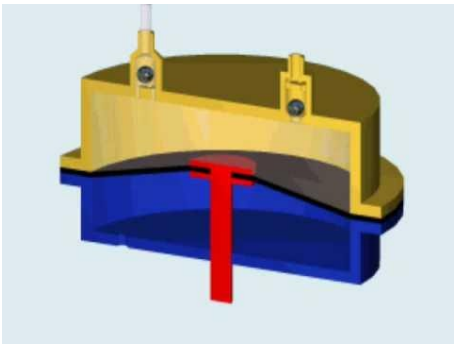


Figure 2.4 : pompes à lobes [17]

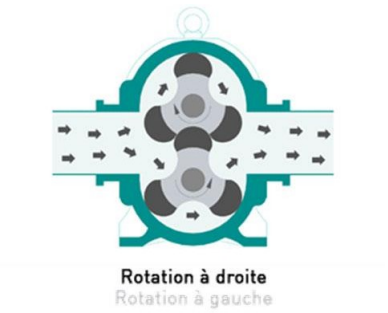


Figure 2.5 : pompes à membrane [18]



Figure 2 .6 : Pompes à engrenages [19]

2.4.2 Les pompes dynamiques

Les pompes dynamiques utilisent le mouvement alternatif de pistons, de diaphragmes ou d'autres composantes mobiles pour déplacer le liquide dans la pompe. Au lieu d'un transfert régulier du liquide, vous obtenez généralement une décharge pulsée avec ce type de pompe, car le fluide est piégé et expulsé dans un volume fixe. Ces pompes ont une conception plus complexe que les pompes dynamiques, mais elles peuvent gérer davantage de variations de débit et de pression. Elles peuvent également traiter des fluides à haute viscosité et à haute pression. **[12]**

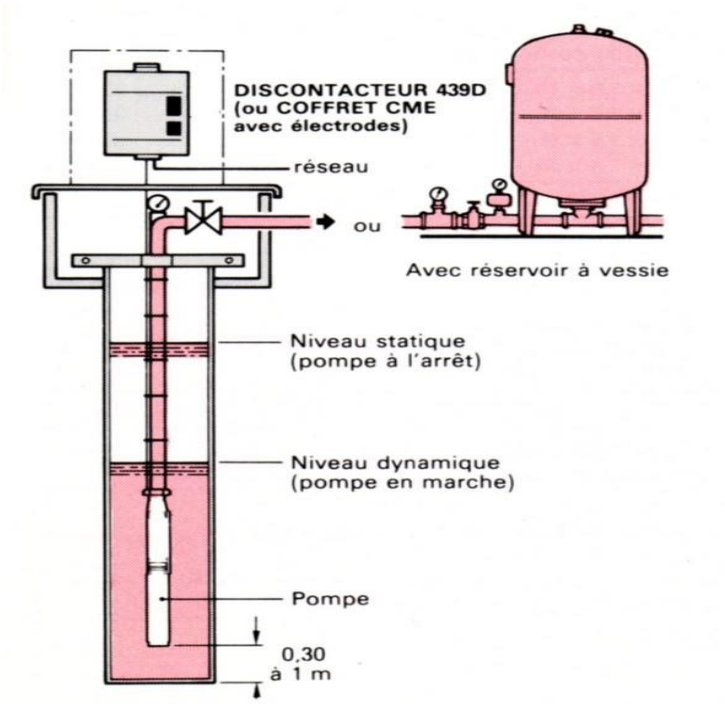


Figure 2.7: schéma d'une pompe dynamique

Voici quelques exemples de pompes dynamiques :

- Pompes centrifuges
- Pompes submersibles
- Pompes auxiliatrices
- Pompes à turbine verticale **[12]**

Exemples des pompes dynamique :

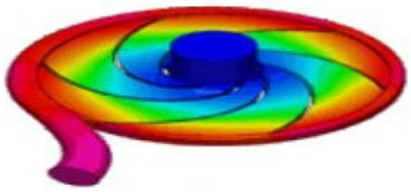


Figure 2 .8 : Radiales centrifuges [17]



Figure 2.9: hélico centrifuges [17]

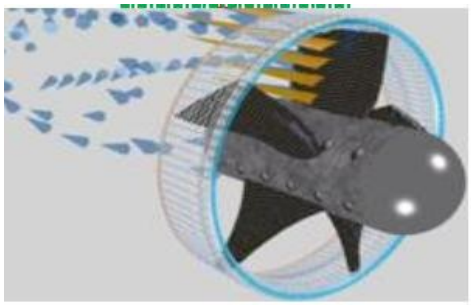


Figure 2.10 : Pompe Axial hélico [17]

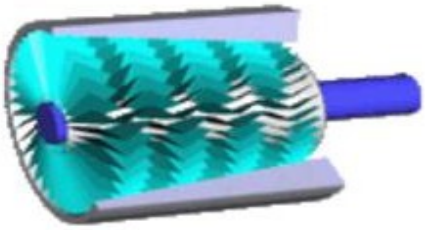


Figure 2.11 : Pompe multiétage [17]

Pour dimensionner et calculer correctement le point de fonctionnement d'une pompe, il faut connaître les paramètres du réseau auquel est destinée la pompe. Ces paramètres sont :

- Le débit volumique m3/s
- La pression de vapeur saturante du fluide si c'est un liquide (permet d'évaluer les Risques de cavitation).
- La hauteur d'aspiration. (Si c'est un liquide)
- La hauteur de refoulement. (Si c'est un liquide)
- La pression ou dépression du réservoir aspiré (devra être ajouté ou soustrait de la Hauteur)
- La pression ou dépression du réservoir de refoulement (devra être ajouté où Soustrait de la hauteur)
- Les pertes de charges à l'aspiration et au refoulement "pertes de charges Régulières" et "pertes de charges singulières"
- Le rendement de la pompe (pour les calculs de consommation d'énergie et de Puissance motrice)
- Le NPSH requis de votre pompe. (Permet d'évaluer les risques de cavitation) **[12]**

2.5 Les pompes centrifuges :

Le moyen le plus simple et le plus répondu pour véhiculer des liquides (Brut, Huile, Eau) est la pompe centrifuge, qui est aussi le moyen le plus économique. Cependant, il existe au moins trois types d'applications pour lesquelles les pompe centrifuge n'est plus efficace : Le **pompage de produits visqueux ;** en effet, à partir d'un certain degré de viscosité l'emploi d'une pompe centrifuge obligerait à recourir à une machine surdimensionnée débitant en dehors de ses caractéristiques optimales, donc avec un très mauvais rendement et, par voie de conséquence, une puissance absorbée très importante. Les problèmes de **dosage précis instantanés,** pour lesquels l'emploi d'une pompe centrifuge obligerait le concepteur de l'installation à utiliser un débitmètre pour asservir la vitesse de la Pompe centrifuge, avec le risque d'utiliser la pompe en dehors de ses caractéristiques optimales. Le **pompage des liquides réputés « susceptible »,** c'est-à-dire fragiles, qui s'accommodent mal des remous internes qui existent dans une pompe centrifuge (lait, vin, bière, liquides volatils, etc.). **[14]**

2.6 Définition d'une pompe centrifuge :

Une pompe centrifuge est destinée à transférer des fluides en utilisant la force concentrique générée par le mouvement de rotation d'une roue. Elle convertit cette énergie de fonctionnement mécanique en énergie hydraulique. L'énergie mécanique induite par le moteur la transforme en énergie cinétique ou en pression d'un fluide incompressible **[20]**.

2.7 Principe de fonctionnement [21]

Une pompe centrifuge dans sa forme la plus simple est constituée d'une roue munie d'ailettes radiales et tournantes à l'intérieur d'une enveloppe corps de pompe. Son principe de fonctionnement est d'utiliser la force centrifuge crée par la rotation de la roue pour transmettre au liquide pompé l'énergie. Le liquide à l'aspiration de la pompe se dirige vers le centre de l'impulser (rotor) en rotation d'où il sera propulsé radialement vers l'extérieur par la force centrifuge. Cette vitesse est ensuite convertie en pression au niveau de diffuseur. :

- **L'aspiration** : Le liquide est aspiré au centre du rotor par une ouverture appelée distributeur dont le rôle est de conduite le fluide depuis la conduite d'aspiration jusqu'à la section d'entrée du rotor. La pompe étant amorcée, c'est-à-dire pleine de liquide, la vitesse du fluide qui entre dans la roue augmente et par conséquent la pression dans l'ouïe diminue et engendre ainsi une aspiration et maintient l'amorçage.

-L'accélération : Le rotor transforme l'énergie mécanique appliquée à l'arbre de la machine en énergie cinétique. A la sortie du rotor, le fluide se trouve projeté dans la volute dont le but est de collecter le fluide et de le ramener dans la section de sortie.

-Le refoulement : Dans l'élargissement en sortie, qui se comporte comme un divergent, le liquide perd de la vitesse au profit de l'accroissement de pression : l'énergie cinétique est convertie en énergie de pression au niveau de diffuseur

2.8 La pompe P101 immergée :

La pompe P101 est une pompe verticale multicellulaire comprenant 6 cellules ou étages. La cellule est composée de :

- Une partie tournante à savoir (impulseur, cône, bague d'espacement) monté sur un arbre.
- Partie statique qui est : le diffuseur, la bague d'usure d'impulseur et le coussinet.
- La pompe est entrainée par un moteur électrique qui a une vitesse de rotation **2900 tr/min** et guidé en rotation par palier et coussinet en bronze, le palier comporte un roulement à une rangée de bille de référence **6316 MC3.**
- Étanchéité assurée par une garniture mécanique simple marque BYRON JAKSON. **[26]**

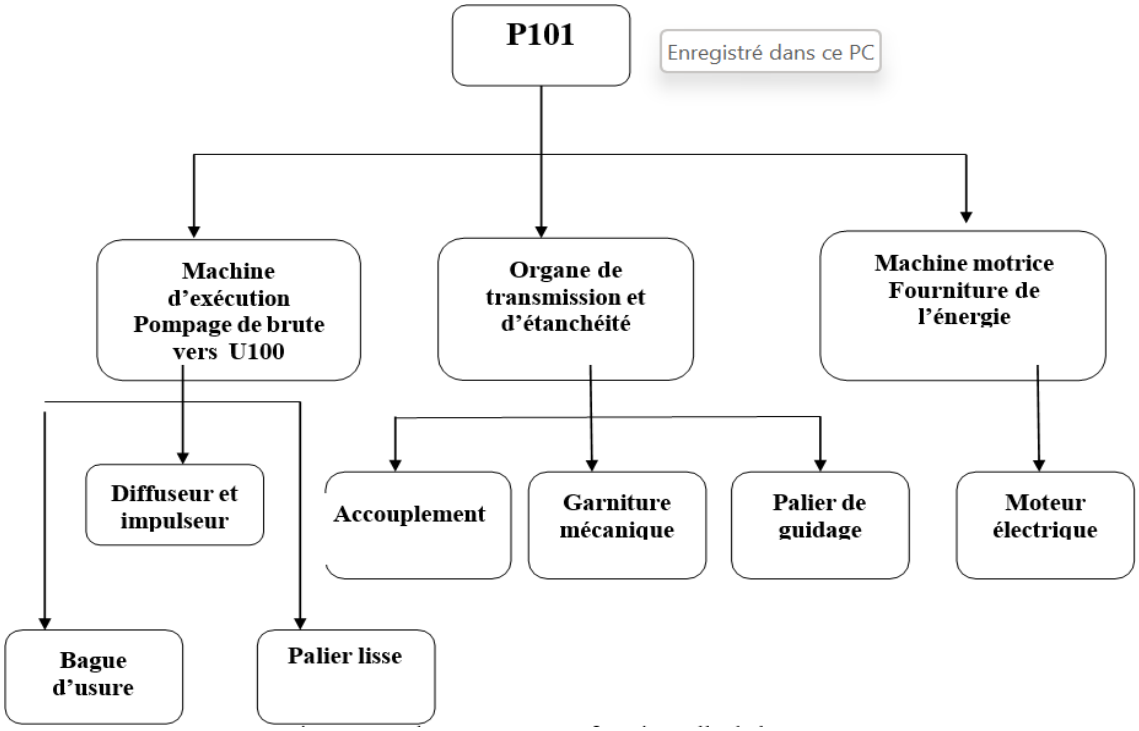


Figure 2.12: organigramme des parties de la pompe p 101.

2.9 Les caractéristiques de moteur électrique de la pompe P101 : [17]

. Constructeur : jeumot Schneider

. Type : Fac 355S2

. Puissance : 150 KW

. Fréquence : 50 Hz

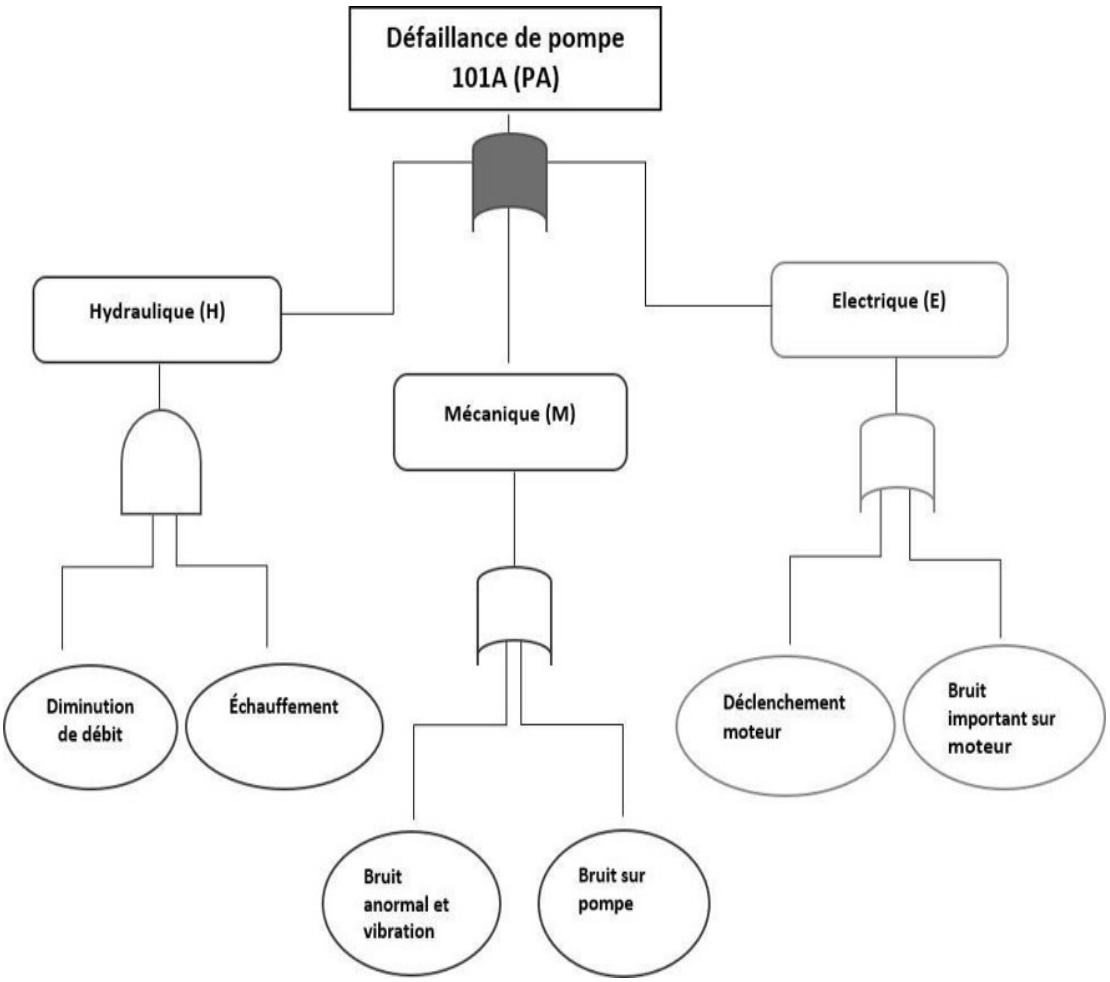


Figure 2.13 : schéma Arbre de défaillance de la pompe p101



Figure 2.14 : vue éclate

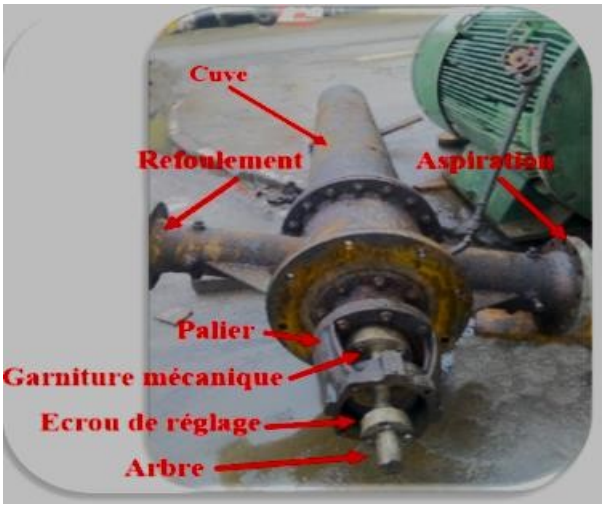


figure 2.15 : vue réelle de la pompe

Conclusion

Ce chapitre explique le rôle des pompes dans le transport des fluides et leur classification principale : pompes volumétriques et pompes dynamiques. Il détaille le fonctionnement des pompes centrifuges, très utilisées en industrie. L'étude de la pompe P101 illustre ses composants et son moteur électrique. Le choix de la pompe dépend des caractéristiques du fluide et des besoins du système

Chapitre 3

3.1 Introduction

L'analyse dynamique constitue une étape fondamentale dans l'étude du comportement vibratoire des systèmes mécaniques et des structures. Elle permet de caractériser les réponses d'un système soumis à des sollicitations périodiques en identifiant ses propriétés intrinsèques. Parmi ces propriétés, les fréquences propres représentent les fréquences naturelles auxquelles le système peut vibrer librement sans excitation externe. Chaque fréquence propre est associée à un mode propre, qui décrit la forme spécifique de la vibration du système à cette fréquence. La compréhension de ces modes est essentielle pour prévoir les déformations et les contraintes susceptibles d'apparaître lors de la mise en service.

Le spectre en fréquence, quant à lui, offre une représentation claire de la réponse dynamique du système en fonction de la fréquence, mettant en évidence les phénomènes de résonance et les amplitudes des vibrations. Cette analyse est cruciale pour la conception, la sécurité et la durabilité des structures, car elle permet d'anticiper les comportements vibratoires indésirables et d'optimiser les performances mécaniques.

Ce chapitre présente donc les concepts clés de l'analyse dynamique, en détaillant les fréquences propres, les modes propres et le spectre en fréquence, afin de fournir une base solide pour l'étude approfondie des systèmes vibratoires.

3.2 Les modes propres

En introduisant les systèmes vibratoires comme des systèmes à un degré de liberté, ou supposés tels, dont l'évolution est décrite par un seul paramètre en fonction du temps, ou on rencontre de tels systèmes, en mécanique avec le simple pendule ou le système masse-ressort, en électricité avec le circuit RLC, on peut modéliser la vibration pour en étudier le comportement.

•Un mode propre correspond à une vibration dans laquelle tous les points du système oscillent à la même fréquence propre, mais avec des amplitudes qui peuvent varier selon la position dans le système. Certains points ont une amplitude maximale, appelés ventres de vibration, tandis que d'autres restent fixes (nœuds).

•Le nombre de modes propres d'un système est égal au nombre de ses degrés de liberté. Par exemple, une corde vibrante tendue avec ses extrémités fixes présente une infinité de modes propres, chacun caractérisé par un nombre entier qui détermine la forme spatiale de la vibration (nombre de nœuds et ventres).

•Chaque mode propre peut vibrer indépendamment des autres, ce qui signifie que l'excitation du système dans un mode donné ne provoque pas l'excitation des autres modes. Cela permet de décomposer le mouvement complexe du système en une superposition de modes propres indépendants **[22]**

3.3 Applications et exemples

•Structures mécaniques et bâtiments : Chaque bâtiment ou structure possède plusieurs modes propres qui déterminent comment il vibre sous excitation, par exemple lors d'un séisme. Le premier mode propre implique généralement la plus grande masse en vibration et la plus longue période, tandis que les modes supérieurs ont des périodes plus courtes et des formes de vibration plus complexes.

•Systèmes à plusieurs degrés de liberté : Par exemple, un système à deux masses reliées par des ressorts peut vibrer selon deux modes propres distincts — un où les masses oscillent en phase et un autre où elles oscillent en opposition de phase, chacun avec une fréquence propre différente**. [23]**

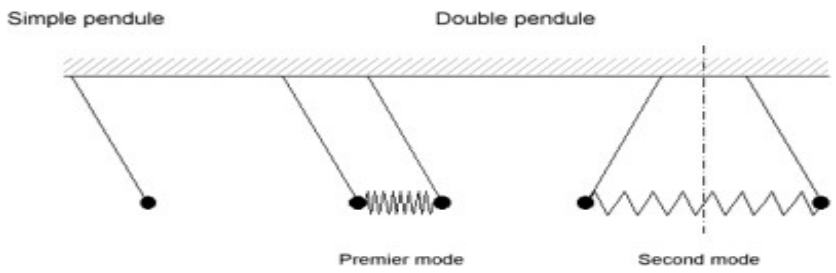


Figure 3.1 : schéma de pendule

3.4 Analyse modale : Lois sous forme matricielle

3.4.1 Équation du mouvement (forme matricielle)

L'équation générale du mouvement d'un système mécanique à plusieurs degrés de liberté s'écrit : **[24]**

$$[M]\ddot{u}(t) + [C]\dot{u}(t) + [K]u(t) = F(t) \quad (3.1)$$

- M : matrice de masse globale
- C : matrice d'amortissement globale

• K : matrice de rigidité globale

• U(t) : vecteur des déplacements

• F(t) : vecteur des forces appliquées

3.3.2. Problème aux valeurs propres (cas non amorti)

En négligeant l'amortissement (C=0) et en considérant les solutions libres (F(t)=0) sous la forme harmonique $U(t)=\Phi e^{j\omega t}$, on obtient : **[25]**

$$(K-\omega^2 M)\ \Phi=0 \qquad (3.2)$$

• ω : pulsation propre (fréquence propre)

• Φ : vecteur propre (mode propre)

La condition pour l'existence de solutions non triviales est : **[26]**

$$\det(K-\omega^2 M)=0 \qquad (3.3)$$

Cette équation permet de déterminer les fréquences propres du système.

3.3.3. Décomposition modale

Les vecteurs propres Φi forment une base modale. Ainsi, tout déplacement peut s'exprimer comme une combinaison linéaire des modes propres : **[27]**

$$U(t)=\sum_{i=1}^{N} qi(t)\Phi i \qquad (3.4)$$

• qi(t) : coordonnées modales

• N : nombre de degrés de liberté

3.3.4. Propriétés des matrices

• M et K sont des matrices symétriques et définies positives dans le cas linéaire.

• Φ est la matrice modale dont les colonnes sont les vecteurs propres.

