

RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL



ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE THIÈS

PROJET
DE
FIN D'ÉTUDES

Gm. 0378

Titre POMPE MANUELLE DE BROUSSE

Auteur Ibrahima DIAKHATE

Génie mécanique

Date JUIN 1983

Ecole Polytechnique de Thies

Projet de fin d'études

Titre du projet: Pompe manuelle de brousse (suite)

Directeur du projet: Youssef. A. YOUSSEF

Auteur du projet: Ibrahima DIAKHATE

Date de remise du projet: le 16 Mai 1983

à Thies

REMERCIEMENTS

Au moment de rédiger ce projet, je ne peux manquer d'adresser mes sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué d'une façon ou d'une autre à la réalisation de la pompe. Ces genres de projets ont besoin d'apports divers pour leur succès et pour leur richesse.

Et de ce point de vue j'éprouve un grand plaisir que d'avoir à remercier:

- Monsieur Yousof A. YOUSSEF, le directeur du projet, qui a constamment veillé à la bonne réalisation du projet par ses conseils pertinents. Et je tiens également à le remercier pour sa franche collaboration.
- Monsieur LECLERC, directeur des études de V.E.P.T., pour s'être toujours préoccupé de la réalisation de la pompe.
- Monsieur Boubocar AW, ingénieur à la SODESP, pour l'efficacité de sa collaboration.
- Monsieur Fernand IMBAULT, professeur à V.E.P.T., pour l'utilité de ses remarques.
- Monsieur Mankeur THIAM, ingénieur de la 6^e promotion, pour son assistance fort utile.
- Mes remerciements vont aussi à l'endroit de tous

les élèves qui ont manifesté de l'intérêt pour la pompe. Particulièrement ceux de la 4^e Mécanique (1982-1993).

Enfin je souhaite ardemment que la pompe manuelle fasse fortune pour nous permettre de récolter le fruit de notre travail.

SOMMAIRE

Ce projet de Fin d'Etudes fait suite à celui de l'année dernière qui se terminait par la réalisation et l'essai d'un prototype.

Le projet proposé comprend :

1. Réalisation et essai d'une pompe de puits profond ($> 15m$), cuvelage 65mm.
2. Réalisation et installation de 10 pompes (des deux types) dans les villages voisinant l'E. P. T.
3. Entraînement des paysans pour l'entretien des pompes manuelles.
4. Etude de comportement et de fiabilité de la pompe.
5. Etude de réalisation d'un atelier de fabrication d'une telle pompe.

Table des matières

<u>Matière</u>	<u>Page</u>
Remerciements	i
Sommaire	iii
Introduction	1
Chapitre I : Modes de gisement de l'eau	4
Chapitre II : Réalisation et essai d'une pompe de puits profond	7
- II.1 : le cuvelage	9
- II.2 : Tige du piston	12
- II.3 : la crépine	14
- II.4 : le bras de levier	16
- II.5 : le pivot	19
- II.6 : le support du bras de levier	22
- II.7 : la fourche	27
- II.8 : le piston	29
- II.9 : Installation du 1 ^{er} prototype	30
Chapitre III : Etude du comportement et de la fiabilité de la pompe	40
- III.1 : Comportement du piston	41
- III.2 : Comportement du clapet-filtre	41
- III.3 : Comportement de la fourche	42
- III.4 : Comportement du pivot	44

- III - 5: Comportement du couple et de la tige du piston	45
Chapitre IV : Réalisation d'une pompe du second prototype	47
Chapitre V : Entraînement des paysans pour l'entretien	48
Chapitre VI : Etude de réalisation d'un atelier de fabrication	50
Conclusion	52
Discussion et Recommandations	53
Bibliographie	55

INTRODUCTION

L'objet de l'étude qui sera faite dans ce présent rapport est la mise au point d'une pompe manuelle qui a pour vocation d'apporter une contribution à une recherche de moyens d'exhaure adaptés aux besoins et aux conditions locales d'utilisation. Cette nécessité de la recherche de matériels d'exhaure réside dans le fait qu'en Afrique de l'Ouest, la vie des populations exploitant le sous-sol est intimement liée à l'existence de point d'eau, fondement de l'activité du village.

La facilité ou la difficulté de se procurer de l'eau conditionne l'implantation d'une agglomération, l'extension des cultures et pâturages, en somme régit l'activité économique d'une région.

Il n'est point besoin de s'attarder sur les besoins en eau de nos populations rurales. Ils sautent aux yeux de tout observateur attentif qui s'aventure dans nos campagnes où les points d'eau sont rares et éloignés les uns des autres et que les rares puits qui y existent ne parviennent pas à satisfaire

tous les besoins qui sont du reste très divers et sont liés au climat, aux habitudes et surtout à la facilité de se procurer de l'eau.