• Les coefficients des matrices traduisent l'interaction entre les différents degrés de liberté.

Loi/Principe	**Formulation matricielle principale**
Équation du mouvement	$M\ddot{U}+CU+KU=F$
Problème aux valeurs propres	$(K-\omega^2M)\ \Phi=0$
Condition d'existence des modes	$\det(K-\omega^2M)=0$
Décomposition modale	$U(t)=\sum qi(t)\Phi i$
Transformation modale	$q(t)= \Phi^{-1}U(t)$
Matrice modale	Φ

3 .4 Les fréquences propres

3.4.1 Définition

Les fréquences propres (ou fréquences naturelles) d'un système mécanique sont les valeurs spécifiques de fréquence auxquelles ce système vibre naturellement lorsqu'il est excité et laissé libre de ses mouvements, sans force extérieure continue. Ces fréquences correspondent aux modes de vibration caractéristiques de la structure.

3.4.2 Contexte physique

Lorsqu'une structure est soumise à une excitation, elle peut vibrer à différentes fréquences. Parmi ces fréquences, certaines sont dites propres car elles correspondent à des états de vibration où l'énergie est concentrée dans des formes modales particulières, sans apport ni perte d'énergie (dans le cas idéal sans amortissement).

3.4.3 Calcul des fréquences propres

Dans le cadre de l'analyse modale, les fréquences propres sont obtenues en résolvant le problème aux valeurs propres suivant (cas sans amortissement) :

$$(K-\omega^2M)\ \Phi=0$$

• K : matrice de rigidité

• M : matrice de masse

• ω : pulsation propre (en radians par seconde)

• Φ : vecteur propre (mode propre)

La condition pour obtenir des solutions non triviales est :

$$\det(K-\omega^2 M)=0$$

La résolution de cette équation donne de ω^2 , d'où les fréquences propres en hertz : **[29]**

$$f_i = \frac{\omega_i}{2\pi}$$

3.4.4 Importance des fréquences propres

• Résonance : Si une excitation extérieure a une fréquence proche d'une fréquence propre, la structure peut entrer en résonance, provoquant des amplitudes de vibration très importantes, potentiellement dangereuses.

• Conception : Connaître les fréquences propres permet d'éviter la résonance en adaptant la conception ou en ajoutant des dispositifs d'amortissement.

• Diagnostic : En ingénierie, l'identification des fréquences propres permet de détecter des défauts ou des modifications structurelles (ex : fissures, corrosion).

Exemple simple : système masse-ressort, Pour un système simple masse-ressort sans amortissement, la fréquence propre est donnée par : **[30]**

$$\mathrm{f} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\mathrm{k}}{\mathrm{m}}}$$

• k : raideur du ressort

• m : masse

3 .5 Le spectre en fréquence

Le spectre en fréquence est une représentation qui montre comment l'énergie ou l'amplitude d'un signal vibratoire est répartie selon les différentes fréquences. En analyse modale, il permet d'identifier les fréquences propres (naturelles) et les modes de vibration d'une structure. **[28]**

3.5 .1 Principes fondamentaux

- Lorsqu'une structure est excitée, sa réponse vibratoire dans le temps peut être transformée en domaine fréquentiel grâce à la transformée de Fourier ou à d'autres méthodes spectrales.
- Cette transformation produit un spectre où les pics correspondent aux fréquences propres de la structure, c'est-à-dire aux fréquences auxquelles elle vibre naturellement.
- La fonction qui relie l'excitation à la réponse en fréquence est appelée fonction de transfert en fréquence (FRF) ou transmittance, notée H(f). Elle est obtenue par convolution entre l'excitation et la réponse, puis transformée en domaine fréquentiel. **[28]**

3 .5 .2 Méthodes d'obtention

- Balayage en fréquence : excitation sinusoïdale dont la fréquence varie lentement (stepped sine) ou rapidement (sine sweep, chirp).
- Excitation aléatoire : bruit blanc ou excitation stochastique, avec analyse des densités spectrales de puissance.
- Analyse spectrale : calcul des fonctions de transfert et densités spectrales à partir des signaux mesurés. **[28]**

3.5.3 Interprétation et utilité

- Les pics du spectre indiquent les modes de résonance et les fréquences naturelles.
- La forme et la largeur des pics donnent des informations sur l'amortissement des modes.

- Le spectre en fréquence est essentiel pour valider les modèles numériques, diagnostiquer des défauts, et optimiser la conception des structures pour éviter les phénomènes de résonance nuisibles. **[28]**

3.6 Energie mécanique dans un système vibratoire

Dans un système vibratoire, l'étude des énergies permet de mieux comprendre le comportement dynamique global. L'Energie mécanique totale d'un système conservatif est la somme de l'Energie cinématique et de l'Energie potentielle.

3.6.1 Énergie cinétique :[31]

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

Où :

- E_c : énergie cinétique (J)

- m : masse (kg)

- v : vitesse instantanée (m/s)

3.6.2 Énergie potentielle : [32]

$$E_p = \frac{1}{2}Kx^2$$

Où :

-E_p : énergie potentielle (J)

-k : raideur du système (N/m)

- x : déplacement (m)

Conclusion

Le spectre en fréquence est un outil essentiel pour analyser les vibrations des structures. Il permet de transformer les signaux temporels en informations fréquentielles, facilitant ainsi l'identification des fréquences propres et des modes de vibration. Cette analyse est cruciale pour comprendre le comportement dynamique, détecter la résonance, et optimiser la conception des systèmes mécaniques. Maîtriser le spectre en fréquence contribue à améliorer la fiabilité et la sécurité des structures soumises à des sollicitations dynamiques.

Chapitre 4

4.1 Introduction :

Dans ce chapitre on présente une conception inverse de la pompe étudiée en utilisant SolidWorks © dans le but d'essayer de minimiser les vibrations enregistrées durant le fonctionnement. Et cela en essayant de modifier quelques paramètres liés à la géométrie ou au matériau constituant des parties essentielles de cette dernière.

4.2 Présentation du logiciel SOLIDWORKS©

Le logiciel de CAO SOLIDWORKS© est une application de conception mécanique 3D paramétrique développé par Dassault Système, qui permet aux concepteurs d'esquisser rapidement des idées, d'expérimenter des fonctions et des cotes afin de produire des modèles et des mises en plan précises.

4.3 Conception des différentes pièces



Figure 4.1 : Ligne d'arbres

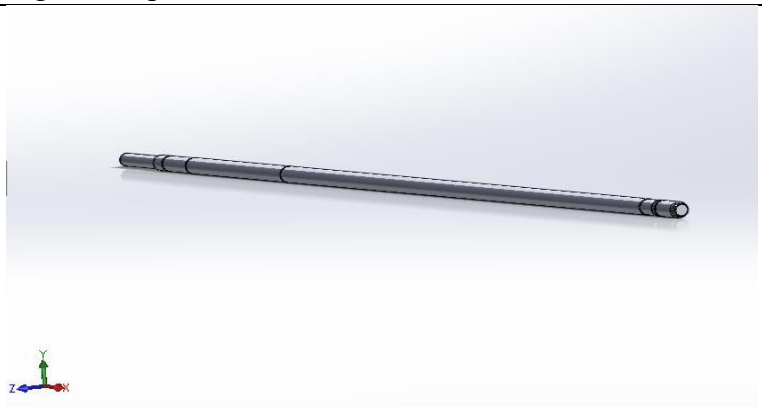
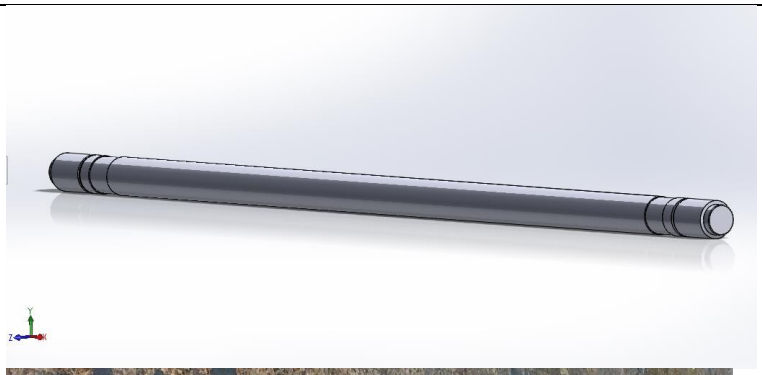
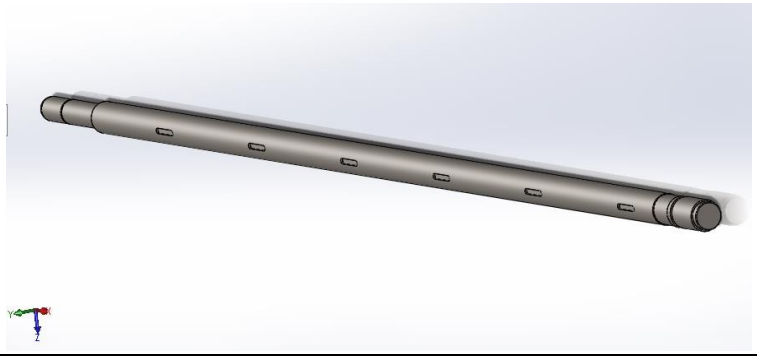


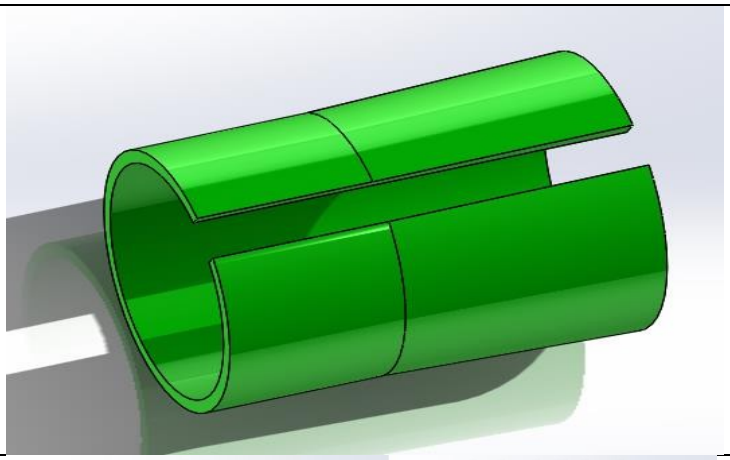
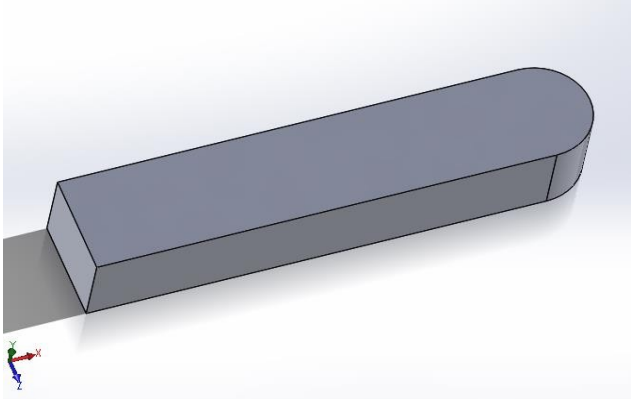
Figure 4.2 : Assemblage étudié

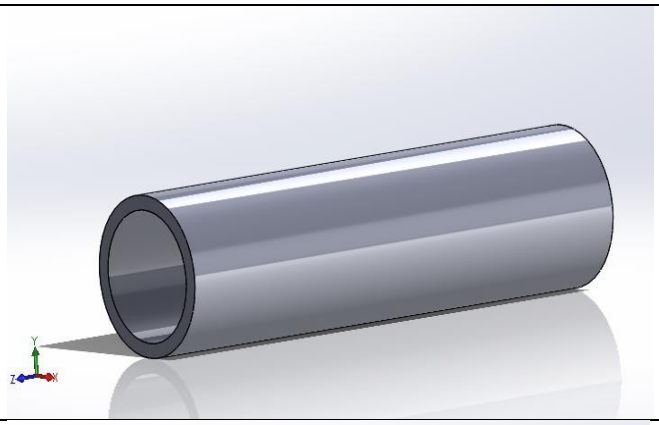
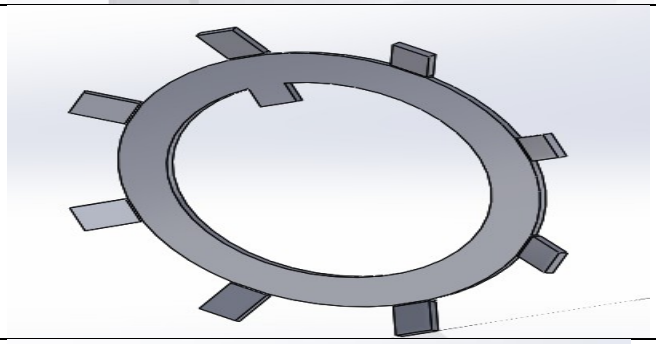
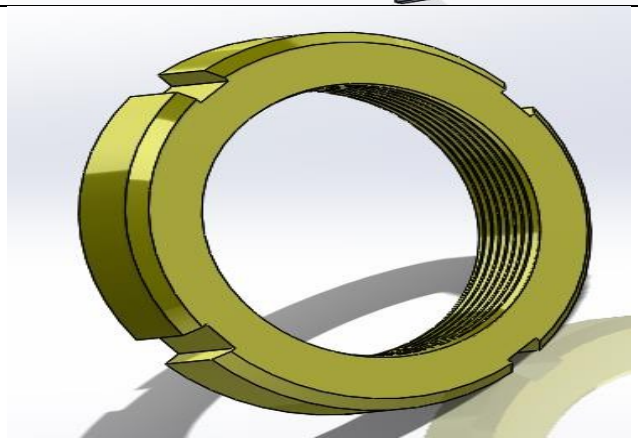
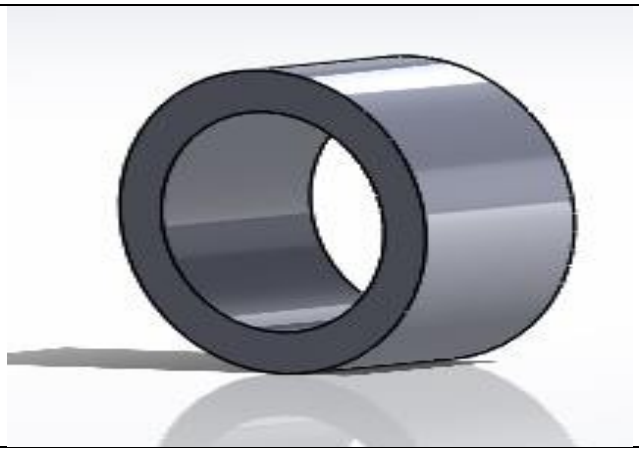


Figure 4.3 : Vue éclate

Tableau 4.1 : Tableau qui représente les pièces d'étude

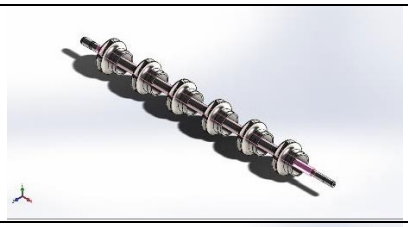
Nom de pièce	Figure des pièces
Arbre de tète	
Arbre intermédiaire	 
Arbre de Pompe P101	

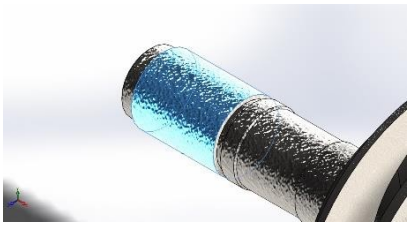
Entretoise de Pompe	
Impulseur de Pompe	
Clavâtes	

Chemises de Pompe	
Rondelle en couche	
Ecrou en encoche	
Entretoise d'arbre	

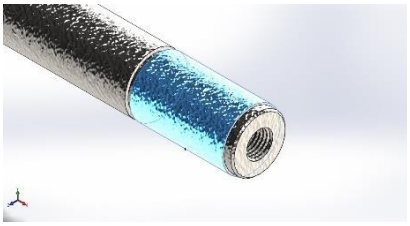
4.4L'Analyse dynamique des éléments roulants

Tableau 4.2: Tableau qui représente les conditions aux limites (Charges et fixations)

Nom du chargement	Charger l'image	Détails du chargement
Centrifuge-1		**Centrifuge, Réf: Visage < 1 >** **Vitesse angulaire: 27 687,8rad/s** **Accélération angulaire: 0rad/s^2**
Couple-1		**Entités: 1 visage(s)** **Référence: Visage < 1 >** **Type: Appliquer le couple** **Valeur: -500 milles marins**



Palier 1



Palier 2

Figure 4.4: En placement des paliers

4.1.1 Informations sur le maillage

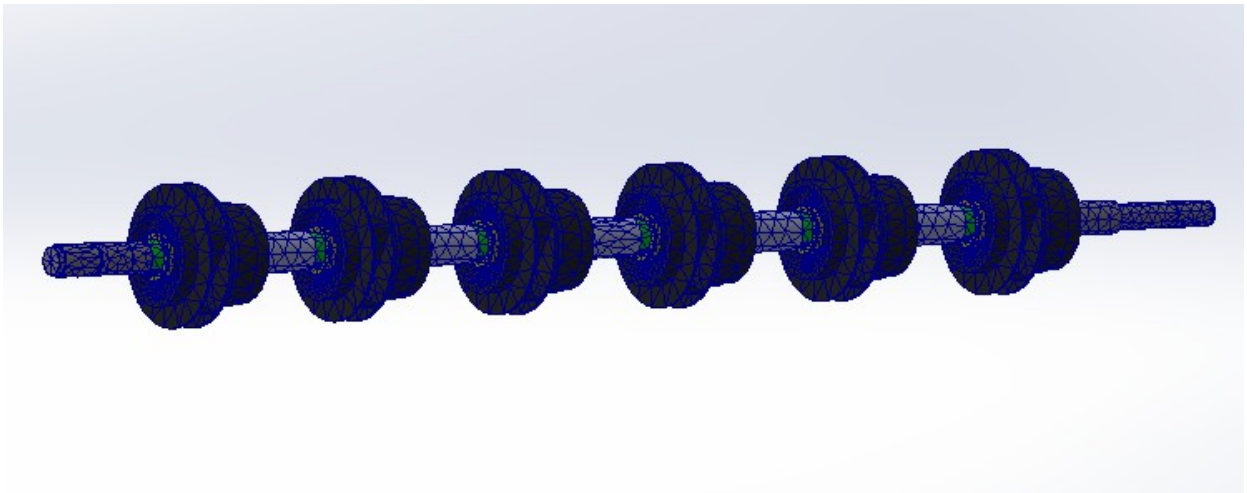


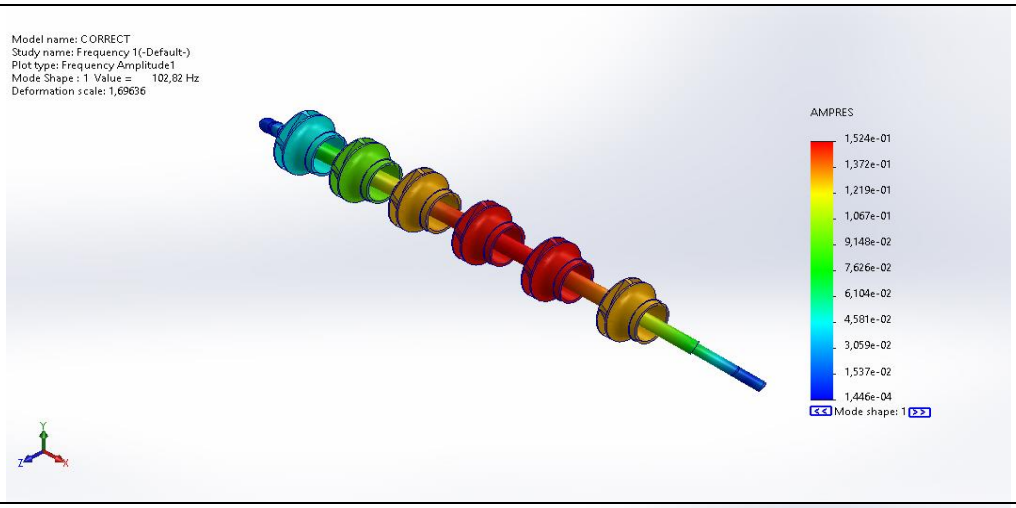
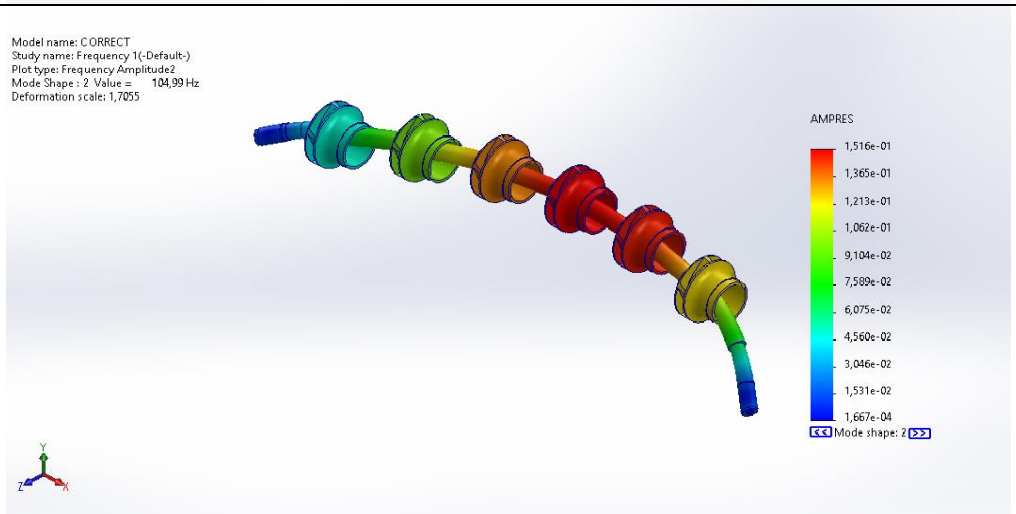
Figure 4.5 : maillage

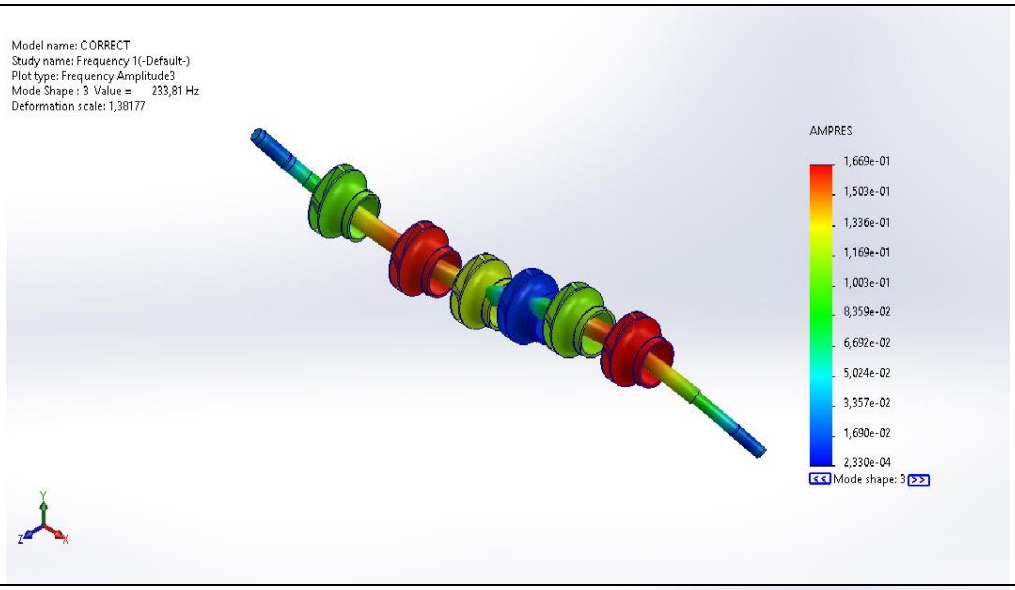
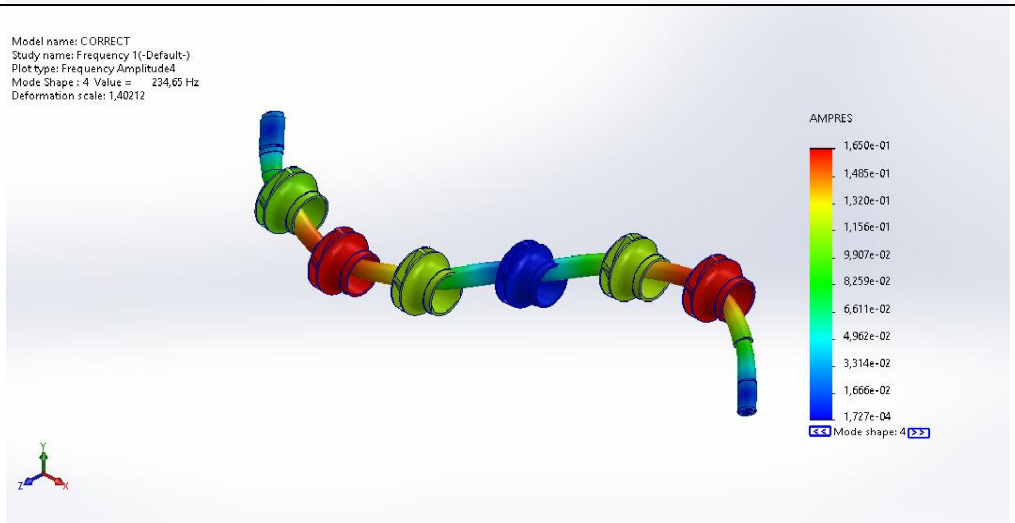
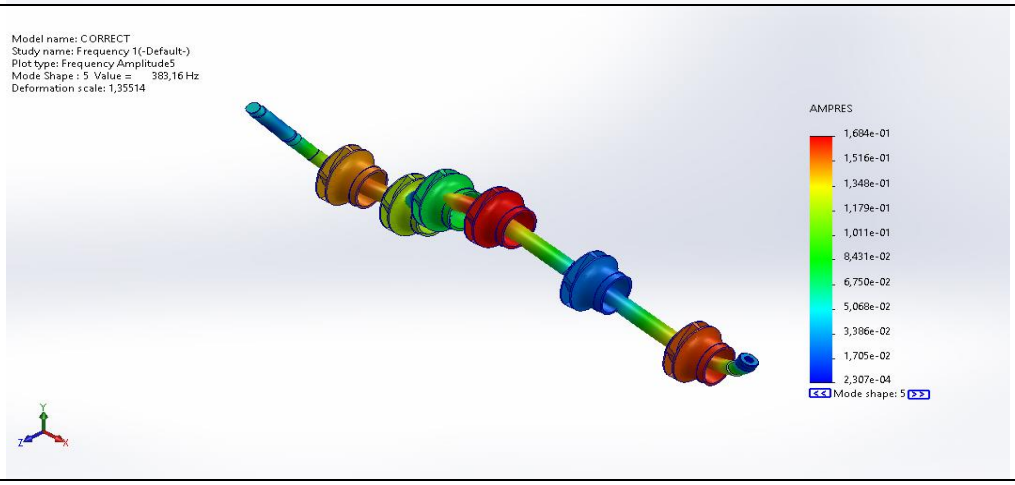
Tableau 4.3 : Tableau qui représenté information sur le maillage

Type de maille	Maille mixte
Vérification jacobienne de la coquille	Sur
Taille maximale de l'élément	59,4313 millimètres
Taille minimale de l'élément	2 97157 millimètres
Qualité du maillage	Haut
Nombre total de nœuds	107272
Total des éléments	54817

4.5Liste des fréquences propres

Tableau 4.4 : Tableau qui représente les fréquences propres

Num de Mode	Les modes propres	**Fréquence Propre (Hz)**
1		**102,82**
2		**104,99**

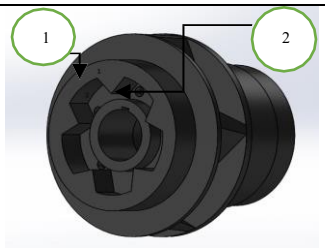
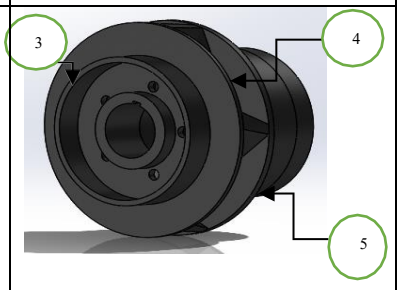
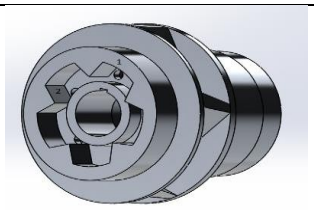
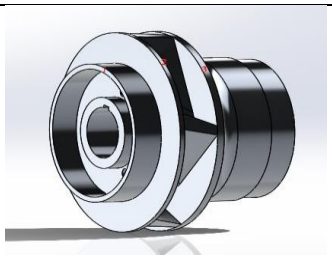
3		**233,81**
4		**234,65**
5		**383,16**

4.6 Solutions proposées :

On propose deux cas de tableau, modification sur la géométrie (en ajoutant ou enlevant de la matière) ou un changement de matière (Acier / Aluminium (7075-O)) selon le tableau ci-dessous :

Remplacer le matériau des impulseurs (acier) par de l'aluminium, tout en retirant une partie de la masse.

Tableau 4. 5 : Tableau qui représente modification sur la géométrie

Matière	Type de Modification	Figure
Acier	Ajout	
	Enlèvement	
Aluminium (7075-O)	Ajout	
	Enlèvement	

1 → Dans sa section on a fait une modification d'augmenté le diamètre pour 6mm

2 → Nous mettons une masse triangulaire est ajoutée

3 → Dans sa section on a minimisé le diamètre pour 4 mm

4 → Dans sa section on a minimisé le diamètre de 1 mm

5 → Dans sa section on a minimisé le diamètre de 2 mm

Tableau4.6 : Tableau de propriété d'aluminium **[29]**

Propriété	**Valeur**	**Unités**
Module d'élasticité	7.19999992e+10	N/m^2
Coefficient de Poisson	0.33	S.O.
Limite de traction	219999997.9	N/m^2
Limite d'élasticité	94999999.42	N/m^2
Module tangent		N/m^2
Coefficient de dilatation thermique	2.4e-05	/K
Masse volumique	2810.000061	kg/m^3
Facteur d'écrouissage	0.85	S.O.

4.7Analyse Dynamique

L'étude des vibrations dans les systèmes mécaniques, en particulier dans les structures rotatives telles que les pompes reposent sur la compréhension de l'interaction entre les propriétés du matériau, la géométrie et la masse. Dans ce contexte, cette recherche vise à analyser le comportement dynamique fréquentiel de la pompe par l'identification de ses fréquences propres, afin de vérifier leur accord avec la fréquence d'excitation principale (50 Hz) et ses harmoniques, notamment 100 Hz, zone critique susceptible de provoquer une résonance mécanique, phénomène très dangereux pour la sécurité et la durabilité du système.

L'analyse s'effectue via une étude fréquentielle (Frequency Study) dans SolidWorks Simulation, en considérant deux matériaux (acier et aluminium) avec deux configurations de masse

(Ajout et retrait). Les fréquences naturelles mesurées ont été interprétées pour identifier la configuration la plus adéquate du point de vue dynamique.

4.1.2 Formulation de la fréquence propre :

La fréquence propre fondamentale f_n d'un système peut être estimée selon la relation suivante :

$$f_n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

Où :

f_n : la fréquence propre (Hz) ; k : la raideur totale du système (N/m) ; m : la masse totale (kg).

Cette équation montre que :

- f_n Augmente avec la **racine carrée de la raideur** k,
- f_n Diminue avec la **racine carrée de la masse** m.

Dans notre cas d'étude, cette relation met en évidence un comportement critique lié à la configuration actuelle du système. L'analyse fréquentielle a permis d'identifier que la première fréquence propre du système (102,82 Hz) est très proche de la deuxième harmonique de la fréquence de service, soit 2 × 50 Hz = 100 Hz. Cette coïncidence entraîne un risque élevé de résonance, ce qui pourrait expliquer les vibrations observées sur la pompe d'origine. À notre avis, cette proximité fréquentielle est la principale cause des vibrations mécaniques constatées, et constitue donc un point critique dans le dimensionnement du système.

Par conséquent, il devient impératif d'éloigner cette fréquence propre des zones critiques.

Pour ce faire, plusieurs solutions peuvent être envisagées :

· Modifier la géométrie de la pièce (impulseur), en ajoutant ou en retirant de la matière, ce qui agit respectivement sur la masse et la rigidité.

· Changer le matériau, ce qui affecte à la fois la raideur (modules d'Young) et la masse volumique.

Par conséquence, Toute modification du matériau, de la masse ou de la géométrie modifie donc f_n et son rapprochement ou éloignement des zones de résonance.

D'après cette relation, on peut influencer la fréquence propre soit :

- En augmentant la raideur (par choix de matériau plus rigide),
- En diminuant la masse,
- Ou en agissant sur la géométrie pour modifier les deux à la fois.

4.1.3 Résultats synthétiques des fréquences naturelles :

Tableau 4. 7 : Tableau qui représente les résultats des fréquences

Mode	Acier (original)	Acier avec enlèvement de matière	Acier avec ajout de matière	Aluminium (original)	Aluminium avec enlèvement De matière	Aluminium avec ajout de matière
1	102,82 Hz	101,83 Hz	97,64 Hz	110,14 Hz	110,34 Hz	109,45 Hz
2	104,99 Hz	105,92 Hz	105,08 Hz	112,08 Hz	112,33 Hz	113,45 Hz
3	233,81 Hz	232,73 Hz	227,83 Hz	250,55 Hz	250,88 Hz	250,60 Hz
4	234,65 Hz	236,24 Hz	233,74 Hz	250,99 Hz	251,28 Hz	253,33 Hz
5	383,16 Hz	384,31 Hz	373,28 Hz	418,65 Hz	419,69 Hz	417,81 Hz

Discussion par cas

1. Acier (matériau original)

- Le Mode 1 est à 102,82 Hz, très proche de 2×50 Hz = 100 Hz.
- Ce très faible écart indique un risque important de résonance.

Conclusion : configuration non sécurisée dynamiquement.

2. Acier avec ajout de matière modification de la masse seule

- Réduction de masse → Mode 1 : 101,83 Hz (reste dangereux).
- Ajout de masse → Mode 1 : 97,64 Hz (toujours dans la zone critique).

Interprétation : selon la formule $f_n \Leftrightarrow \sqrt{\frac{1}{m}}$, une variation de masse seule, sans changement de raideur, a un effet limité sur le décalage de f_n.

Conclusion : modifier la masse seule n'extrait pas suffisamment le système des zones à risque.

3. Aluminium (avec ou sans variation de masse)

- Mode 1 ≥ 109 Hz dans toutes les configurations.
- Bien au-delà de 100 Hz, assurant un écartement sécuritaire de la zone à risque.

Explication : L'aluminium, malgré un E plus faible (70 vs 210 GPa), possède une densité beaucoup plus basse (≈2700 vs 7800 kg/m³).

Sa raideur spécifique $\frac{E}{\rho}$ est très proche de celle de l'acier (écart < 4 %), ce qui lui permet d'atteindre des fréquences dynamiques comparables, voire supérieures, et d'offrir un excellent compromis poids/performance.

Conclusion : l'aluminium garantit un comportement dynamique stable, y compris avec des variations de masse, et maintient le système hors des zones de résonance.

4.8 Discussion

- ✓ La variation du matériau (acier → aluminium) a un impact plus significatif sur f_n que la seule modification de la masse.
- ✓ L'aluminium combine un poids réduit et une raideur dynamique élevée, offrant un avantage net dans les systèmes sensibles aux vibrations.
- ✓ Les fréquences doivent être éloignées de minimum 10 % des harmoniques pour éviter la résonance.
- ✓ La raideur spécifique E/ρ est un critère crucial dans le choix des matériaux pour ce type d'étude.
- ✓ L'aluminium est privilégié quand la légèreté, la résistance à la corrosion et la conductivité thermique sont essentielles.
- ✓ Le fer (et ses alliages comme l'acier) est préféré pour sa robustesse, sa durabilité et son coût plus faible, surtout dans les applications lourdes et à haute température.
- ✓ L'aluminium coûte plus cher à l'achat, mais ses économies sur le transport et l'entretien peuvent compenser ce surcoût.
- ✓ Le fer nécessite souvent des traitements anticorrosion, ce qui augmente les coûts de maintenance.

Cette comparaison est issue principalement de l'analyse détaillée d'Artizono **[33]**

4.9 Solution optimale proposée pour cette étude

Sur la base des résultats numériques obtenus et des considérations physiques discutées, la solution la plus fiable et la plus sûre pour garantir une stabilité dynamique satisfaisante de la pompe étudiée est la suivante :

Remplacer le matériau des impulseurs (acier) par de l'aluminium, tout en retirant une partie de la masse, remplacement du matériau des impulseurs (Acier) par de l'Aluminium, tout en retirant la matière des endroits spécifier

Ce choix assure un équilibre optimal entre plusieurs critères essentiels :

- ✓ Un niveau de fréquence propre élevé, bien éloigné de la première harmonique de la fréquence de service critique (100 Hz), réduisant ainsi le risque de résonance.
- ✓ Une réduction significative de la masse, diminuant les charges supportées par les paliers et

améliorant le rendement global du système.

- ✓ Une fabrication plus aisée et économique grâce à la bonne usinabilité de l'aluminium comparée à celle de l'acier.

Par ailleurs, l'utilisation de l'aluminium avec enlèvement de matière constitue une solution pratique et performante, particulièrement adaptée aux applications industrielles nécessitant une excellente stabilité vibratoire, sans compromettre la sécurité ni l'efficacité.

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce mémoire suit une démarche scientifique, combinant une revue bibliographique et une modélisation numérique. Il est organisé en quatre chapitres clairs qui abordent successivement les concepts de base, l'étude de cas, l'analyse dynamique, et la conception modifiée. Les méthodes utilisées, notamment l'analyse modale et la simulation numérique avec le logiciel SolidWorks©, ont permis de réaliser une conception inverse, de modifier la géométrie et les matériaux, ainsi que d'effectuer une analyse dynamique pour déterminer les fréquences propres des pièces rotatives de la pompe étudiée. Ces approches respectent les standards actuels en génie mécanique et maintenance industrielle.

Les résultats obtenus démontrent l'importance entre l'analyse vibratoire et conception mécanique pour améliorer la fiabilité des machines tournantes. Les propositions d'optimisation Matérielle et géométrique de l'impulseur, validées par simulation, illustrent la pertinence des outils numériques dans la résolution de problématiques industrielles complexes.

Ce mémoire contribue ainsi à enrichir la connaissance sur les pompes centrifuges et ouvre des perspectives pour des travaux futurs, notamment en expérimentant les solutions proposée (modification sur l'impulseur comme ajoute la matière et enlèvement de la matière) en conditions réelles et en explorant d'autres techniques avancées de réduction des vibrations Comme le contrôle actif et le contrôle passif des vibrations.

Les difficultés rencontrées dans notre mémoire sont :

- Manque d'expérience dans le domaine d'analyse dynamique
- Absence d'appareils de mesure scientifique dans la société de Sonatrach
- Les plans secrets

Les références

Les références

[1] https://fr.wikipedia.org/wiki/Rotor_(%C3%A9lectrotechnique) (14/05/2025)

[2] Conception et développement d'un simulateur Des défauts des machines tournantes réalise par TITRAOUI Amine TOUBAL Hamza (14/05/2025)

[3] https://energieplus-lesite.be/techniques/cogeneration9/turbine/ (17/05/2025)

[4] https://areacooling.com/areacademy/fr/compresseurs-dfinition-classification-et-types/ (27/05/2025)

[5] https://www.groupehms.fr/compresseur-rotatif-a-vis-fonctionnement.html

[6] https://www.onet.fr/blog/pompage-industriel-guide-sur-les-systemes-et-applications/ (01/06/2025)

[7] https://www.ksb-fluidexperts.fr/tout-savoir-sur-la-pompe-centrifuge/

[8] https://www.tribofilm.fr/les-differents-types-de-maintenance/ (10/02/2025)

[9] https://www.picomto.com/5-types-de-maintenance-a-connaitre-absolument/ (10/02/2025)

[10] https://fac.umc.edu.dz/ista/pdf/cours/cours%20maintenance.pdf (03/04/2025)

[11] Cour maintenance Pr. M. GUEMANA université Médéa (03/04/2025)

[12] https://omnifab.ca/pompes-industrielles/ (07/05/2025)

[13] https://dati-plus.com/niveau-de-maintenance-norme-afnor/ (03/06/2025)

[14] https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/archives-th12/archives-machines-hydrauliques-aerodynamiques-et-thermiques-tiabl/archive-1/pompes-volumetriques-pour-liquides-b4320/

[15] https://www.hydrauliquesimple.com/moteurs-et-pompes-hydrauliques-partie-2/

[16] https://www.vacuum-guide.com/francais/technique/hw-seches.htm

[17] de stage de fin de formation réalise par Farouk lachibi *Et Bouyahiaoui Ahmed*

[18] https://www.euforinter.be/fr/borger-pompes-liquides-charges

[19] https://www.experthydraulique.com/comment-calculer-le-debit-dune-pompe

[20] https://tapflo.fr/guide/guide-des-pompes-centrifuges-a-application-industrielle (06/06/2025)

[21] https://biblio.univ-annaba.dz/ingeniorat/wp-content/uploads/2022/03/5.-Memoire-DJEBABLA-Basma-DJELLALI-Badis-M2-Maint-2021.pdf (07/06/2025)

[22] https://pedagotech.inp-toulouse.fr/200902/co/sp3_7.html (07/06/2025)

[23] https://www.dlubal.com/fr/support-et-formation/support/base-de-connaissance/001878 (15/06/2025)

[24] https://www.mechanics-industry.org/articles/meca/pdf/2005/05/mi03090.pdf (15/06/2025)

[25] SCIA5202 - Structural Dynamics (Sathyabama) Vibration libre non amortie et modes propres PAGE 9

[26] Clough, R. W., & Penzien, J. (1993). Dynamics of Structures. McGraw-Hill. PAGE 10

[27] Meirovitch, L. (2001). Fundamentals of Vibrations. McGraw-Hill. PAGE 150

[28] **https://www.polytec.com/fr/vibrometrie/analyse-modale (15/06/2025)**

[29] StudySmarter sur l'oscillateur harmonique simple

[30] Meirovitch, L. (2001). Fundamentals of Vibrations. McGraw-Hill. Page 36

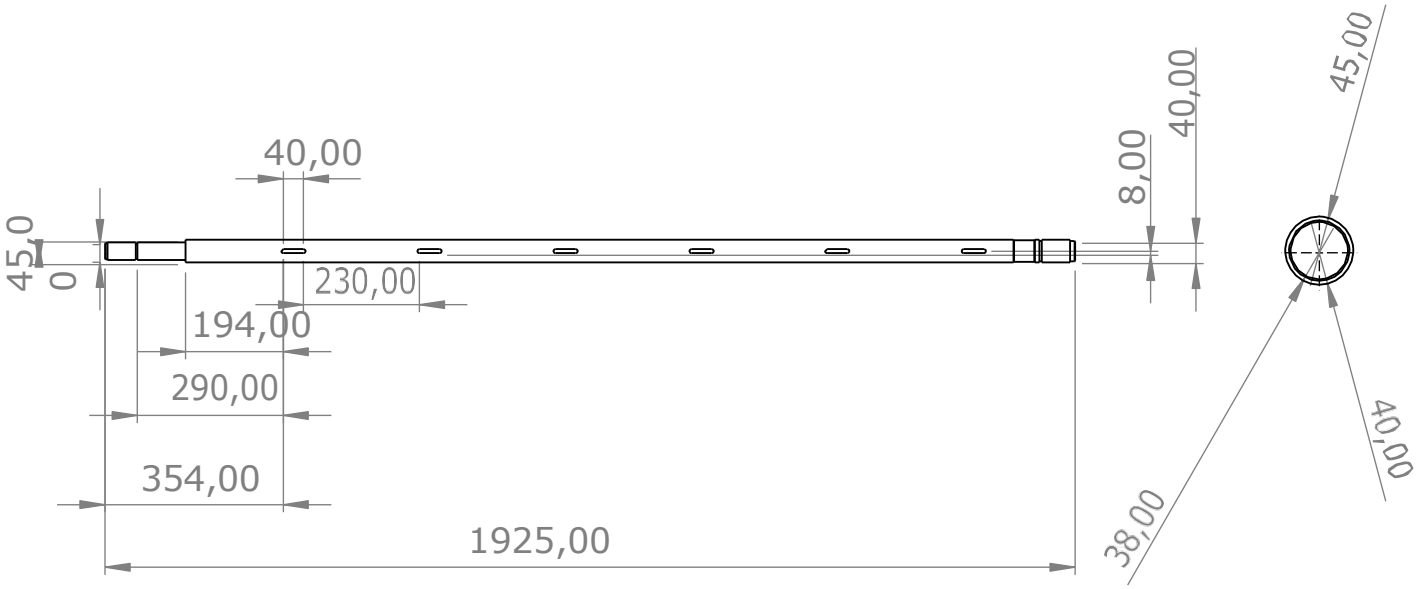
[31] Les Bons Profs (cours de Physique-Chimie, niveau Troisième)

[32] StudySmarter (2025) Dérivation et explication détaillée Formule et exemples

[33] **https://artizono.com/fr/guide-comparatif-complet-entre-laluminium-et-le-fer/**