Les moyens d'exhaure jusqu'ici employés sont le puisage traditionnel au seau et à la corde qui sont des moyens on ne peut plus épuisants surtout pour les femmes.

Notre pompe manuelle a pour principal objectif de diminuer chez l'utilisateur cette peine ; en plus elle offre la possibilité de subvenir aux besoins animaux et végétaux par la facilité de son utilisation.

Cette pompe manuelle n'est pas une innovation mais s'inscrit dans le cadre global de toutes ces pompes manuelles qui sont encore à l'expérimentation pour rendre un meilleur service à nos populations rurales.

En effet les différentes pompes manuelles jusqu'ici mises au point ont connu un moment d'euphorie avant de révéler certaines insuffisances qu'il s'agit de combler en y apportant les retouches nécessaires afin de pouvoir sortir ce qui pourra être considéré comme le libérateur des ruraux.

Nous avons eu, dans la réalisation de cette pompe, comme souci constant le choix de matériaux facilement trouvables sur le marché local et une facilité d'usinage des différentes pièces composant la pompe donc un montage et démontage faciles pour un entretien tout aussi facile par les utilisateurs.

Les principaux matériaux utilisés sont : le polyvinyle de chlorure, le bois, l'acier, le cuir, l'aluminium et le caoutchouc.

Chapitre I

LES MODES DE GISEMENT

DE L'EAU

Les problèmes que nous avons rencontrés durant la pose de notre premier prototype et le retrait assez fréquent de l'eau nous ont amenés à faire état, dans ce présent chapitre, des modes de gisement de l'eau en Afrique de l'Ouest pour mieux appréhender le phénomène.

Ce n'est pas bien entendu notre propos de décrire les grands ensembles aquifères phréatiques de l'Afrique de l'Ouest, mais plutôt de fournir quelque aperçu de leurs caractéristiques pour mieux comprendre les phénomènes souvent observés après la pose dans un puits d'une pompe dont l'utilisation abondante mène souvent à l'assèchement du puits.

Les formations sédimentaires et détritiques anciennes ou récentes d'origine continentale contiennent les plus vastes gisements aquifères dont certains s'étendent sur plus de 500.000 km².

Les nappes contenues dans des formations sédimentaires d'origine marine (ce qui est le cas du Sénégal) et qui sont composées de calcaire et de schiste présentent des extensions géographiques moindres mais leur exploitation présente plus d'aléas. La présence de l'eau étant liée à des cheminements privilégiés tels que diaclases, faciès karstiques, plans de schistosité.

La profondeur des puits que concrétise la position du toit de la nappe par rapport à la surface du sol est très variable, mais liée au mode de gisement de l'eau.

Selon les renseignements obtenus au ministère de l'hydraulique du Sénégal, les nappes alluviales du Sénégal ont une profondeur allant de 5 à 40m.

Il est également convenable de noter que les débits qu'il est possible de tirer des nappes sont fonction de la nature et de la granulométrie de la roche qui les emmagasine. Pour le cas spécifique de la région de Thiès, l'imperméabilité du sol est due à la faible

porosité de la roche qui est composée de latérites argileuses.

Les fluctuations saisonnières des plans d'eau sont très marquées dans certaines régions du Sénégal surtout dans les nappes phréatiques superficielles.

De cette description, il résulte que le mauvais rendement à terme des ouvrages provient des colmatages des massifs filtrants de graviers entourant les crépines.

Cette brève description du mode de gisement des nappes aquifères de l'Afrique de l'ouest dénote de la complexité du problème de l'exhaure en fonction de la profondeur de l'eau sous le niveau du sol.

A ce problème lié au mode de gisement de l'eau, il convient d'ajouter celui de l'exécution des puits qui est déterminant pour la fourniture d'un débit d'eau acceptable. Mais tout ceci s'inscrit dans le cadre général des problèmes d'exhaure pour mettre à la disposition des consommateurs une eau de potabilité satisfaisante et en quantité suffisante : tel est le but visé par notre étude.

Chapitre II

REALISATION ET ESSAI D'UNE

POMPE DE PUIITS PROFOND

La réalisation et l'essai d'une pompe manuelle de puits profond constitue la première partie de ce projet.

Disons tout d'abord que cette réalisation est basée principalement sur la conception qui a été faite dans la première phase du projet.