Les Annex

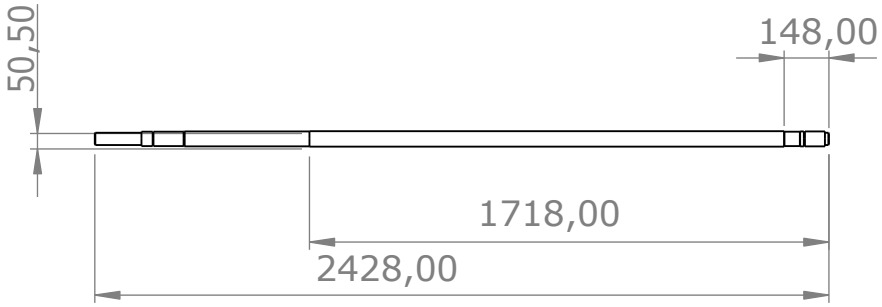
Annex A

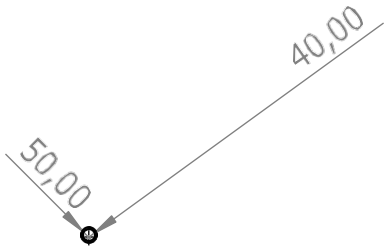




UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

GROUPE: 01	ARBRE DE POMPE P101	ECL 1:15
MASTER 2 CM		
07/06/2025	MANSOUR.S et BENKHELIFA.R	ACIER

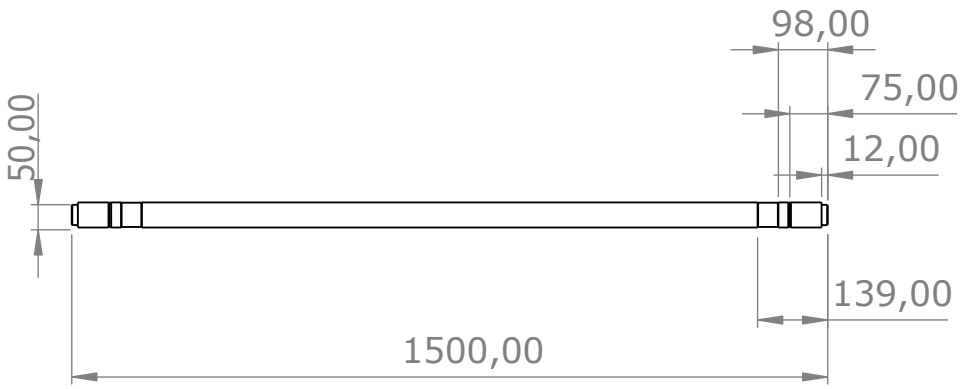


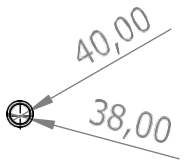




UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

GROUPE: 01	ARBRE DE TETE P101	ECL 1:25
MASTER 2 CM		
07/06/2025	MANSOUR.S et BENKHELIFA.R	ACIER

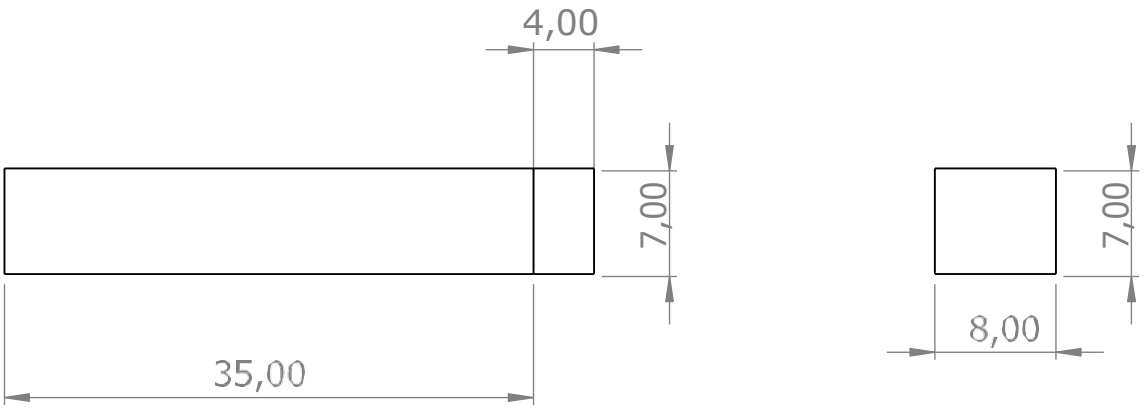


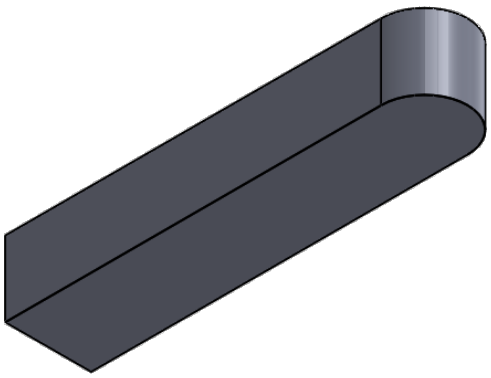




UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

GROUPE: 01	ARBRE INTERMIDIARE P101	ECL 1:15
MASTER 2 CM		
07/06/2025	MANSOUR.S et BENKHELIFA.R	ACIER

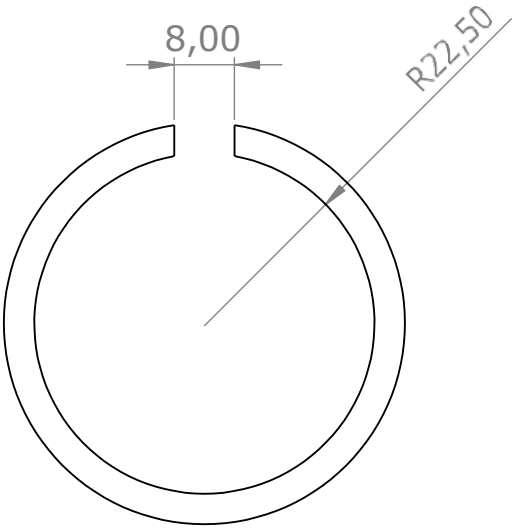


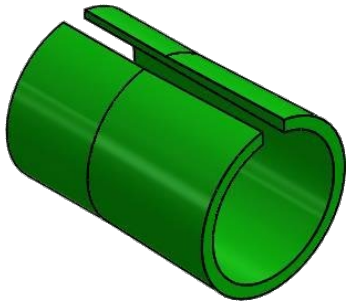


UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

GROUPE: 01	CLAVETTE	ECL 2:1
MASTER 2 CM		
07/06/2025	MANSOUR.S et BENKHELIFA.R	ACIER

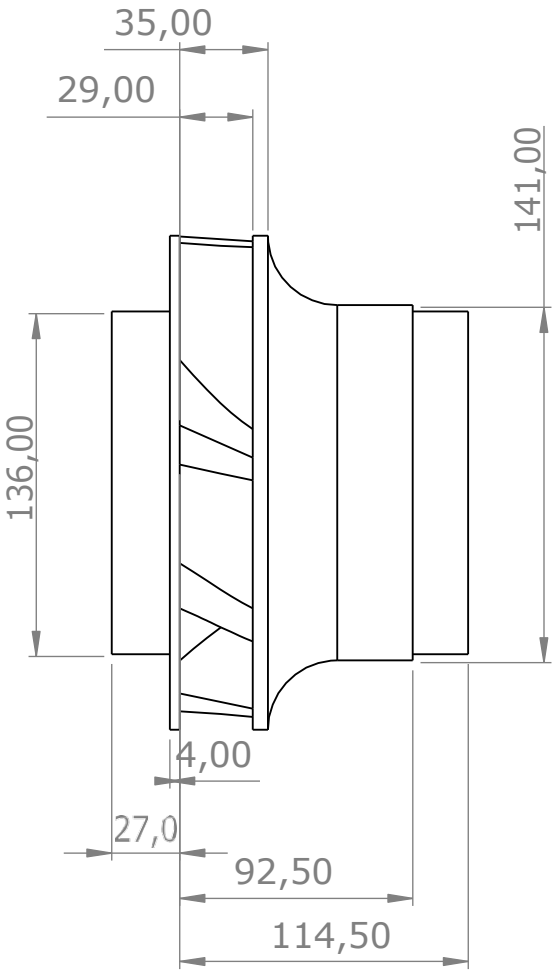


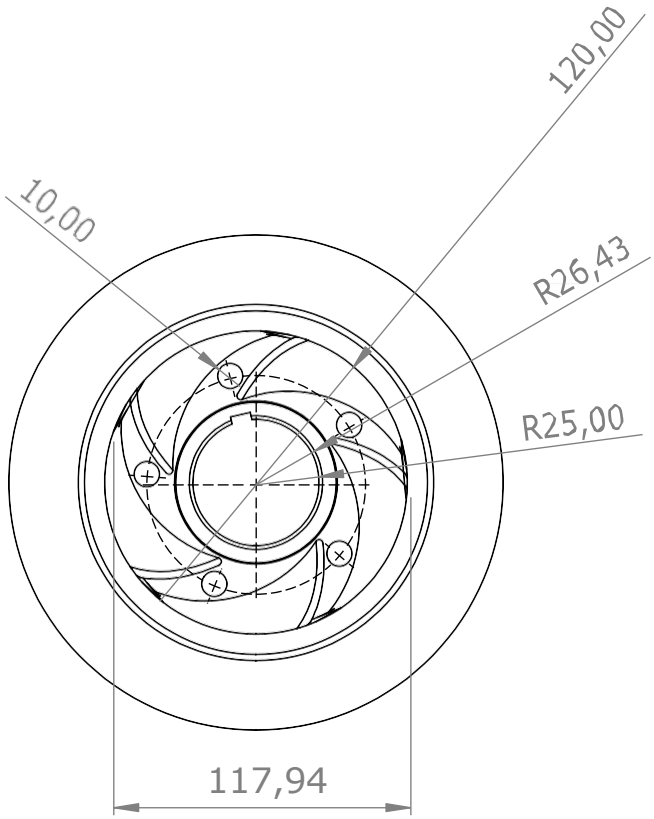


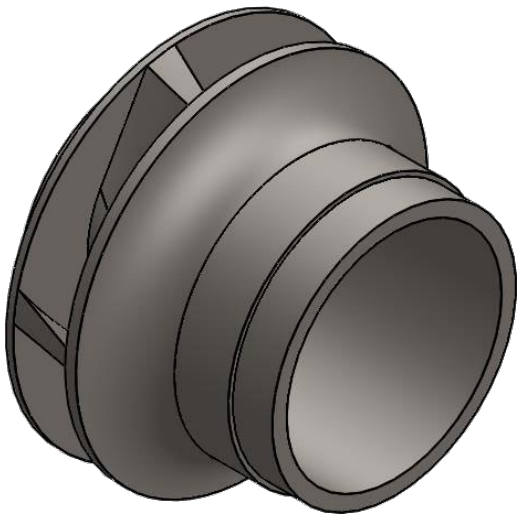


UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

GROUPE: 01	ENTROTOISE DE POMPE	ECL 1:1
MASTER 2 CM		
07/06/2025	MANSOUR.S et BENKHELIFA.R	ACIER

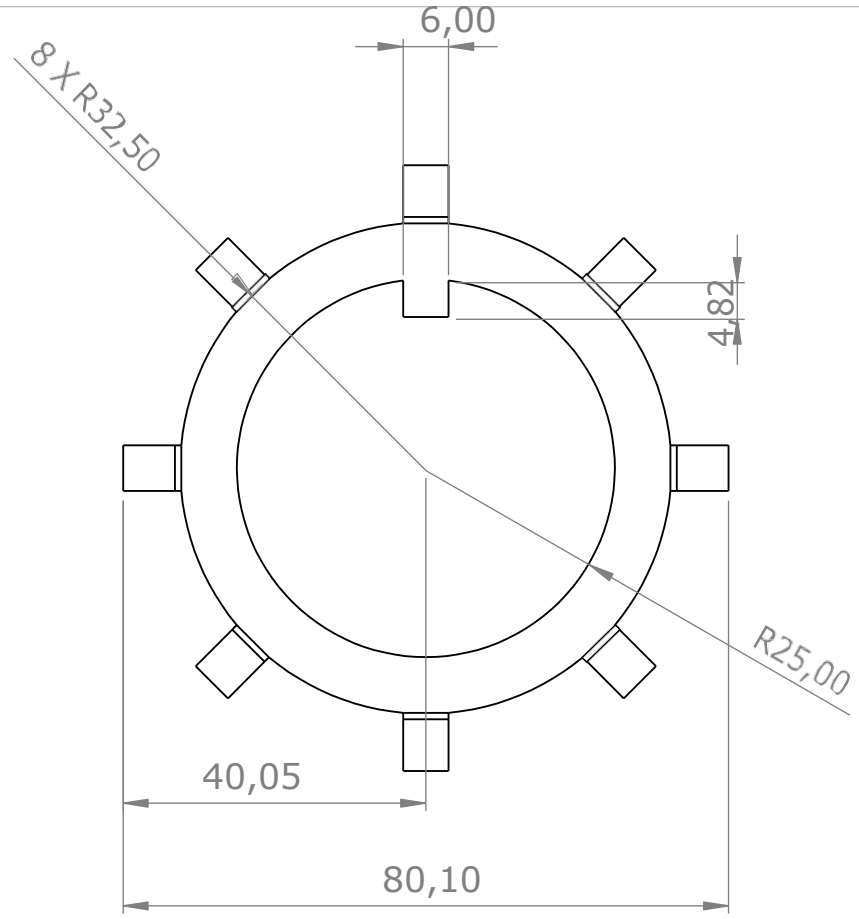


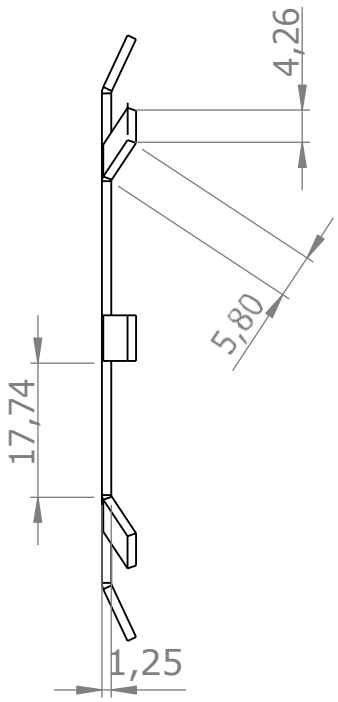


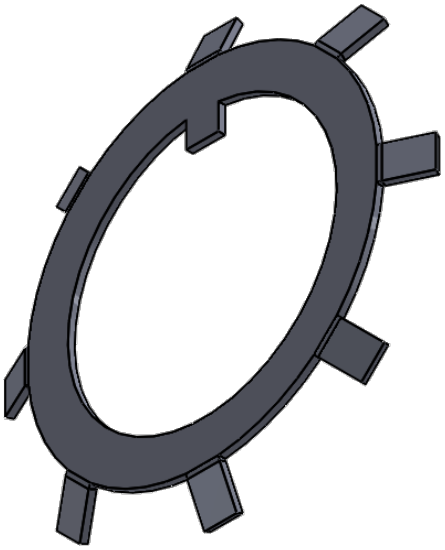


UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

GROUPE: 01	IMPULSEUR DE POMPE	ECL 1: 3
MASTER 2 CM		
07/06/2025	MANSOUR.S et BENKHELIFA.R	ACIER/ ALUMINIUM

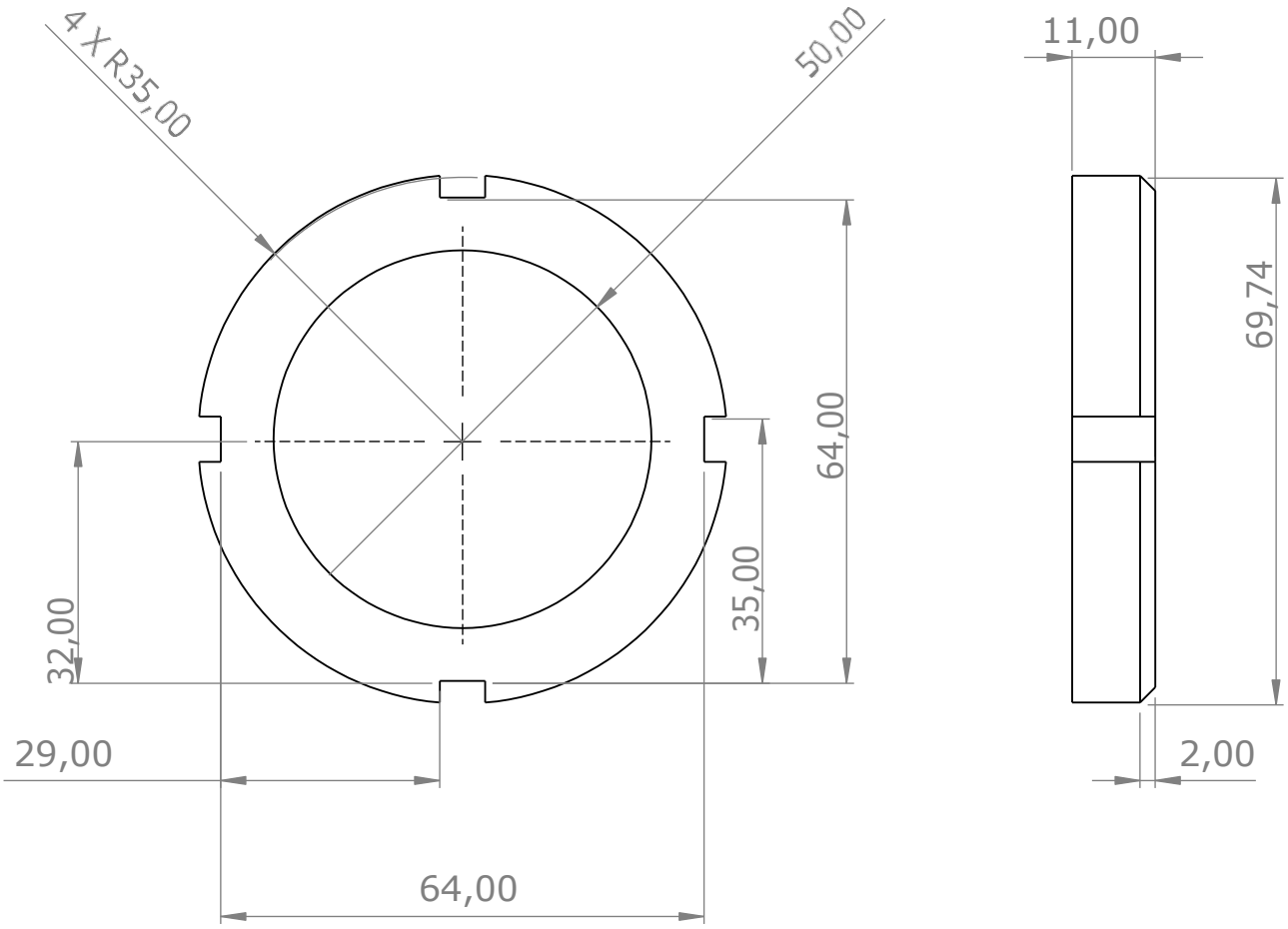


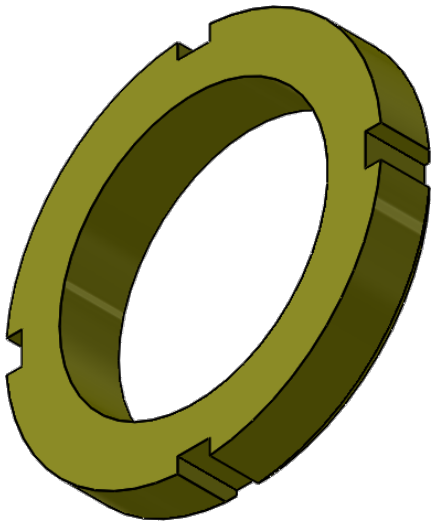




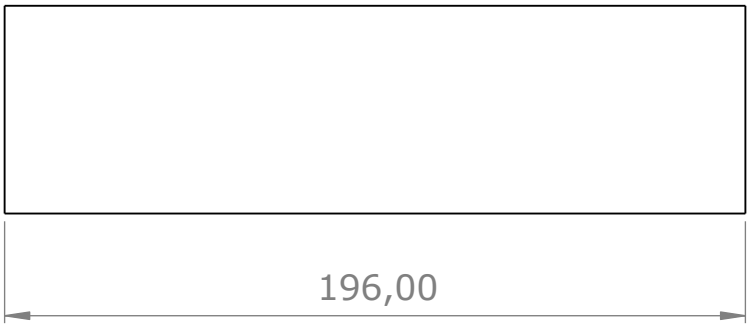
UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

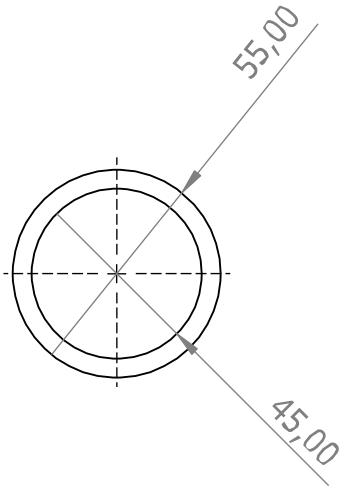
GROUPE: 01	RONDELLE EN COUCHE	ECL 1:1
MASTER 2 CM		
07/06/2025	MANSOUR.S et BENKHELIFA.R	ACIER

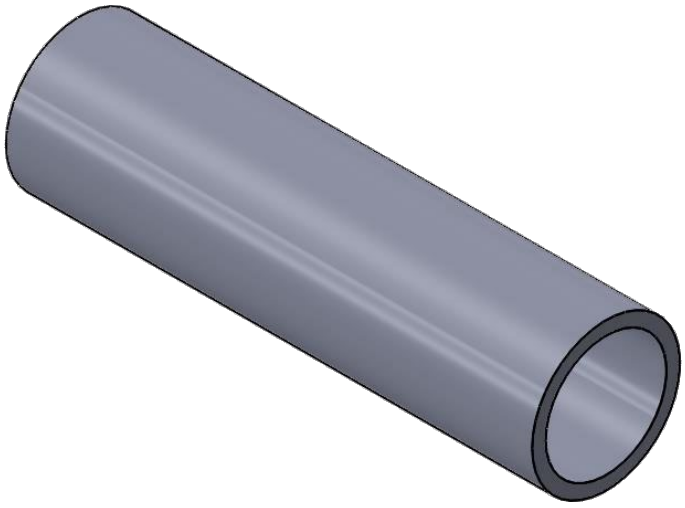




UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA		
GROUPE: 01	ECROU EN ENCOUCHE	ECL 1:1
MASTER 2 CM		
07/06/2025	MANSOUR.S et BENKHELIFA.R	ACIER

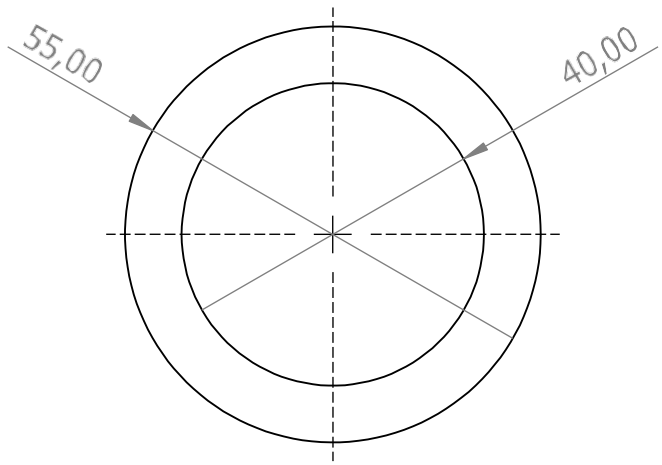


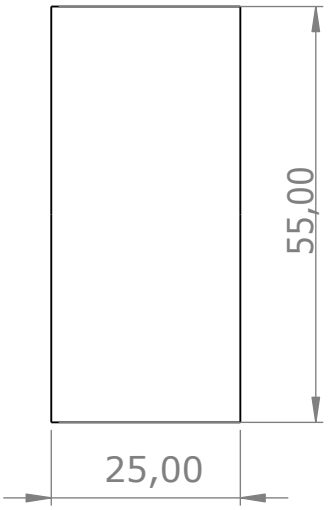


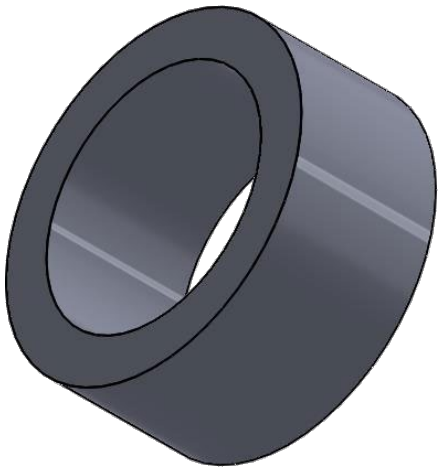


UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

GROUPE: 01	CHEMISES DE POMPE	ECL 1: 2
MASTER 2 CM		
07/06/2025	MANSOUR.S et BENKHELIFA.R	ACIER







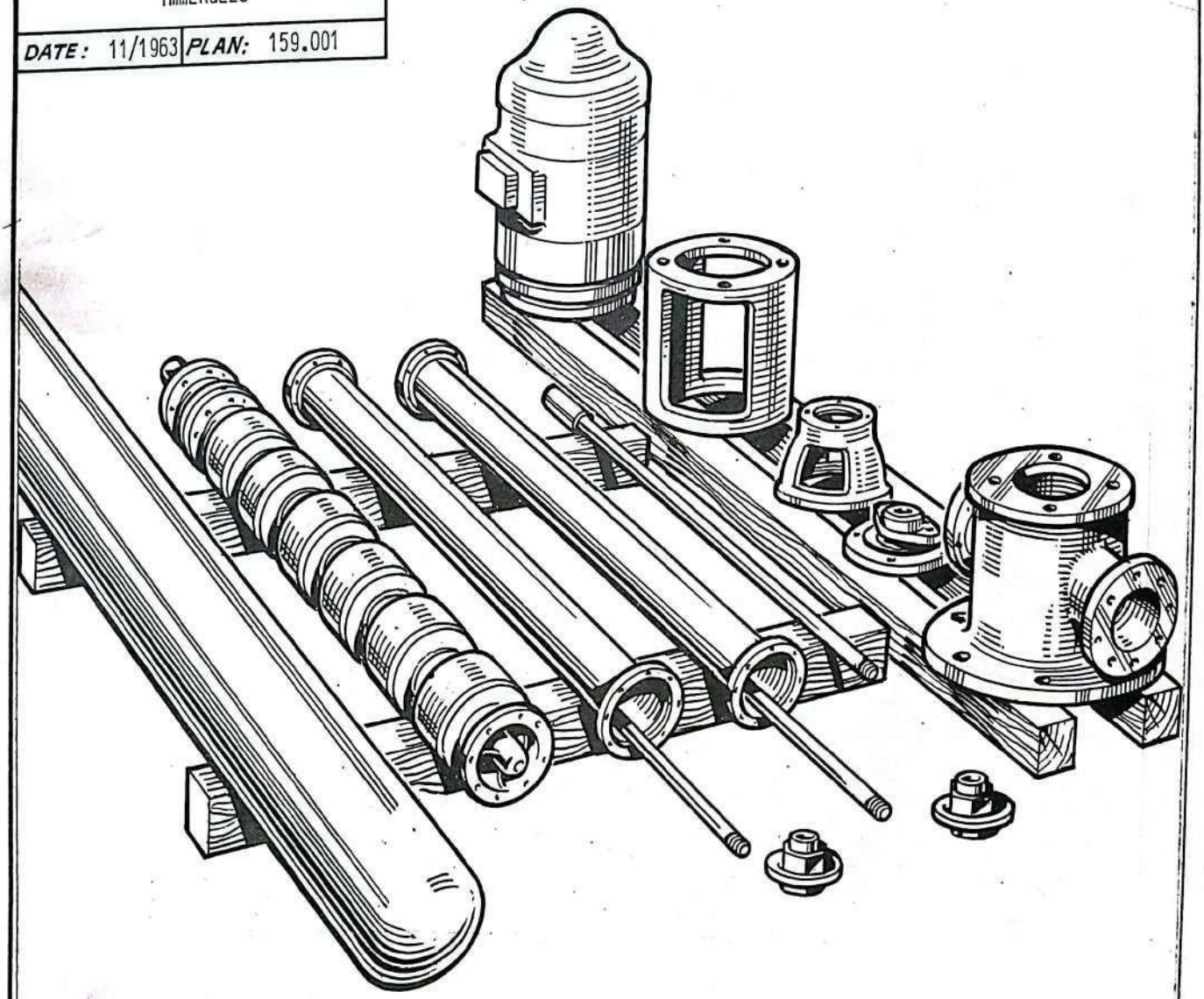
UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

GROUPE: 01	ENTROITOISE DE ARBRE	ECL 1:1
MASTER 2 CM		
07/06/2025	MANSOUR.S et BENKHELIFA.R	ACIER

ANNEX B

POMPES CENTRIFUGES
IMMERGEES

DATE : 11/1963 PLAN : 159.001



INSTALLATION

- Les pompes VB sont des pompes centrifuges multicellulaires immergées dans une cuve de charge.
- Elles correspondent aux plus récentes techniques d'extraction de liquide sous faible NPSH, c'est à dire à une pression excédant de peu le point d'ébullition du liquide pompé.
- L'impulseur d'aspiration logé à la partie inférieure de la cuve permet un pompage sans cavitation.
- Ces pompes présentent en outre l'avantage d'un encombrement superficiel extrèmement réduit.

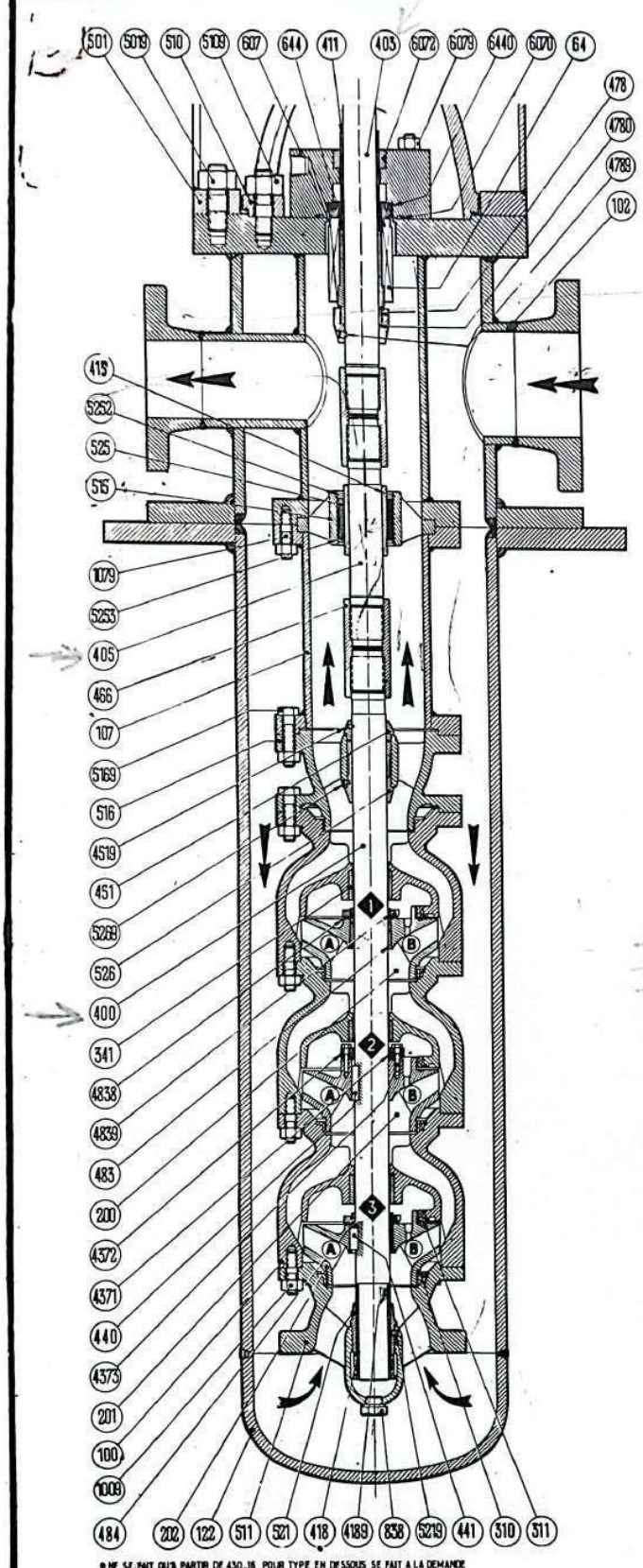
AVANT TOUTE INSTALLATION

Il est nécessaire de **vérifier** d'après le plan d'encombrement du groupe :

- la parfaite accessibilité du groupe lorsque celui-ci sera en place
- la hauteur de passage nécessaire à son montage, et son démontage,
- la construction de la fosse
- le massif de scellement auquel le groupe doit être solidement fixé.
  - ce massif doit être largement dimensionné de façon à supporter convenablement tout le poids du groupe ainsi que les tensions et chocs qui peuvent lui être imposés.

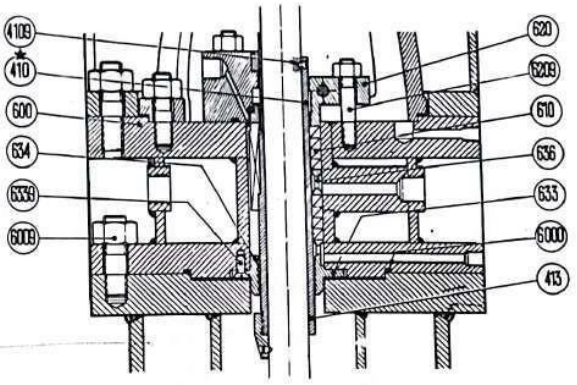
POMPES CENTRIFUGES IMMERGEES VB

DATE : 4/1963 | PLAN : 158.915²



● NE SE FAIT QU'A PARTIR DE 430-16 POUR TYPE EN DESSOUS SE FAIT A LA DEMANDE

VOIR DETAILS DU PALIER PAGE 1670-90



BOITE REFROIDIE

★ Avec garniture à tresses la chemise est montée à chaud.

REP.	DESIGNATION	REP	DESIGNATION
100	Boitier diffuseur	4839	Ecrou manchon d'impulseur
1009	Goujon de boitier	484	Manchon claveté
102	Refoulement	501	Support moteur
107	Fourreau intermédiaire	5019	Goujon de socle moteur
1079	Goujon de fourreau	510	Palier de tête
122	Cuve de charge	5109	Goujon de palier de tête
200	Impulseur à cône	511	Palier inférieur
201	Impulseur claveté	515	Palier intermédiaire
202	Impulseur à cône claveté	516	Palier supérieur pompe
310	Bague de boitier côté ouie	5169	Boulon de palier sup.
311	Bague de boitier côté dos	521	Coussinet palier inf. pompe
341	Coussinet de boitier	5219	Vis d'arrêt de coussinet
400	Arbre de pompe	525	Coussinet de palier interm.
403	Arbre de tête	5252	Cerclam de palier interm.
405	Arbre intermédiaire	5253	Rondelle (p.cous.caoutch.seult)
410	Chemise d'arbre (garn. tresses)	526	Coussinet palier sup. pompe
4109	Vis d'arrêt de chemise	5269	Vis d'arrêt cous. de palier
411	Chemise d'arbre (garnit. U)	600	Boite à garniture
413	Chemise d'arbre (U refroidie)	6000	Joint de la boite à garnit.
415	Chemise d'arbre intermédiaire	6009	Goujon de boite à garnit.
418	Chemise de palier inférieur	607	Boitier de garniture
4189	Vis d'arrêt de la chemise	6070	Joint de boitier de garniture
4371	½ bague d'arrêt d'impulseur	6072	Bague anti-étincelles
4372	Chapeau des ½ bagues	6079	Goujon de boitier de garniture
4373	Vis de chapeau	610	Garniture à tresses
440	Clavette d'impulseur	620	Demi-presse-étoupe
441	Clavette d'impulseur	6209	Goujon de presse-étoupe
451	Déflecteur de palier	633	Grain lanterne
4519	Vis d'arrêt de déflecteur	6339	Vis de grain de fond
466	Manchon d'arbre	636	Lanterne
478	Ecrou de chemise d'arbre	634	Grain fond de garniture
4780	Joint d'écrou de butée	64	Garniture mécanique type "U"
4789	Vis d'arrêt d'écrou de chemise	644	Grain fixe
483	Manchon d'impulseur	6440	Joint de grain fixe
4838	Frein d'écrou d'impulseur	838	Bouchon de palier inférieur

A Impulseurs non équilibrés : jusqu'à type 220-10 (140-10 exclu)
B Impulseurs équilibrés à partir du type 140-10 (220-10 exclu)
❶ Montage des impulseurs sur cône : jusqu'à type 90-12 inclus
❷ Montage des impulseurs sur arbre : à partir du type 430-16
❸ Montage des impulseurs sur cône claveté : pour types 140-10 à 310-12

POMPES CENTRIFUGES
IMMERGEES

DATE: 11/1963 | PLAN: 159.003

MISE EN PLACE DE LA CUVE DE CHARGE

- Placer des bastings sur la fosse, en laissant entre eux juste le passage de la cuve.
- Lever la cuve verticalement au-dessus de la fosse et la descendre entre les deux bastings jusqu'à faire reposer la plaque d'assise (ou la bride de raccordement si le groupe repose sur murets) sur ces bastings (Fig 6)

MISE EN PLACE DE LA POMPE PROPREMENT DITE

- Placer un collier à la partie supérieure de la pompe et lever celle-ci au-dessus de la cuve.
- Vérifier que le blocage du rotor est retiré

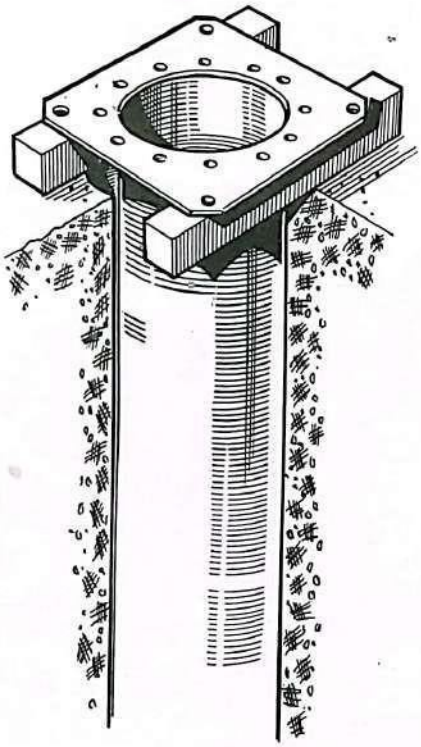


Fig. 6
Mise en place de la cuve de charge

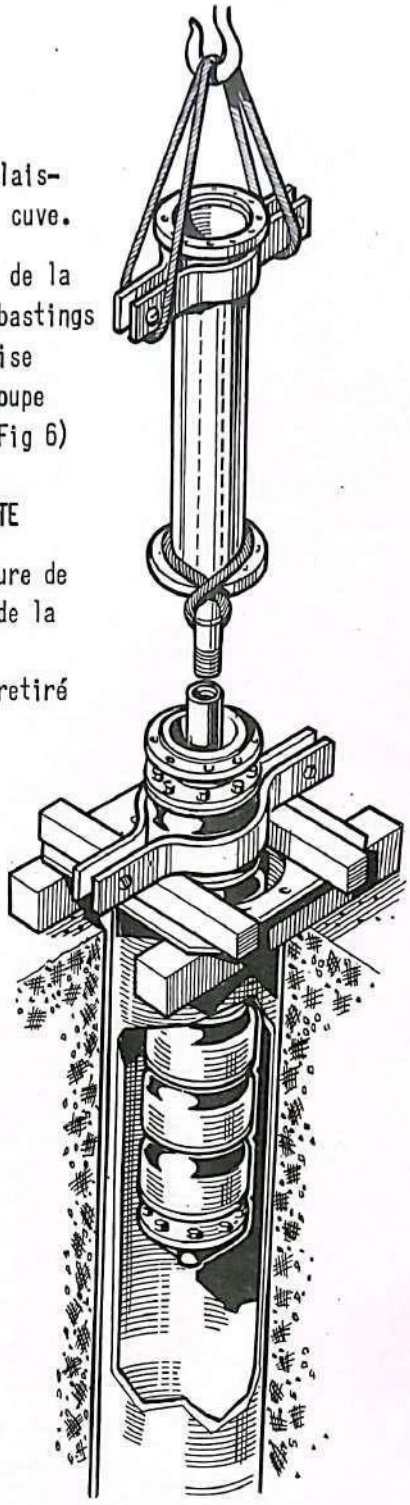


Fig. 7
Montage d'un élément de transmission

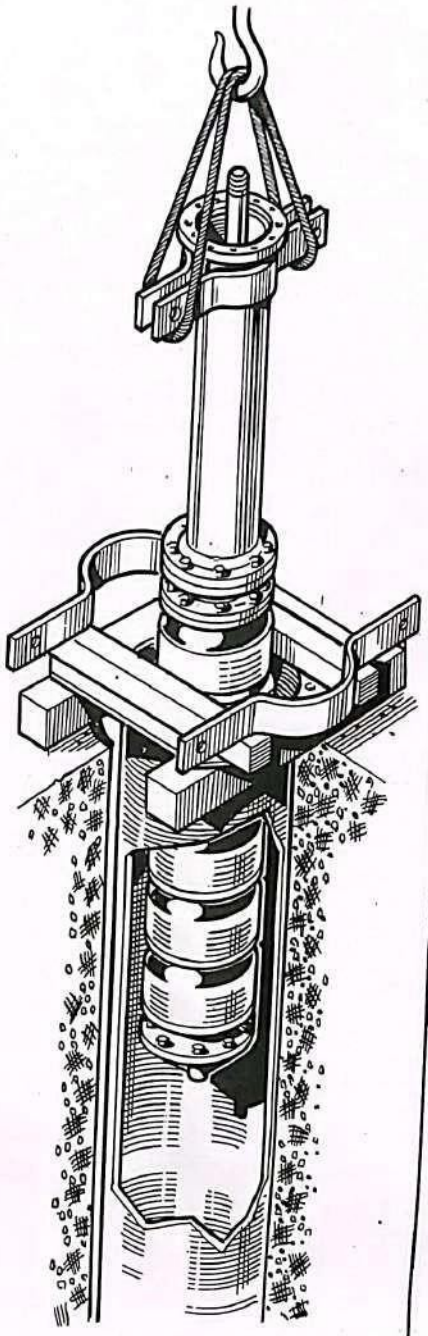


Fig. 8
Descente d'un élément après assemblage

- Avant de descendre la pompe dans la cuve, placer deux autres bastings pour ne pas faire reposer le collier sur les faces de raccordement.
- Descendre l'ensemble dans la cuve jusqu'à appuyer le collier sur les bastings de soutien.
- Visser, jusqu'à mi-hauteur du trou latéral, le manchon d'accouplement sur l'arbre de la pompe.