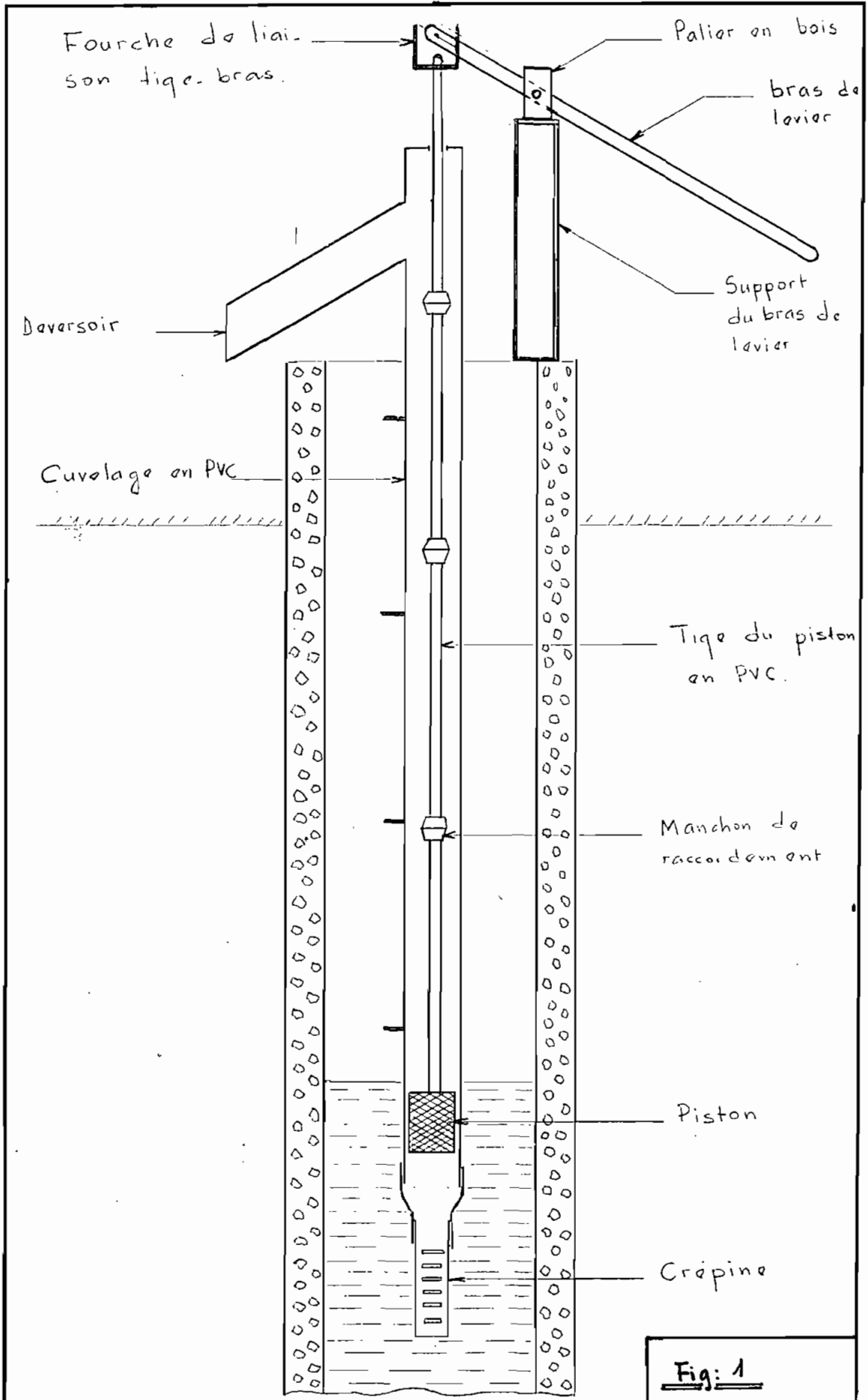
La pompe manuelle a été mise au point pour le pompage de l'eau des puits creusés et forés. Elle peut être installée dans tout type de puits.

La pompe manuelle peut être actionnée par une seule personne. La force nécessaire est considérablement réduite par une bonne proportionnalisation du bras de levier. La hauteur manométrique maximale est de l'ordre de 40 m pour le gros cuvelage, le débit est d'environ 1100 l/h.

La figure 1 représente le dessin schématique de la pompe. Les pièces constitutives sont fabriquées en PVC, en acier, en bois, en Al et en cuir. Elles sont largement dimensionnées afin de garantir une grande longévité.

La pompe manuelle se compose principalement :

- d'un cuvelage en PVC
- d'une tige de piston en PVC



- d'une crépine en PVC
- d'un bras de levier en acier
- d'un piston
- d'un support de bras de levier

L'aspect technologique nous amène à présenter les différentes pièces et leur dimensionnement.

II. 1 Cuvelage

Celui-ci est en PVC. Le choix du PVC est une grande première dans de telles pompes qui jusqu'ici n'avaient que des cuvelages en acier qui s'usaient et se rouillaient, causant ainsi des difficultés pour le bon fonctionnement de ces pompes. Le cuvelage ^{en PVC} est venu pour combler ce vide par son adaptation au climat tropical qui est le nôtre et son usure faible ce qui garantit une longue vie.

Pour le cas présent du premier prototype nous avons pour le cuvelage les dimensions suivantes :

- diamètre extérieur : 90 mm
- épaisseur : 3,2 mm
- longueur d'un tuyau = 6000 mm

L'importance particulière que le PVC occupe dans la fabrication de la pompe mérite quelque note sur ce matériau.

Le chlorure de polyvinyle non plastifié est un matériau thermoplastique rigide. Les tubes de polyvinyle de chlorure ou PVC ont les caractéristiques générales à 20°C

Suivantes :

- Poids volumique : $1,4 \text{ kg/dm}^3$

Ces tubes sont neuf fois plus légers que le plomb et six fois plus que le cuivre.

Ils ont un coefficient de dilatation thermique variant entre $0,06$ et $0,08 \text{ mm/m/}^\circ\text{C}$. Ils se dilatent donc deux fois plus que le plomb et quatre fois plus que le cuivre.

- Insensibilité à la corrosion.

- Rugosité hydraulique nulle.

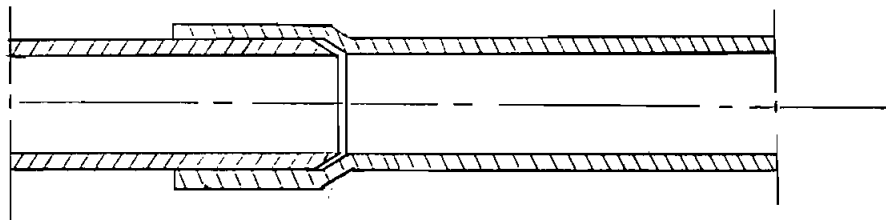
- Résistance à la traction : 500 kg/cm^2 .

Un point auquel une attention particulière doit être accordée est l'assemblage des tubes en PVC qui se fait en trois phases :

1. le dépolissage :

après avoir éventuellement chanfreiné leur extrémité (cas des tubes sciés sur chantier), dépolir

Figure : 2



les surfaces destinées à être en contact, puis les essuyer soigneusement.

Pour ce dépolissage, proscrire formellement la râpe ou la lame de scie à métaux.

Utiliser une toile à mèche ou le papier de verre

fin.

Veiller à ce qu'ils ne soient pas encrassés.

2. encollage:

Appliquer l'adhésif à l'aide d'un pinceau, sans excès (en couche mince) à l'embouchure de l'élément femelle, puis sur l'élément mâle.

3. emboitage:

Immédiatement après l'application de l'adhésif, emboîter les deux extrémités à fond (jusqu'au repère préalablement tracé), en poussant longitudinalement, et surtout sans mouvement de torsion.

Avec un chiffon propre, ôter l'adhésif superflu à l'extérieur du joint.

Laisser sécher selon le temps indiqué par le fournisseur de l'adhésif.

Ces précautions à prendre lors de l'assemblage du cuvelage permettront à la pompe de tenir le temps prévu pour son utilisation et éviteront ce travail fastidieux de démontage du cuvelage pour un mauvais assemblage. Ces mêmes précautions sont à prendre quant à l'assemblage de la tige du piston qui est elle aussi en P.V.C.

II.2 Tige du piston et guides de tige

Une autre particularité que comporte la pompe manuelle est la tige qui est également en P.V.C.

Son rôle principal est de communiquer au piston le mouvement du bras de levier.

Son choix est motivé par son poids linéaire très faible par rapport aux matériaux jusqu'ici employés dans les pompes du même genre.

Le seul inconvénient qu'on pourrait lui trouver c'est le flambage sous la compression que lui fait subir le bras de levier durant son mouvement de descente.

Ce problème est résolu par l'utilisation régulière à tous les 3m de guides de tige que l'on peut voir à la figure 3 et qui sont montés serrés sur la tige. Ces guides de tige, avec un petit jeu par rapport au diamètre intérieur du couvreur, permettent ainsi à la tige de se déplacer suivant une ligne droite de même que le problème du flambage s'en trouve une fois encore résolu.

Il est convenable de noter qu'il faut d'abord enfiler les guides de tige avant les manchons qui servent au raccordement des deux tubes.