Rep	Désignation	Matière

NOMENCLATURE

C.F.R (P.101)

RAFFINERIE D'ALGER

POMPE VB 140.10

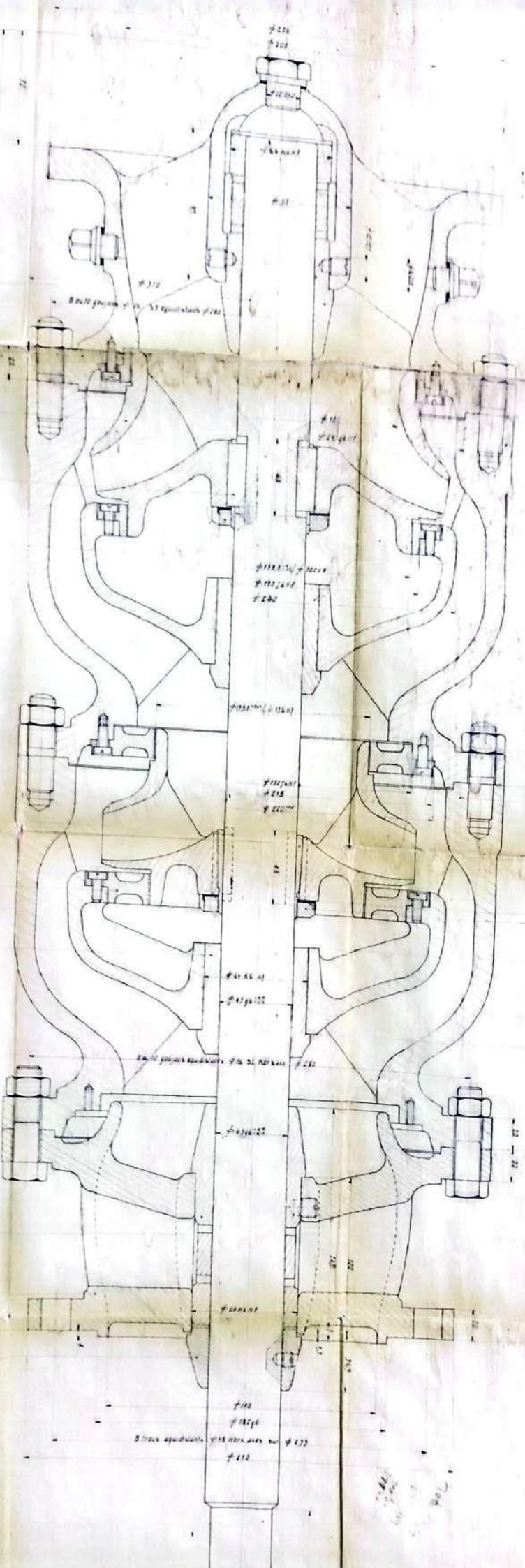
Brasse charge de brut froid

Ensemble en coupe

Echelle 1

Dessinateur : Meridja . le 18-04-82

PLAN: 250.787



400 511 200 440 4839 201 311 526 521 510 451

521 510 100 483 526 100 483 4839

NOMENCLATURE

Rep	Plan(detail)	Designation	Q	Matiere
102	203 3802	Boitier diffuseur	6	Fonte A 126
200	201 2571	Impulseur fermé	1	Fonte
201	253 329	Impulseur semi-ouvert	5	Fonte
310	202 909	Bague d'usure AR du boitier	2	Acier Z 30C 13
311	224 852	Bague d'usure diffuseur côté aspir	10	Acier Z 30C 13
400	—	Arbre de pompe		—
440	ZK 26 36	Clavette d'impulseur	6	—
451	203 046	Deflecteurs	1	Acier
483	203 082	Manchon conique d'impulseur	6	SKF 2310
4839	—	Ecrou manchon conique d'impulseur	6	SKF HM 10
510	205 383	Palier tête	1	Fonte A 126
511	205 381	Palier inferieur	1	Fonte A 126
521	202 975	Coussinet palier inferieur pompe	2	Bronze Ricard
526	202 976	Coussinet palier superieur pompe	6	Bronze Ricard

C.F.R (P:101)

RAFFINERIE D'ALGER

POMPE VB 140.10

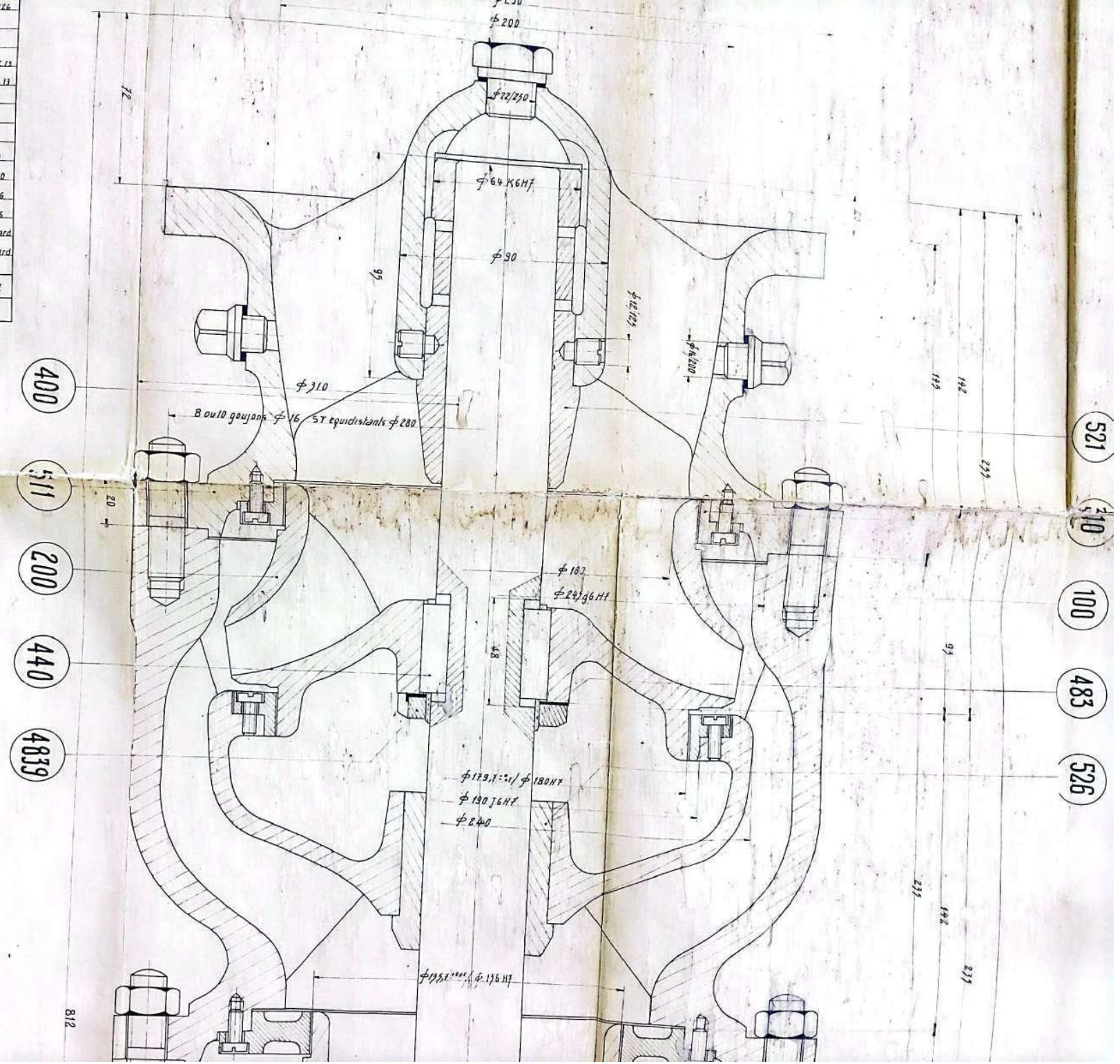
service: charge de brut froid

Ensemble en coupe

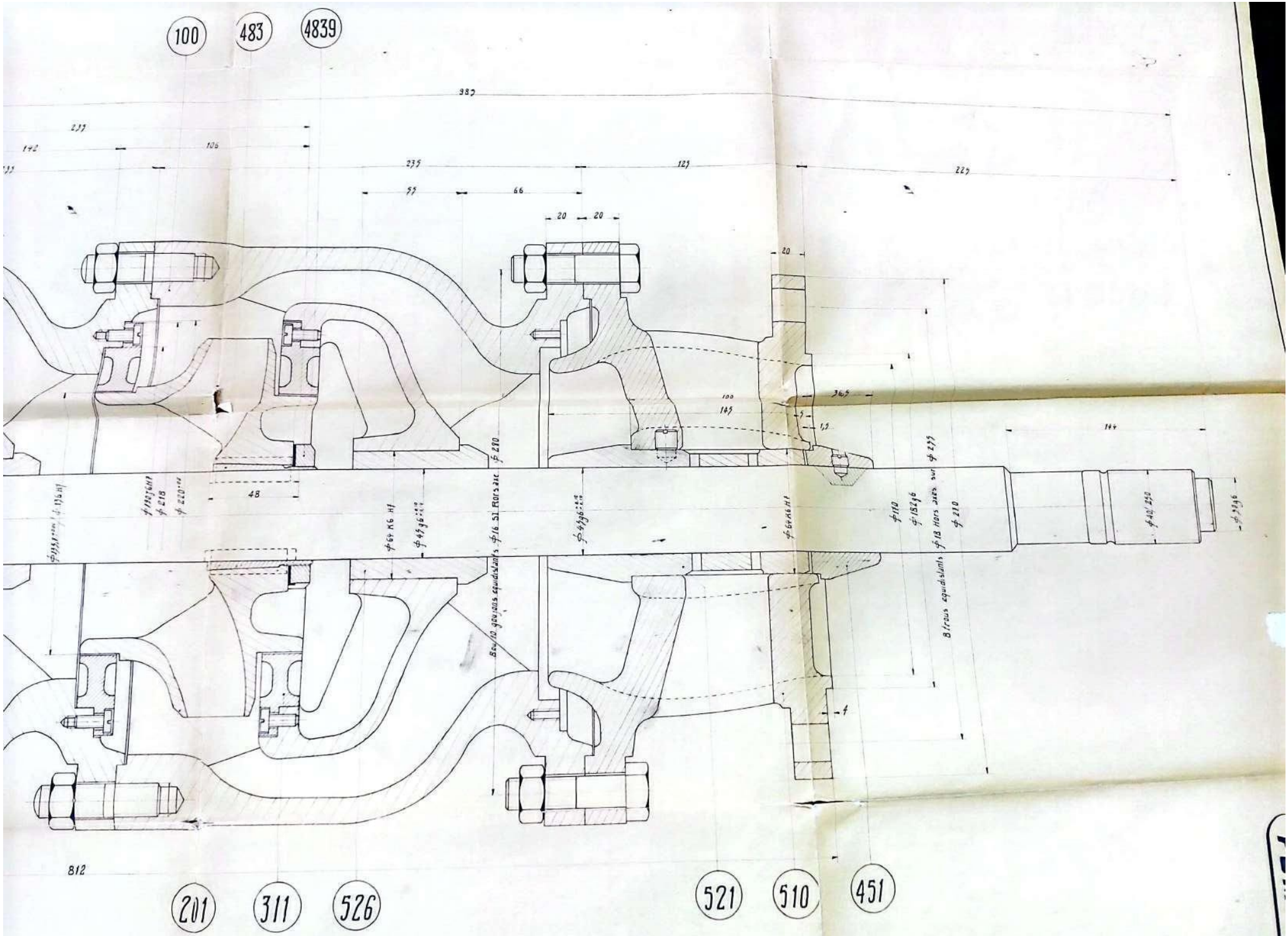
Echelle: 1

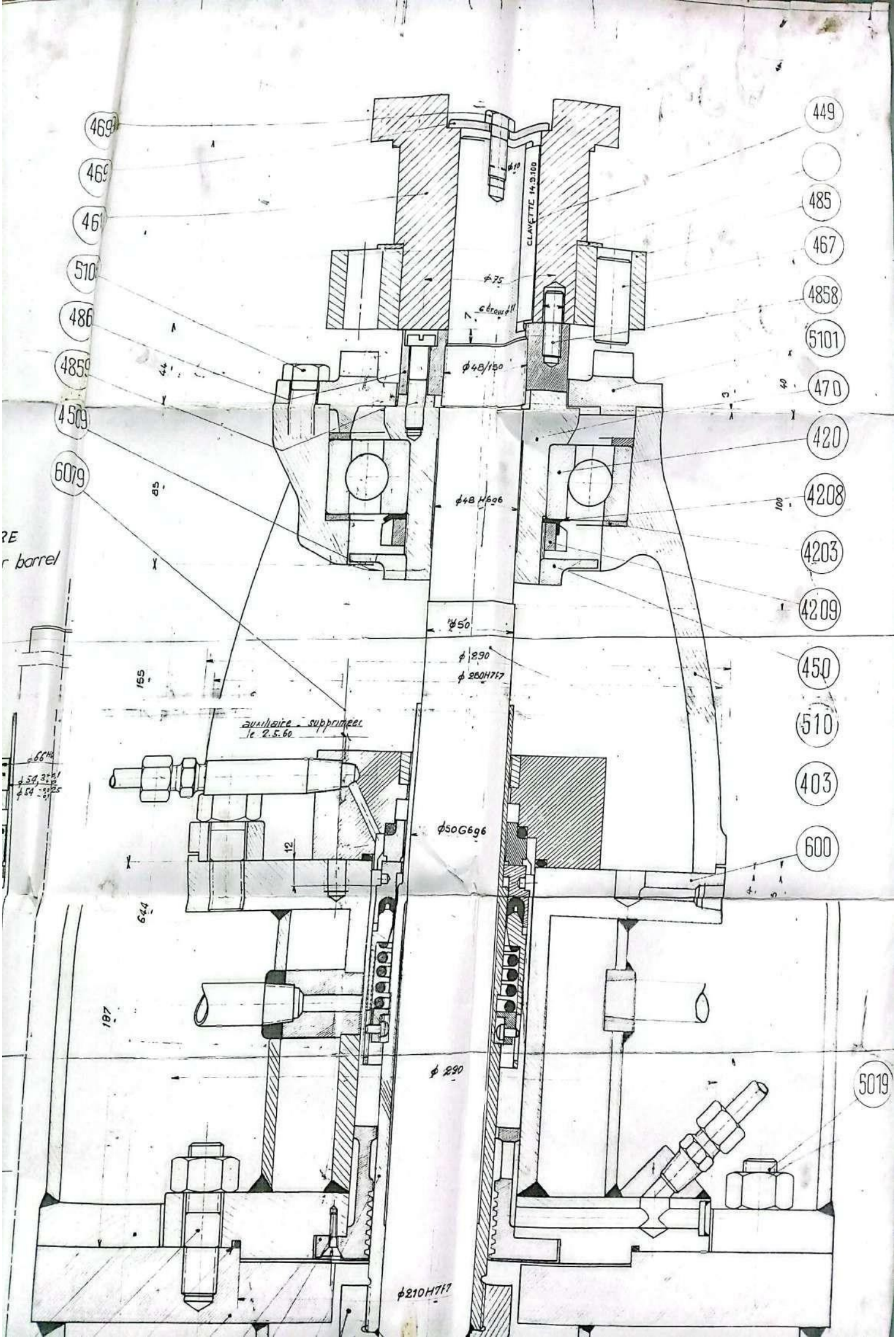
Dessinateur: Meridja. le 18-04-82

PLAN: 250.787



ϕ290
ϕ200
ϕ22/ϕ30
ϕ64 K6H7
ϕ90
ϕ310
8 ou 10 goujons ϕ16 ST equidistants ϕ280
ϕ160
ϕ24 g6H7
ϕ130 J6H7
ϕ240
ϕ130 J6H7
ϕ218
48
400
511
200
440
4839
521
310
100
483
526
100
483
4839
201
311
526


100
483
4839
982
237
172
106
235
125
227
55
66
20
20
20
100
145
36,5
5
1,5
144
48
812
201
311
526
521
510
451


469
469
461
510
486
485
4509
6079
449
485
467
4858
5101
470
420
4208
4203
4209
450
510
403
600
5019
CLAVETTE 14,3100
ϕ75
ϕ48/150
ϕ48 H696
ϕ50
ϕ290
ϕ280H7f7
auxiliaire supprimee le 2.5.60
ϕ50G696
ϕ290
ϕ210H7f7
155
644
187
85
12
RE
r barrel

Moteur Brequet - Soutter - Harlé
type ESAD 1315 M BT
à bride normalisée 740 x 680 x 800
190 cv 296 t/mn 380/660 v 50 ~

COMPAGNIE FRANÇAISE
SOCIETE DE LA RAFFINE
EXPEDITION DE GAZ LIQUEFIES PAR

FOLIO :	550.035	PALIER
ETUDE :	26.815	GARNITU

ASP. 8"
A.S.A. 300 RF

330,2
12 trous ⌀25,4
⌀202,7
269,9
381

⌀ 614
⌀ 535
⌀ 406
⌀ 270
⌀ 310
⌀ 290

Accouplement Citroën type 2TVL-PE
Quench : 1/4" Briggs
Refroidissement boite à étoupe 1/2" Briggs

2551
2021
1060
185
180
40
140
180 (épaisseur)
961
409
192
35
530
280
250
365
1,6
41,3
28,6
700
1500
4000
3850
1985
7 x 235 = 1645
125
215
3500