Ce manchon est d'un diamètre intérieur égal au

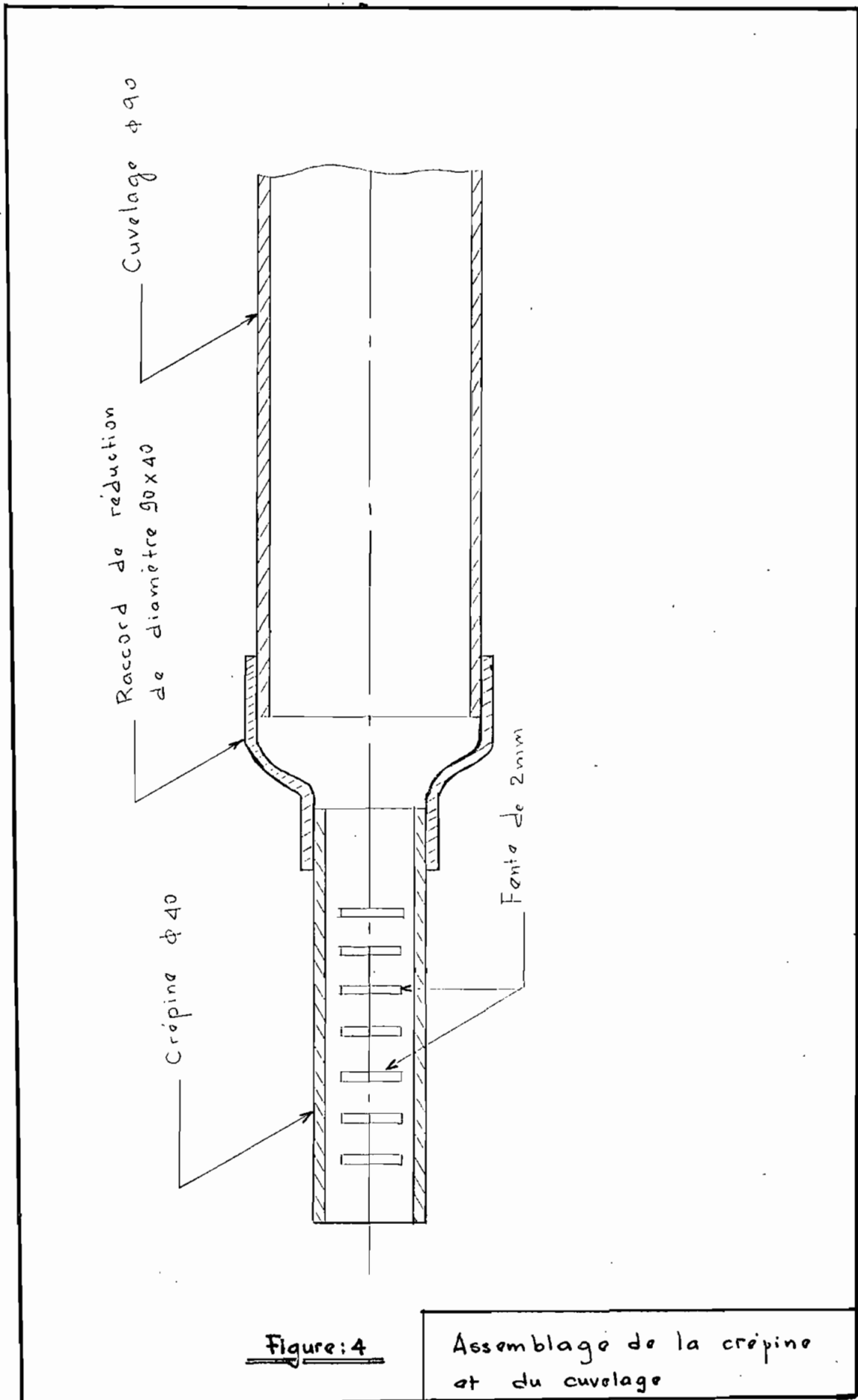
II. 3 La crépine

Elle joue essentiellement deux rôles à savoir:

- filtrer l'eau avant d'entrer dans la pompe.
- créer une pression, par son diamètre réduit, supérieure à celle existant dans le cuvelage.

Elle est également en PVC et se raccorde au cuvelage grâce à un raccord de réduction de diamètre. Pour son utilisation comme filtre nous avons fait des fentes tout au long des 500mm qui constituent sa longueur hors tout. Ces fentes se font de part et d'autre de la crépine.

Pour le premier prototype nous avons choisi un tube de $\phi 40$ pour la crépine et un raccord de réduction de diamètre de 90×40 pour l'assemblage avec le cuvelage qui a donc un diamètre extérieur de 90 mm.

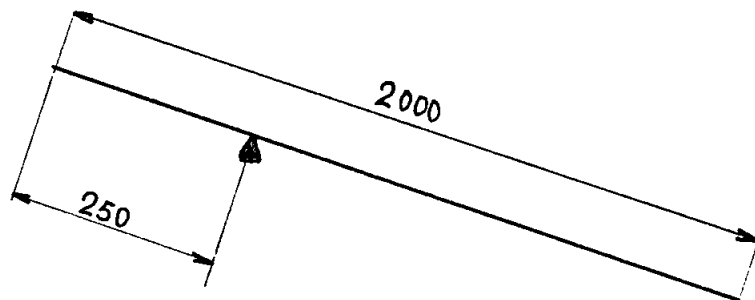


II. 4 Le bras de levier

Initialement conçu en bambou, nous avons durant la réalisation de notre premier prototype utilisé un tube en acier de 24 x 36 ayant une contrainte admissible $\sigma_a = 310 \text{ MPa}$.