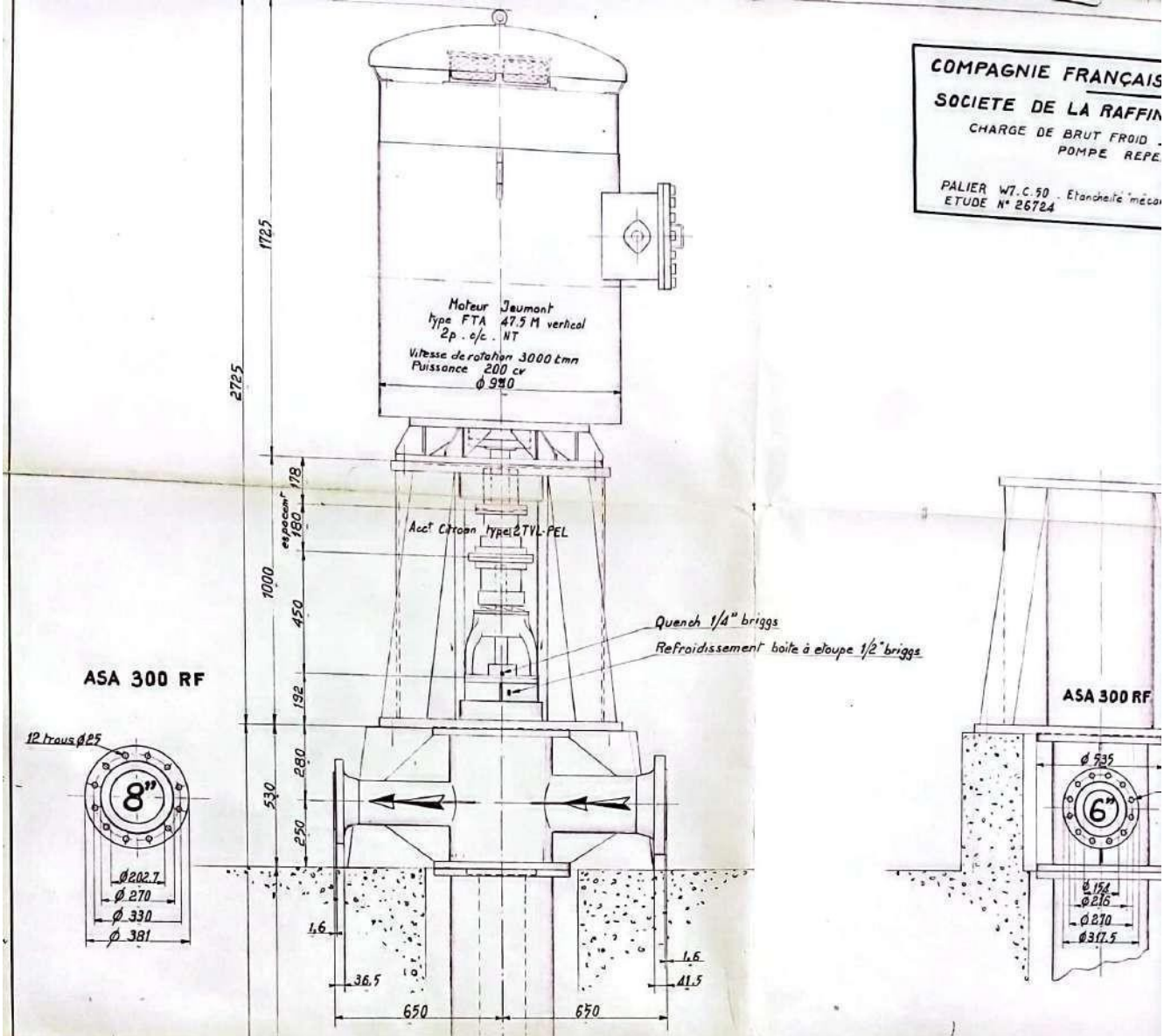
REF. 6"
A.S.A. 3
270
154
216
317,5

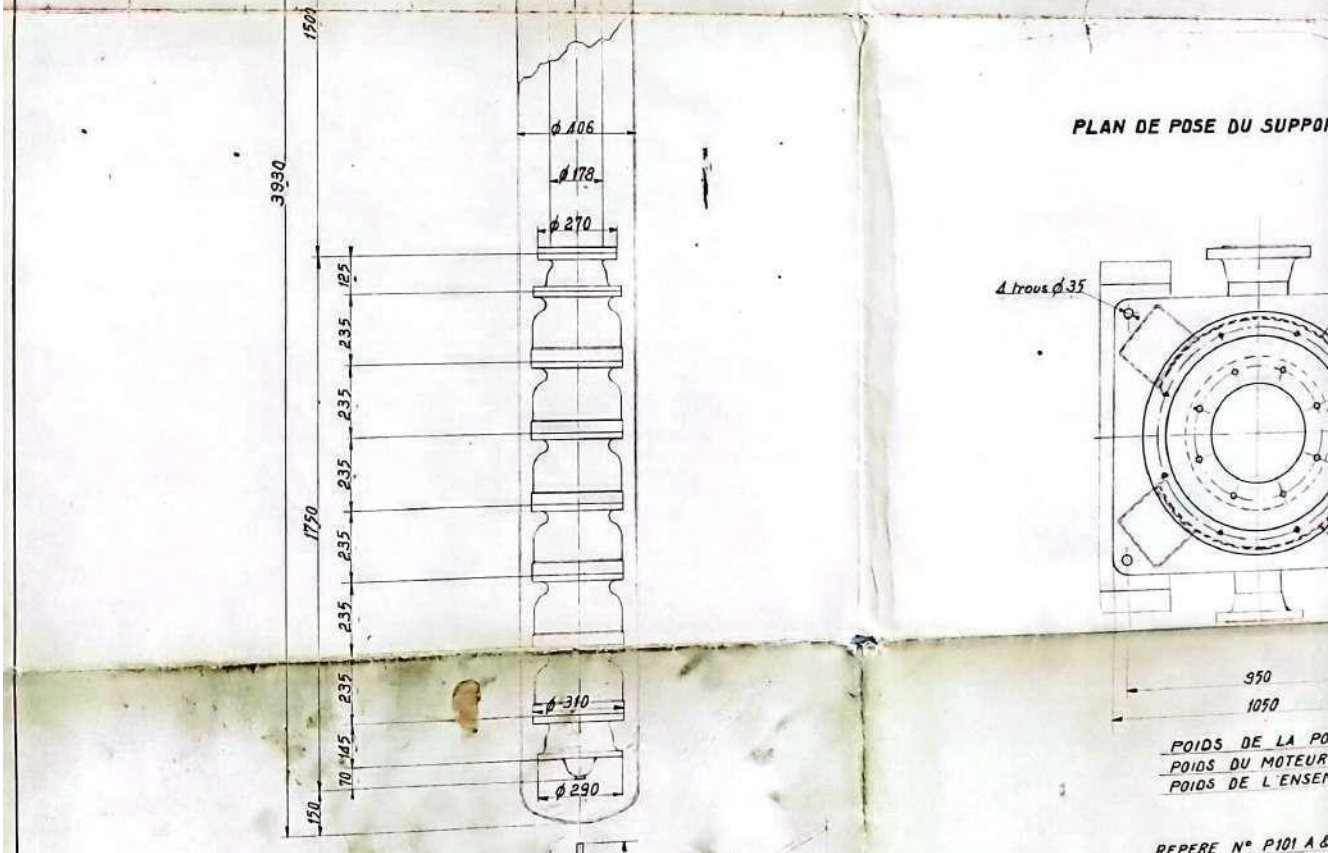
PLAN DE POSE DU SUPP

4 trous ⌀ 35
50
475
1050

N.P.S.H. requis

COMPAGNIE FRANÇAIS
SOCIETE DE LA RAFFIN
CHARGE DE BRUT FROID
POMPE REPE
PALIER W7.C.50 . Etanchéité méca
ETUDE N° 26724

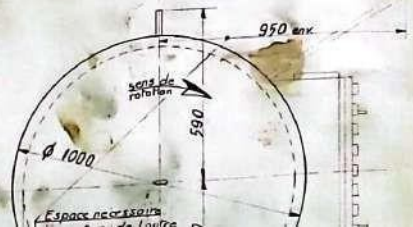




PLAN DE POSE DU SUPPOI

950
1050

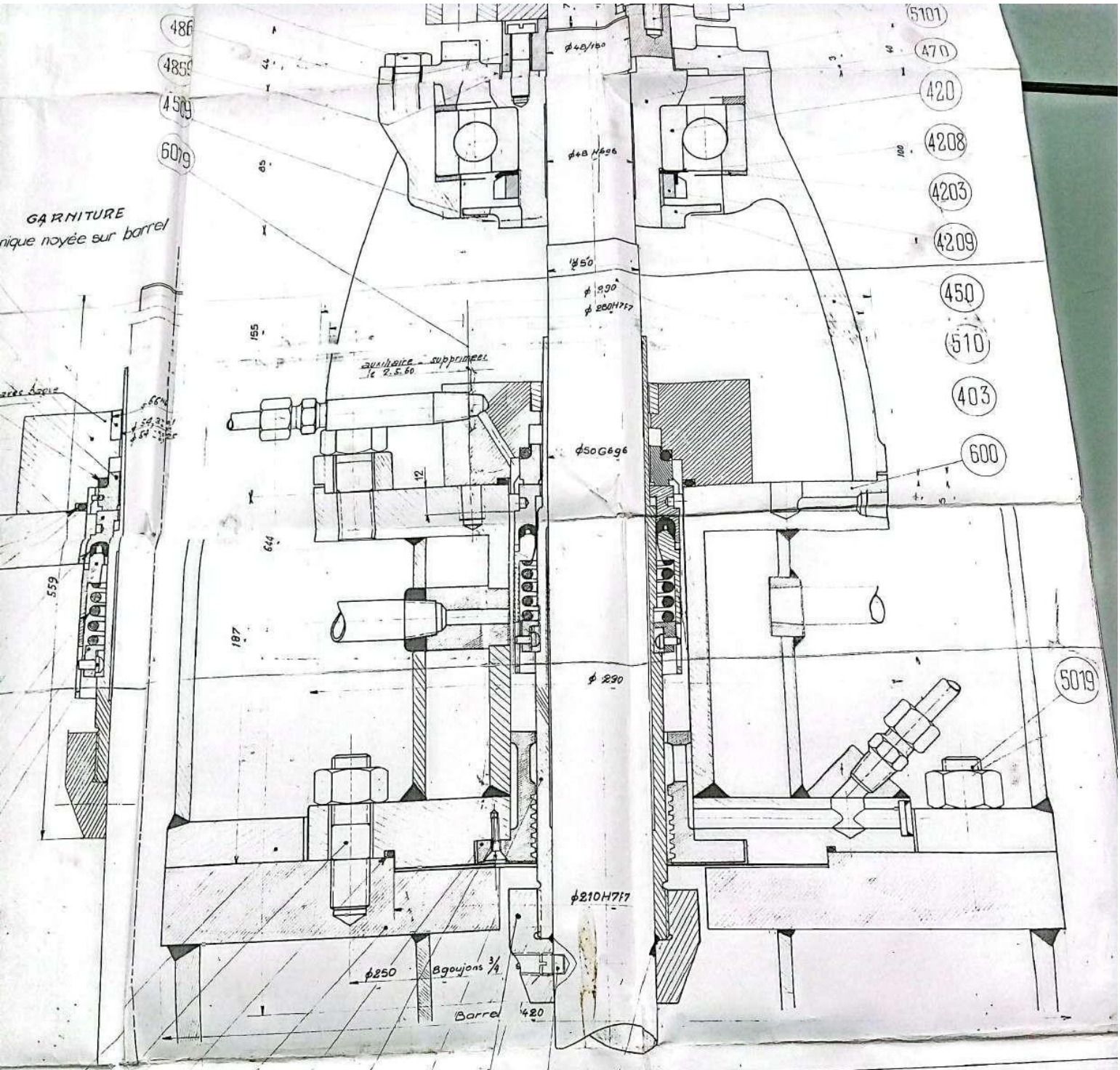
POIDS DE LA PO
POIDS DU MOTEUR
POIDS DE L'ENSEI



MOTEUR VU EN PLAN.

REPERE N° P101 A &
FWF Contrat N° PRC
S.R.A.
Unité Combinée - RA 6
FWF Req N° 2200 - 1
SRA Commande N° 30

GROUPE ELECTI
VB 140.10 à

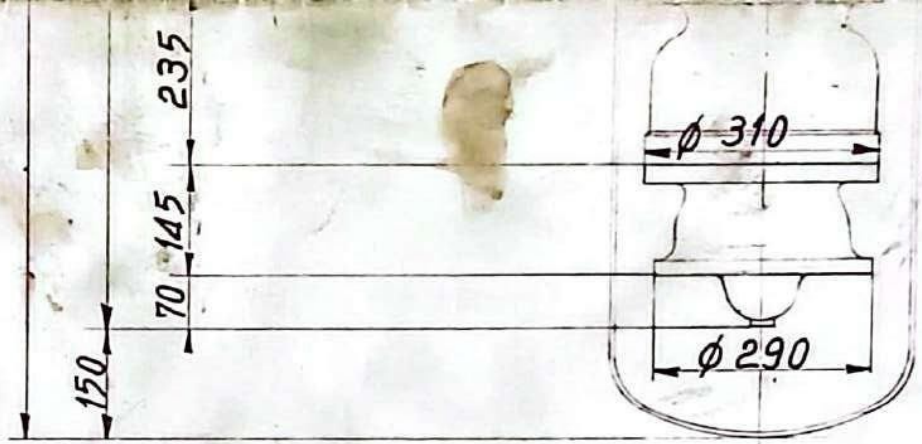


POMPES GUINARD

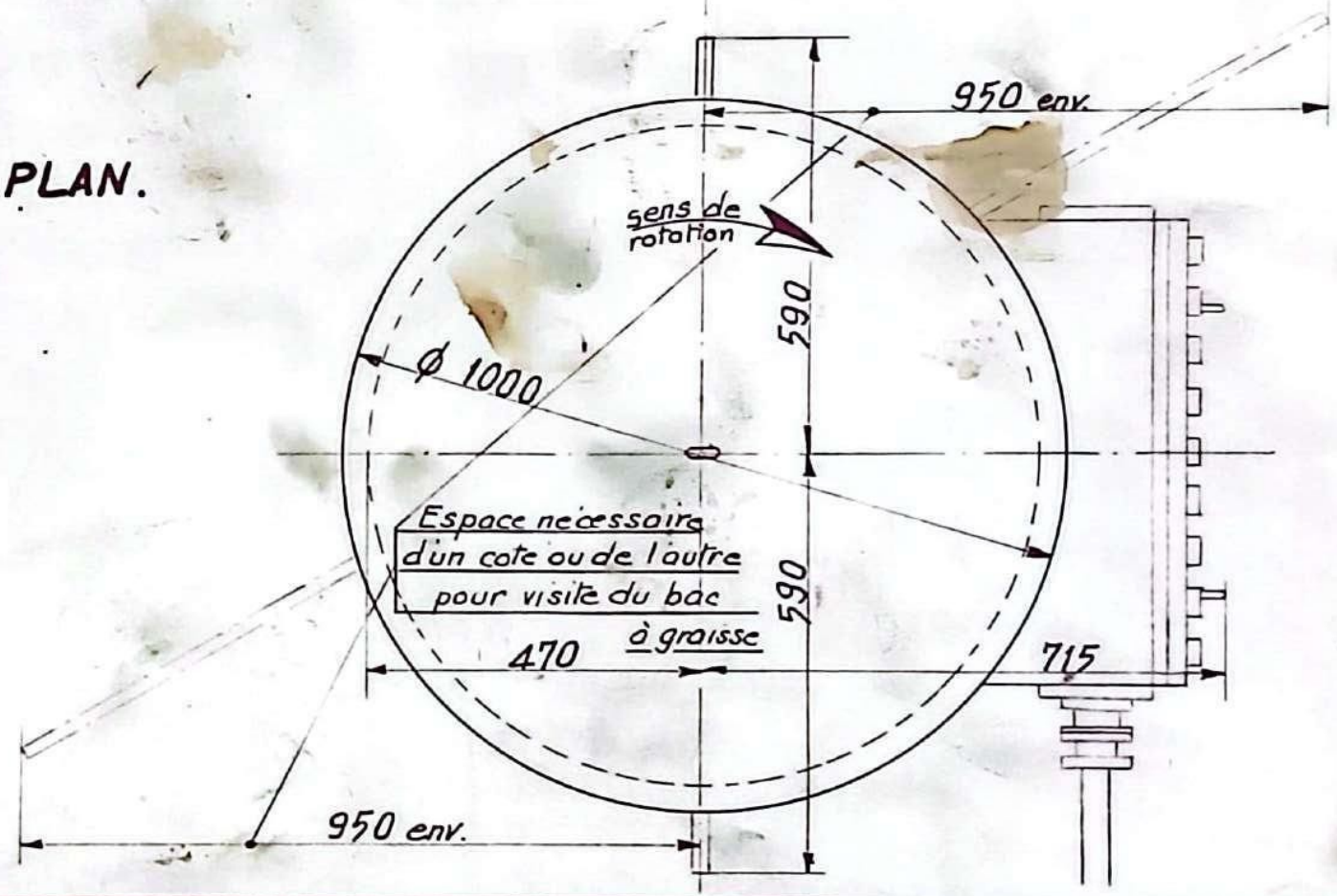
C.F.R.

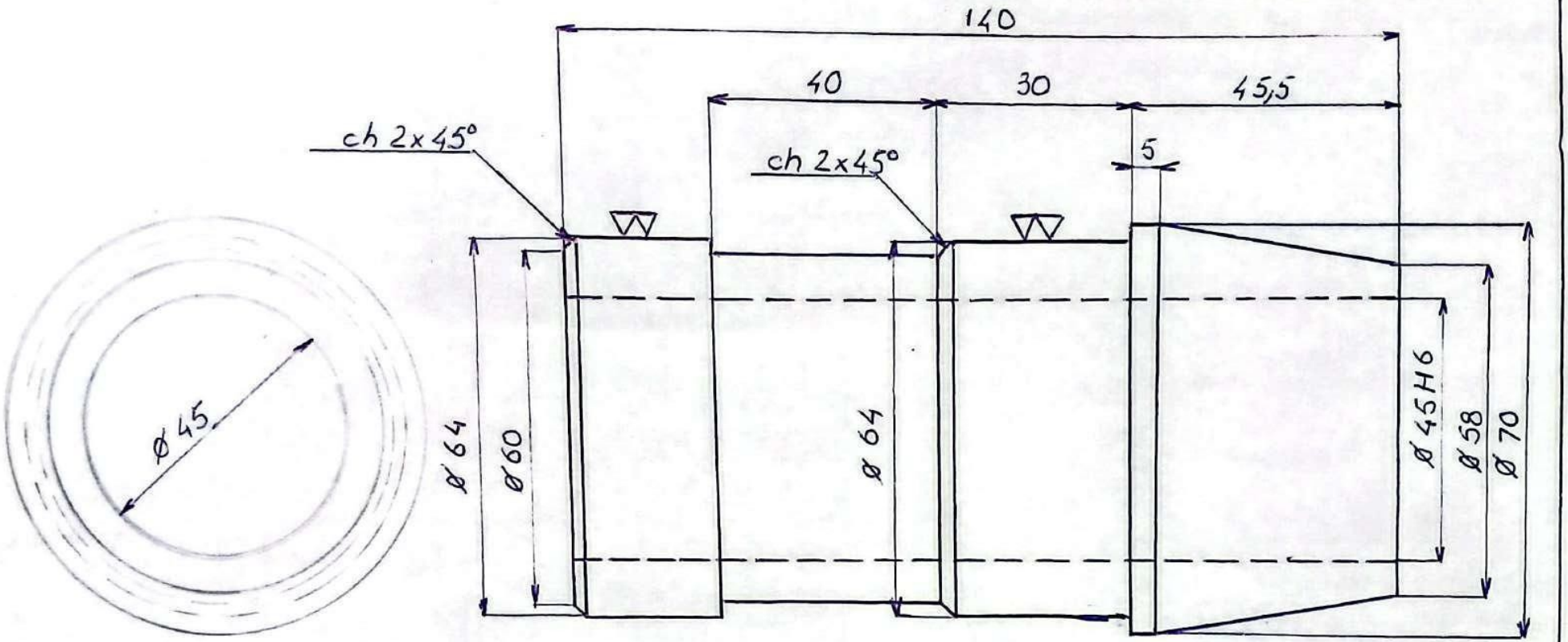
POMPE VB 140_10a6 Eta

Ensemble en Coupe



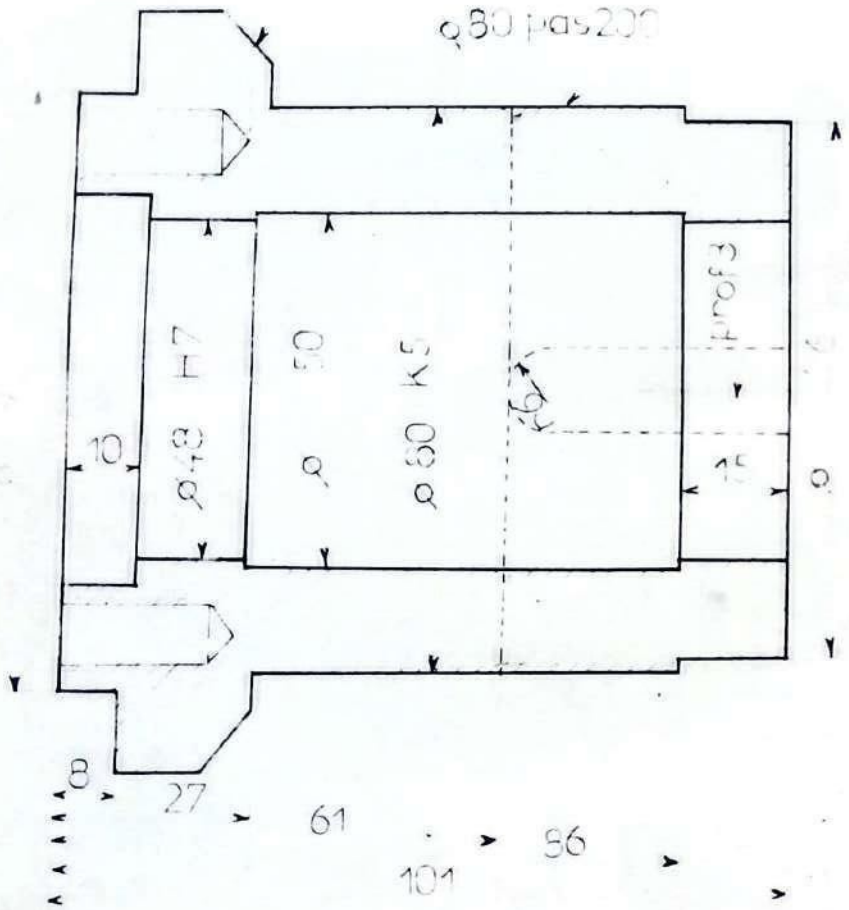
MOTEUR VU EN PLAN.

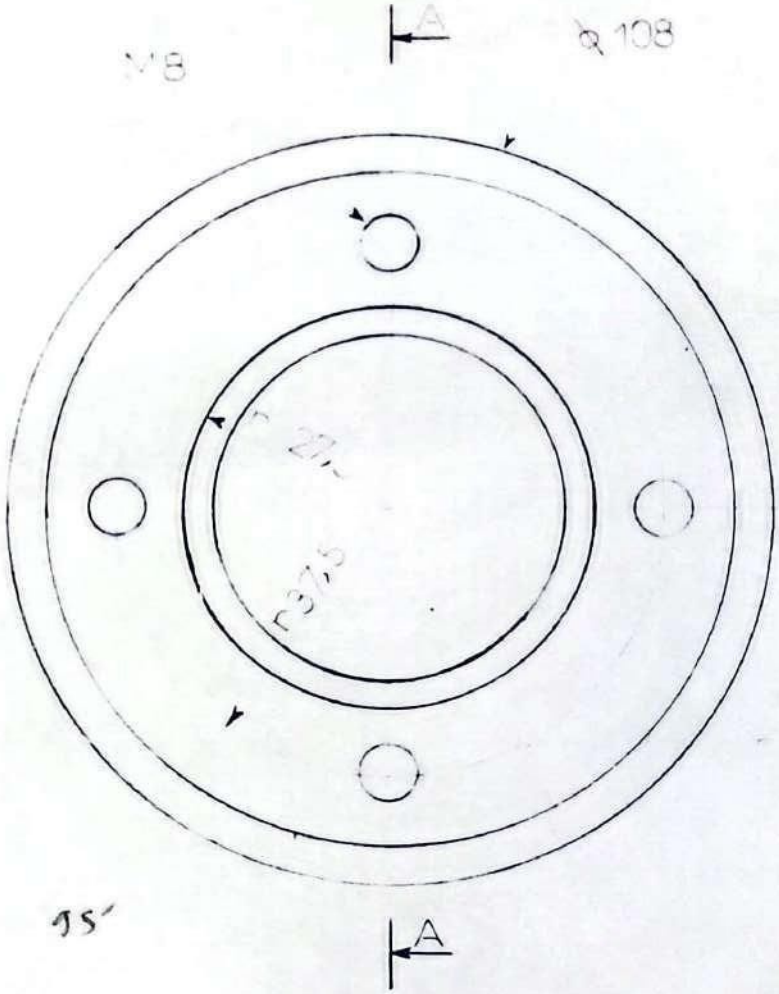




NAFTEC RAFFINERIE D'ALGER	
echelle 1	COUSSINET DE PALIER
date 18-11-91	INTERIEURE P.101ABC
SERVICE G P P 232	matiere BRONZE
	dessine par Abdelbaki
	approuve par Berdi

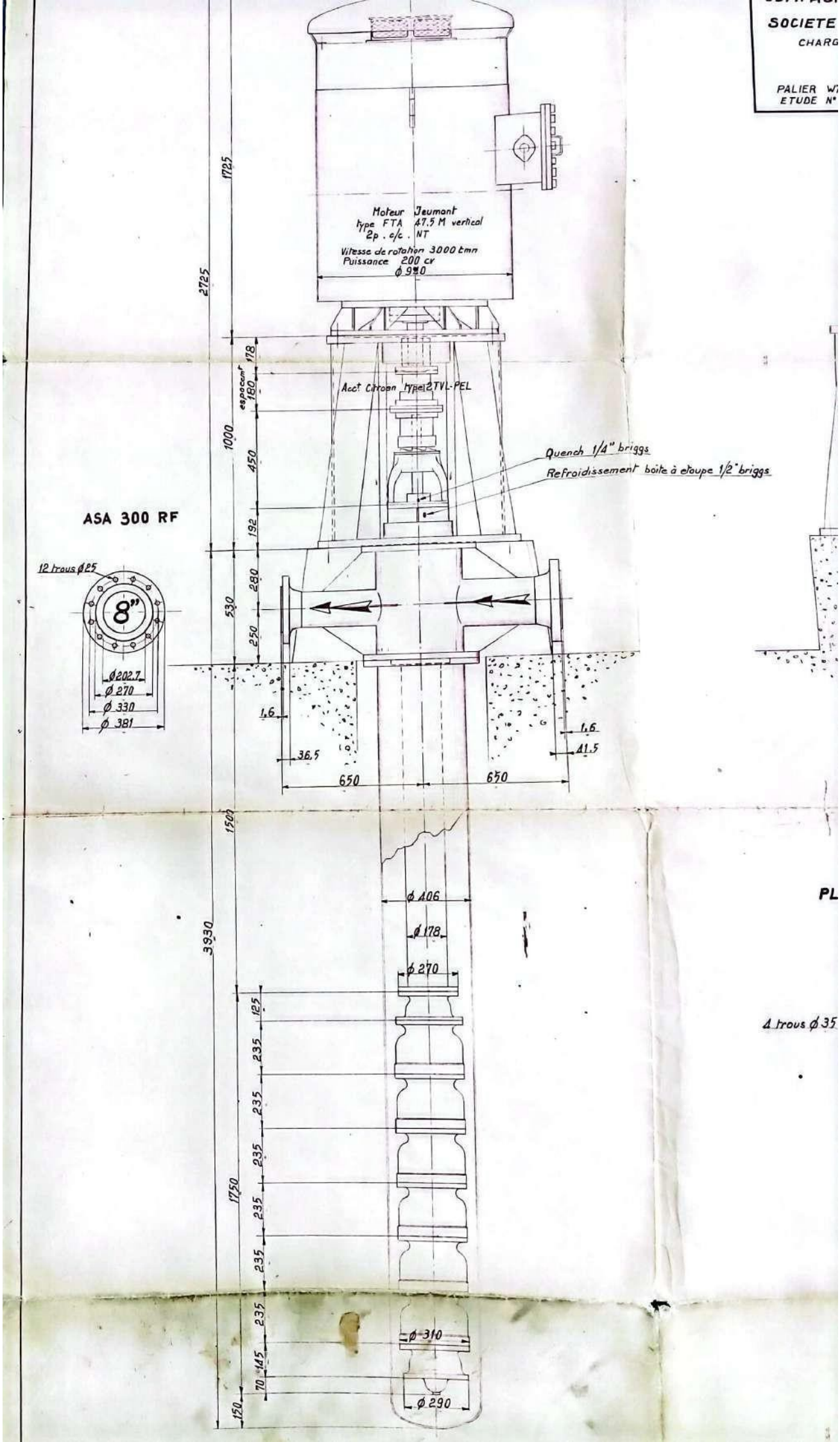
COUPE A-A



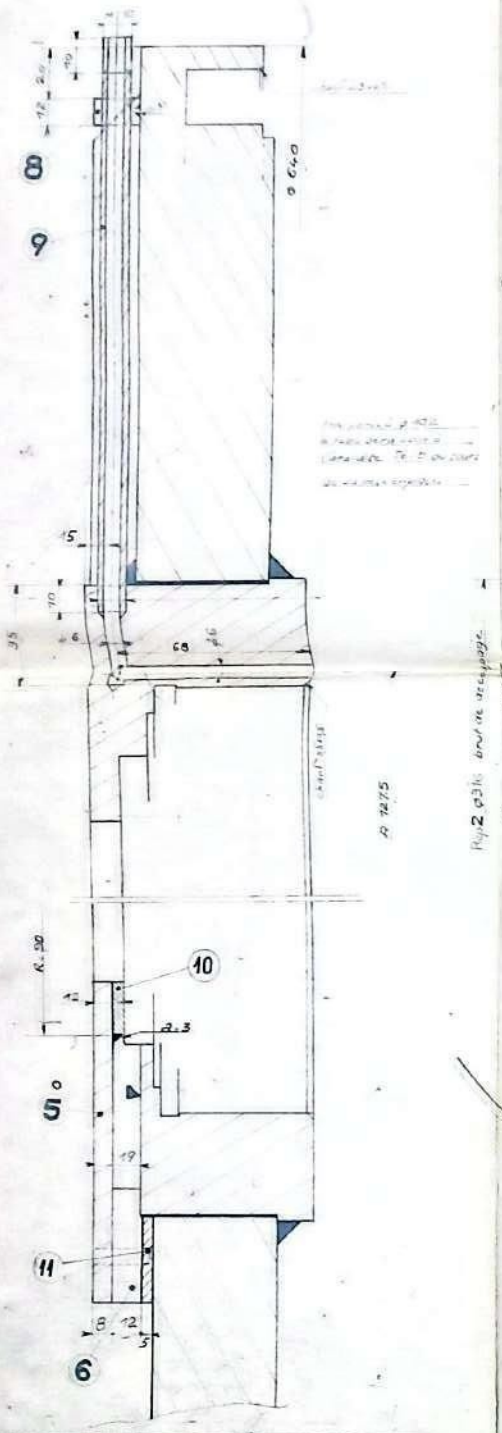


P1 P2 P101 ABC

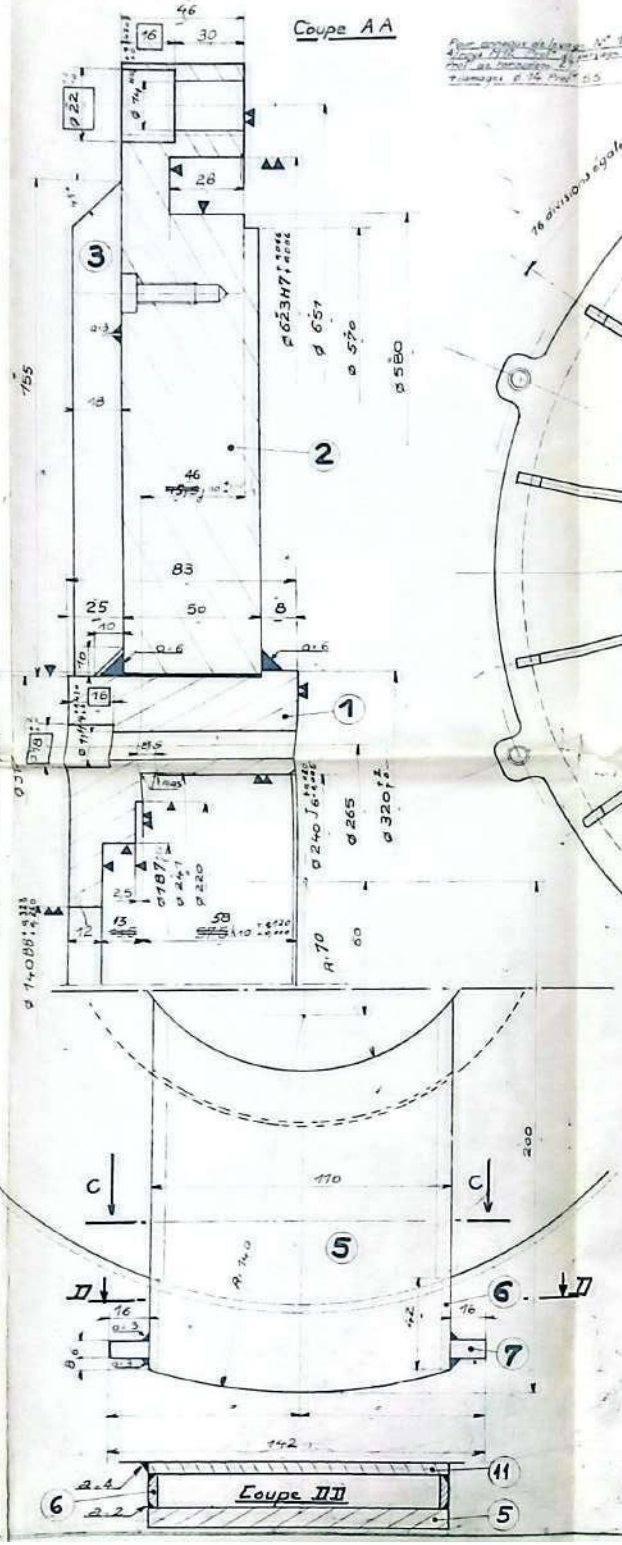
NAFTAL RAFFINERIE DALGER	
SERVICE PLANNING PREPARATION	
BAGUE ENTRETOISE DE ROULEMENT	
MATIÈRE: 42 CD4	DATE: 11-01-1985

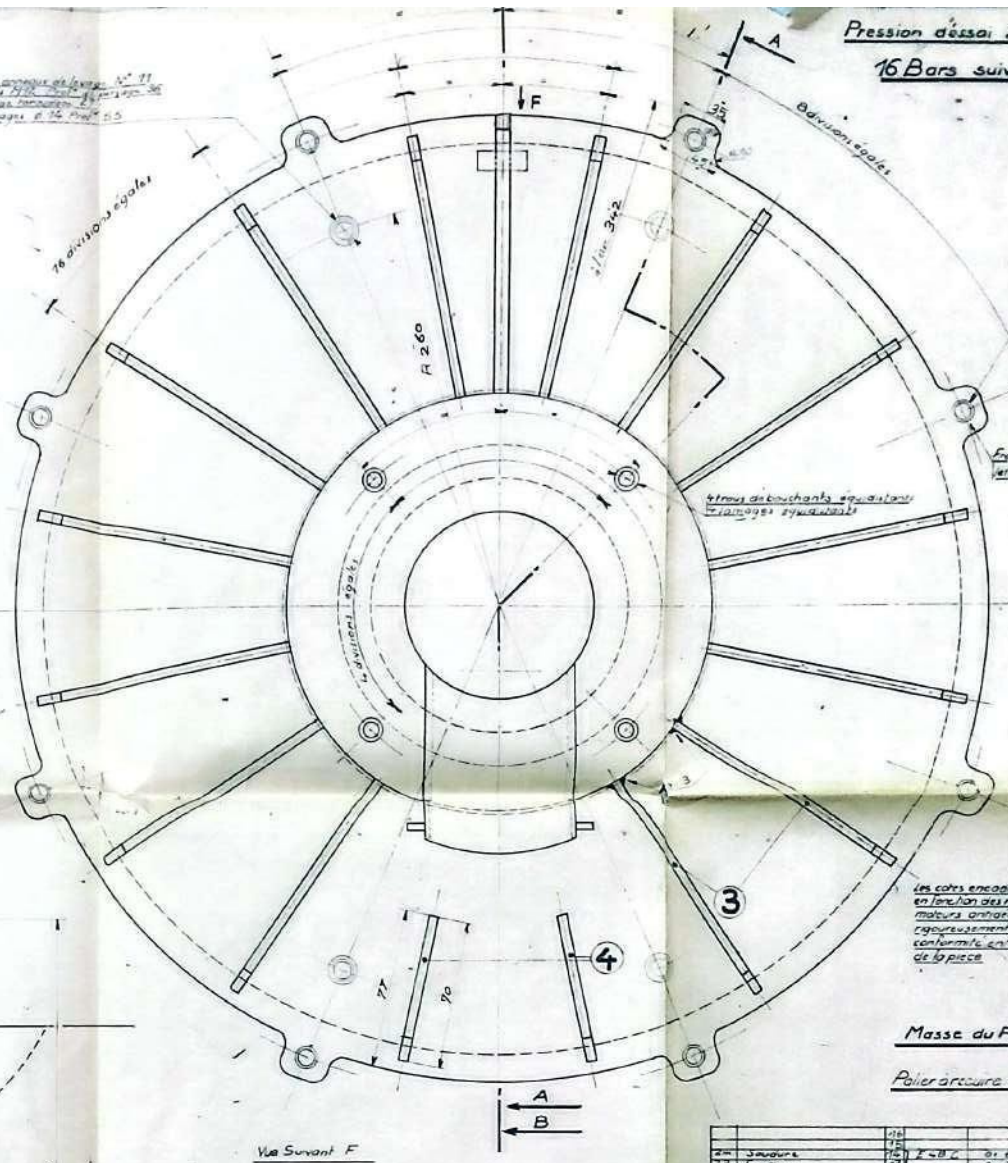

SOCIETE
CHARG
PALIER W
ETUDE N°
Moteur Jeumont
type FTA 47.5 M vertical
2p . c/c . NT
Vitesse de rotation 3000 t/mn
Puissance 200 cv
ϕ 990
Acct Citroen type 2TVL-PEL
Quench 1/4" briggs
Refroidissement boite à etoupe 1/2" briggs
ASA 300 RF
12 trous ϕ25
8"
ϕ202.7
ϕ 270
ϕ 330
ϕ 381
1725
2725
espacent
178
180
1000
450
192
280
530
250
1,6
36,5
650
650
1,6
41,5
1503
3930
1750
ϕ 406
ϕ 178
ϕ 270
125
235
235
235
235
235
235
ϕ 310
145
70
150
ϕ 290
PL
4 trous ϕ 35

Coupe BB



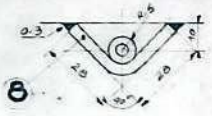
Coupe AA



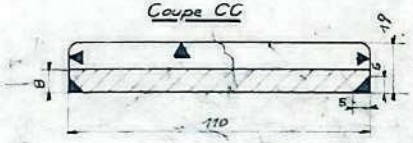


Pression d'essai hydraulique
16 Bars suivant CU 1802

Vue Suivant F



Coupe CC



Coupe JJ

Les cotes encadrées ▭ sont déterminées en fonction des règles de construction des moteurs antigrisounants et doivent donc être rigoureusement respectées. Leur non conformité entraîne le rebut systématique de la pièce

Masse du Palier 115 Kg

Palier brouté suivant CU 1702 115 Kg

Rep	Nb	Désignation	Matières	Observations	Plans	Masse
2m	14	Soudure		0.6		
2.3	43	Soudure		0.3		
	12					
1	1	Tôle	A37.3	ep 5	160x52	
1	1	Tôle	A37.3	ep 4	160x52	
1	1	Trou de graissage	Filetage			
1	1	Plat coupé	A.D.	12 x 4		
2	2	Plats	A.D.	12 x 6		
2	2	Plats	A.A37.3	80 x 3		
1	1	Tôle de fermeture	A 37.3	ep 8		
2	2	Nervures courtes	A.D.	18 x 6		
2m	2	Nervures longues	A.D.	18 x 6		
1	1	Fûtin	A37.3	ep 30		
1	1	Moyeu	A37.3	ep 100		

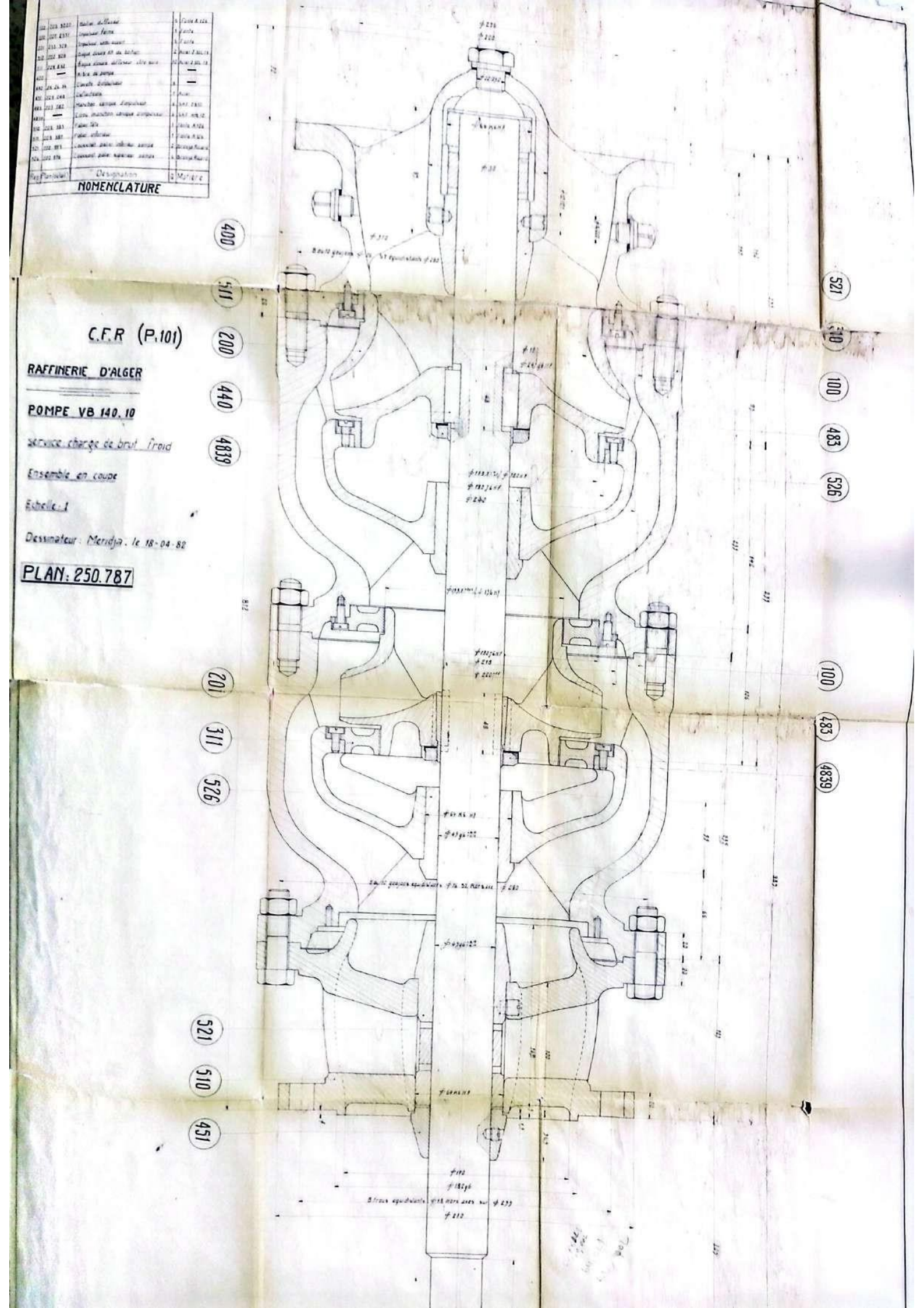
ÉTABLISSEMENT	DATE	DESSINÉ PAR	VÉRIFIÉ PAR	NUMÉRO DU DESSIN
Champagne	18.3.69	Creton	17 90 234	10B3426

Moteur FAC 355

Palier

5

JEUMONT-SCHNEIDER 10 B3432 A



NOMENCLATURE

Rep	Désignation	Matière
400		
511		
200		
440		
4839		
201		
311		
526		
521		
510		
451		

C.F.R (P.101)

RAFFINERIE D'ALGER

POMPE VB 140.10

service charge de brut froid

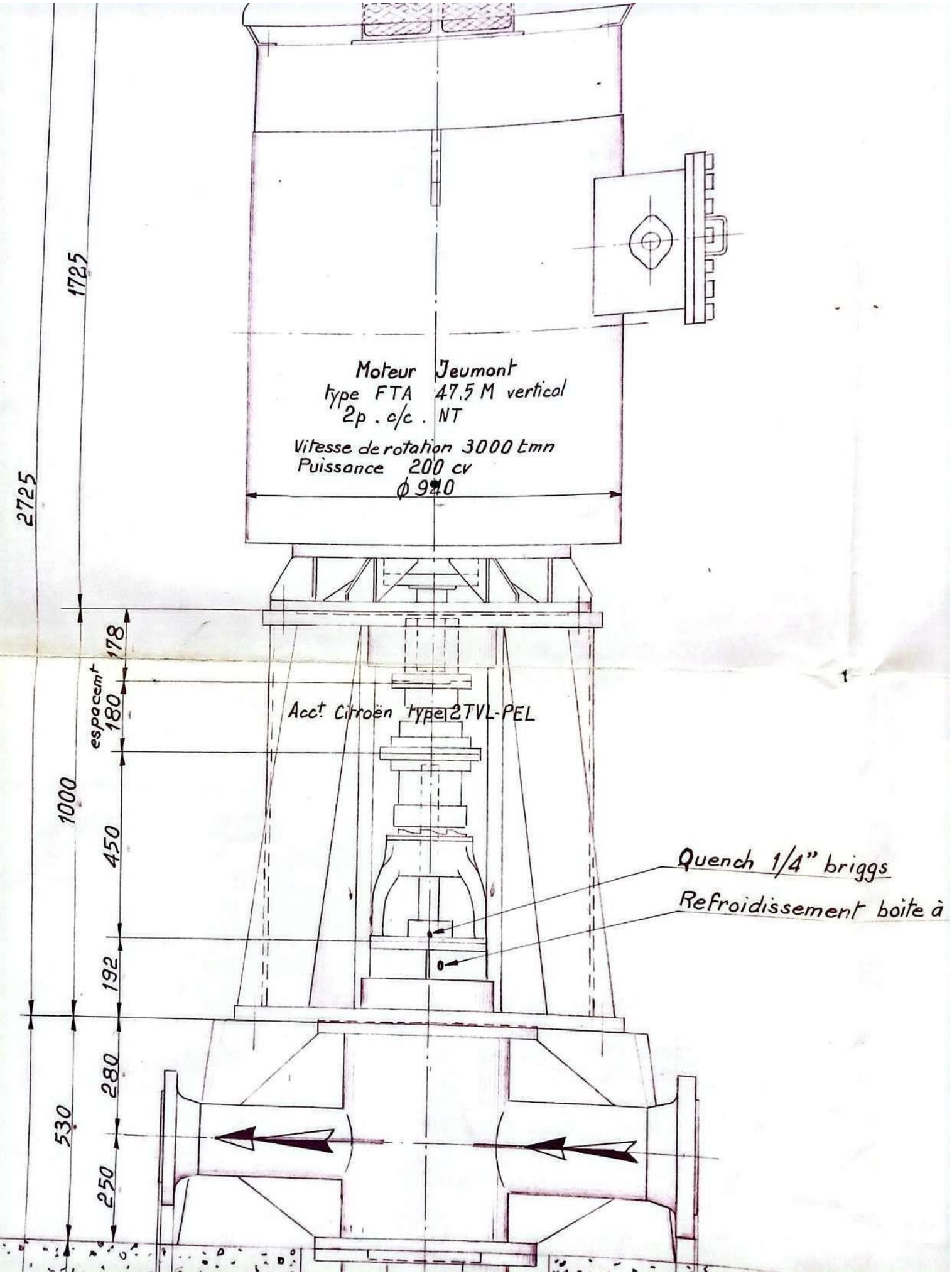
Ensemble en coupe

Echelle : 1

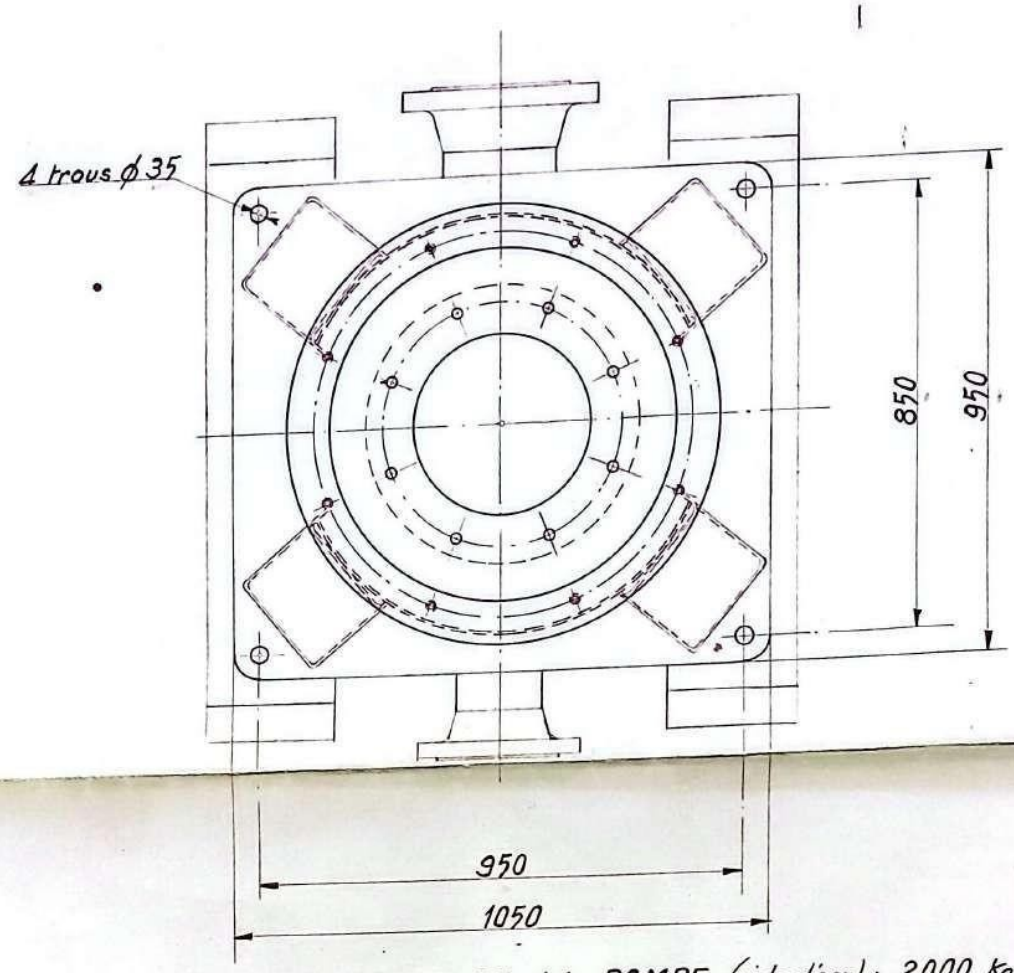
Dessinateur : Meridja . le 18-04-82

PLAN: 250.787

521 510 100 483 526 100 483 4839


Moteur Jeumont
type FTA 47.5 M vertical
2p . c/c . NT
Vitesse de rotation 3000 tmn
Puissance 200 cv
ϕ 940
Acct Citroën type 2TVL-PEL
Quench 1/4" briggs
Refroidissement boite à
2725
1725
1000
530
178
espacemt
180
450
192
280
250

PLAN DE POSE DU SUPPORT MOTEUR SUR MASSIF



POIDS DE LA POMPE (vide d'eau) :	2000 kg
POIDS DU MOTEUR	2075 kg
POIDS DE L'ENSEMBLE	4075

REPERE N° P101 A & B
FWF Contrat N° PRC 2200
S.R.A.
Unité Combinée - RA 6042
FWF Réq. N° 2200-170 B
SRA Commande N° 300098

GROUPE ELECTRO-POMPE
VB 140.10 à 6 étages

FOLIO	270488
ÉTUDE	26724
DESSI	MAILLARD
DATE	10-4-62
ÉCH.	1/10
PLAN N°	250544

REP.	MODIFICATIONS	DATES
2	Brides sans striures	13 oct 62
1	Suivant commentaires	10 25.6

CE PLAN EST NOTRE PROPRIETÉ. IL NE PEUT ÊTRE REPRODUIT, NI DIFFUSÉ, SANS NOTRE AUTORISATION (LOI DU 11 MARS 1902)

POMPES GUINARD

825-7

FORMAT A1