Nous avons porté notre choix définitif sur ce matériau que, non seulement, il est plus facilement trouvable mais qu'il présente également l'avantage de présenter des données précises sur ses différentes caractéristiques.

Pour le premier prototype devant équiper les puits de profondeur $\leq 30 \text{ m}$, nous avons arrêté une longueur standard de 2m pour le bras de levier. Ce qui est de nature à nous garantir avec un effort moindre.



Comme le laisse voir la figure, la tige du piston est accolée au bras de levier à une distance égale à 250 mm du pivot qui est le point sur lequel le bras de levier se balance.

La course C étant de 200mm.

Mais le plus important est la possibilité de faire varier la distance entre tige du piston et pivot par le choix de trois points de fixation possibles de celui-ci.

Au niveau de la liaison avec la fourche nous avons également amélioré le montage en soudant sur le tube un petit tube afin de pouvoir diminuer l'usure prématurée du bras de levier par l'augmentation de la surface de contact entre le tube du bras de levier et la vis la traversant.

Ce petit tube est fixé sur le bras de levier par 4 points de soudage.

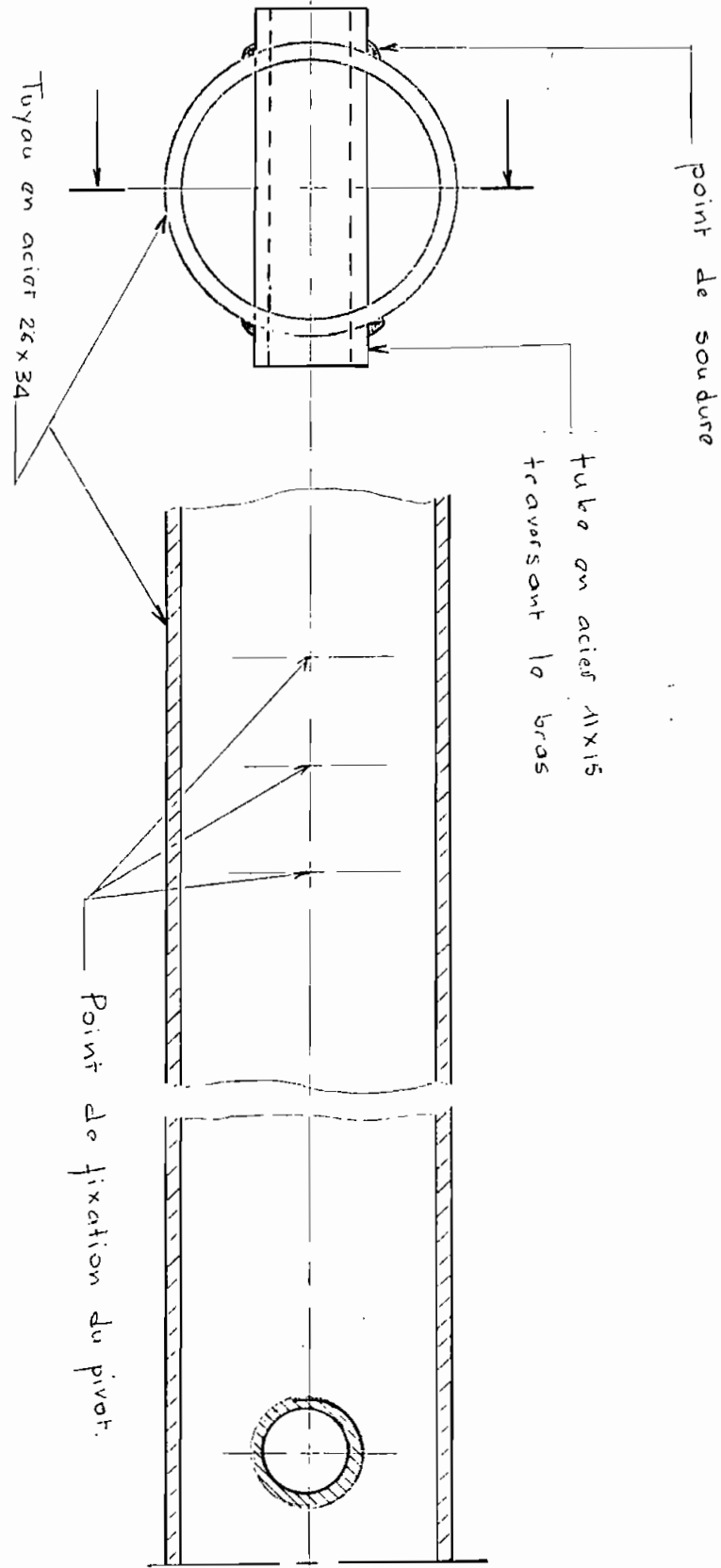


Figure: 5

Schema du bras de levier

II. 5 Le pivot

Dans sa nouvelle conception, le pivot est constitué d'un tube sur lequel est soudé un collier percé de trous de part et d'autre.

C'est ce collier qui va recevoir le tube du bras de levier qui, lui également, est percé de trous de même diamètre.

Ces différents trous vont permettre la fixation du bras de levier au pivot par une vis d'assemblage. L'ajustement entre le tube du bras de levier et le collier doit être serré afin d'éviter le cisaillement de la vis.

La figure 6 montre les dimensions de ce pivot.

Pour assurer au pivot de jouer convenablement son rôle, celui-ci est muni de paliers en bois fixés sur le support du bras de levier.

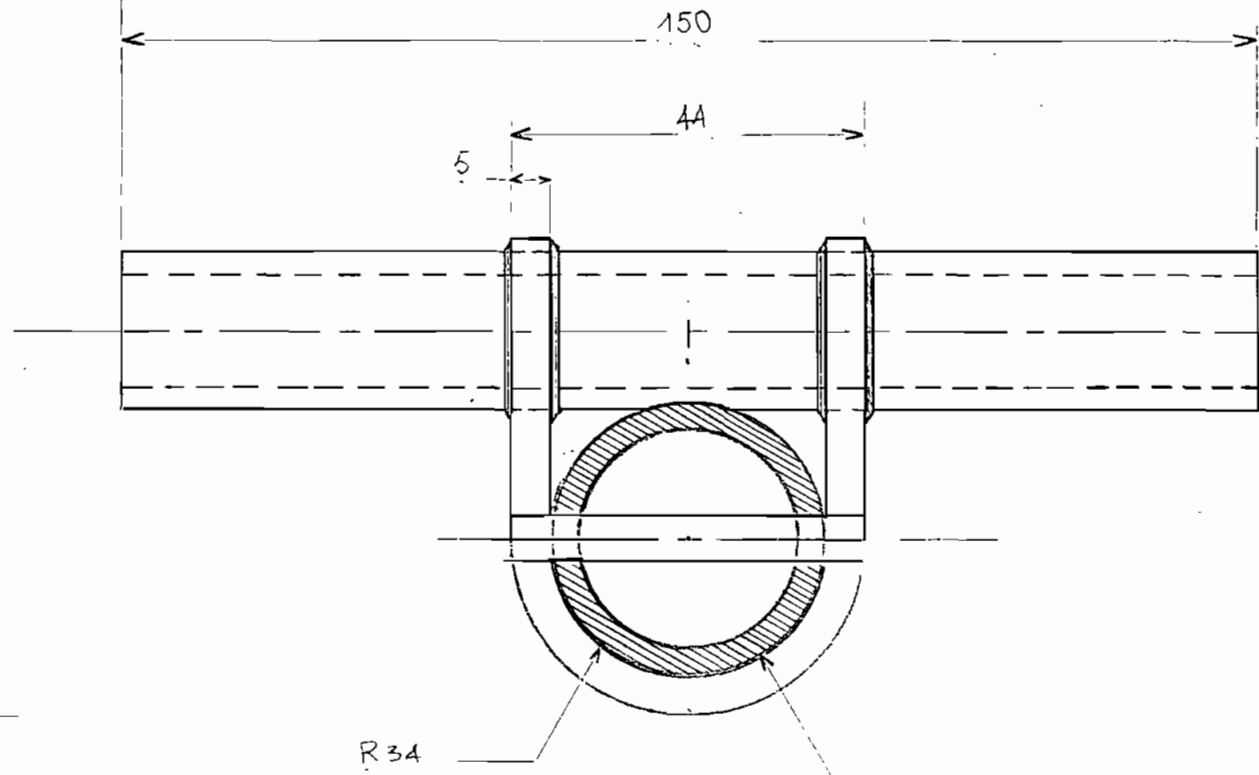
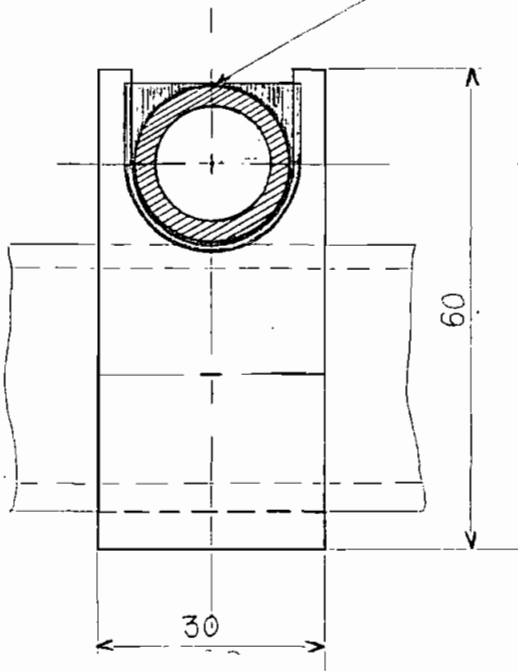
Ces paliers en bois sont deux blocs séparés muni chacun d'un trou dans le sens de la largeur servant à enfiler le pivot et deux autres trous dans le sens de la hauteur pour la fixation du bloc sur le support du bras de levier.

Des vis M10 assurent cette fixation.

Schéma d'assemblage du pivot

Figure: 6

Tuyau 15x21 en acier



Tuyau 26x34 en acier galvanisé

7

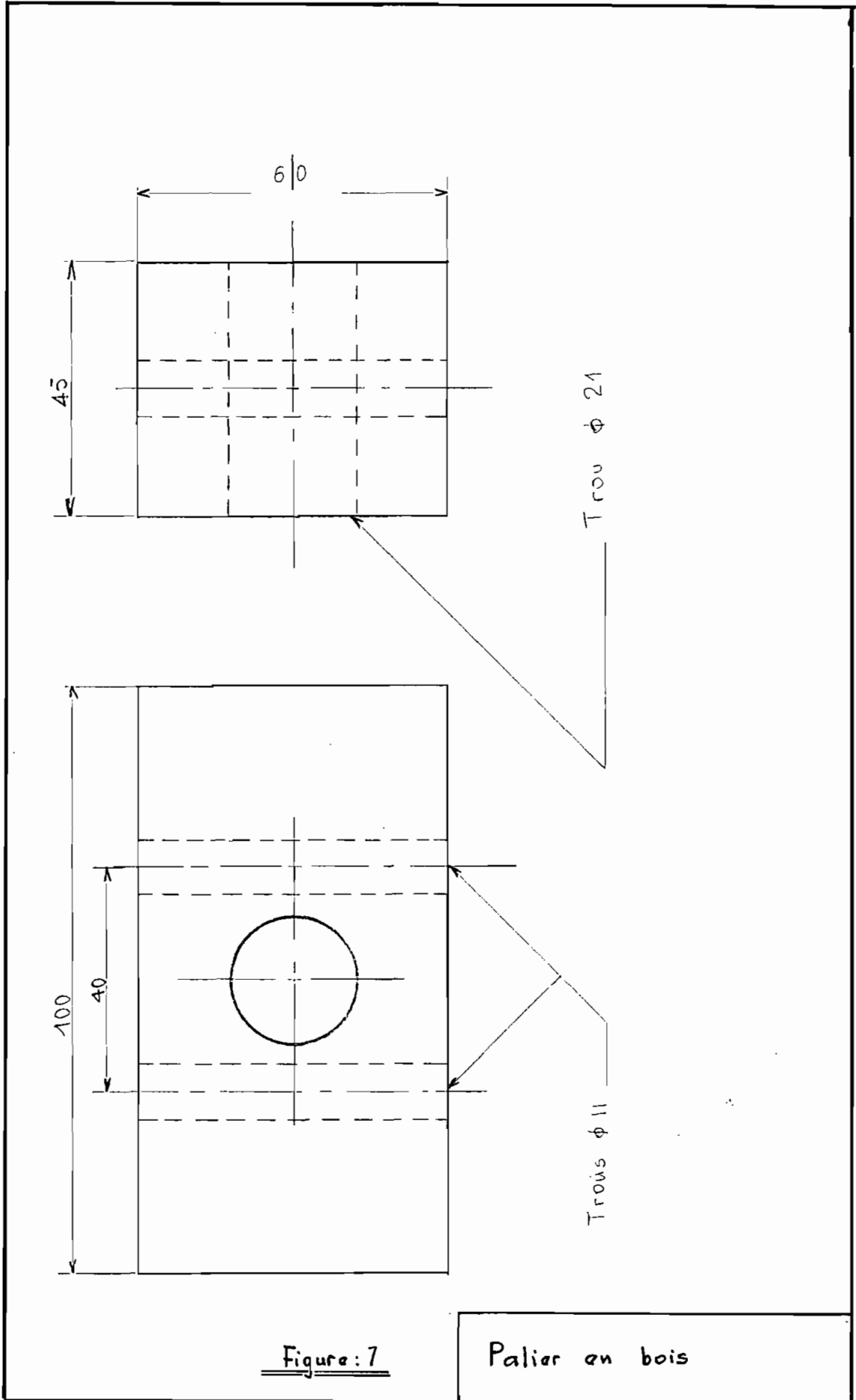


Figure: 7

Palier en bois

II. 6 Le support du bras de levier

C'est l'un des éléments (ils sont deux) de fixation de la pompe sur le puits.

Comme son nom l'indique, il sert de support au bras de levier.

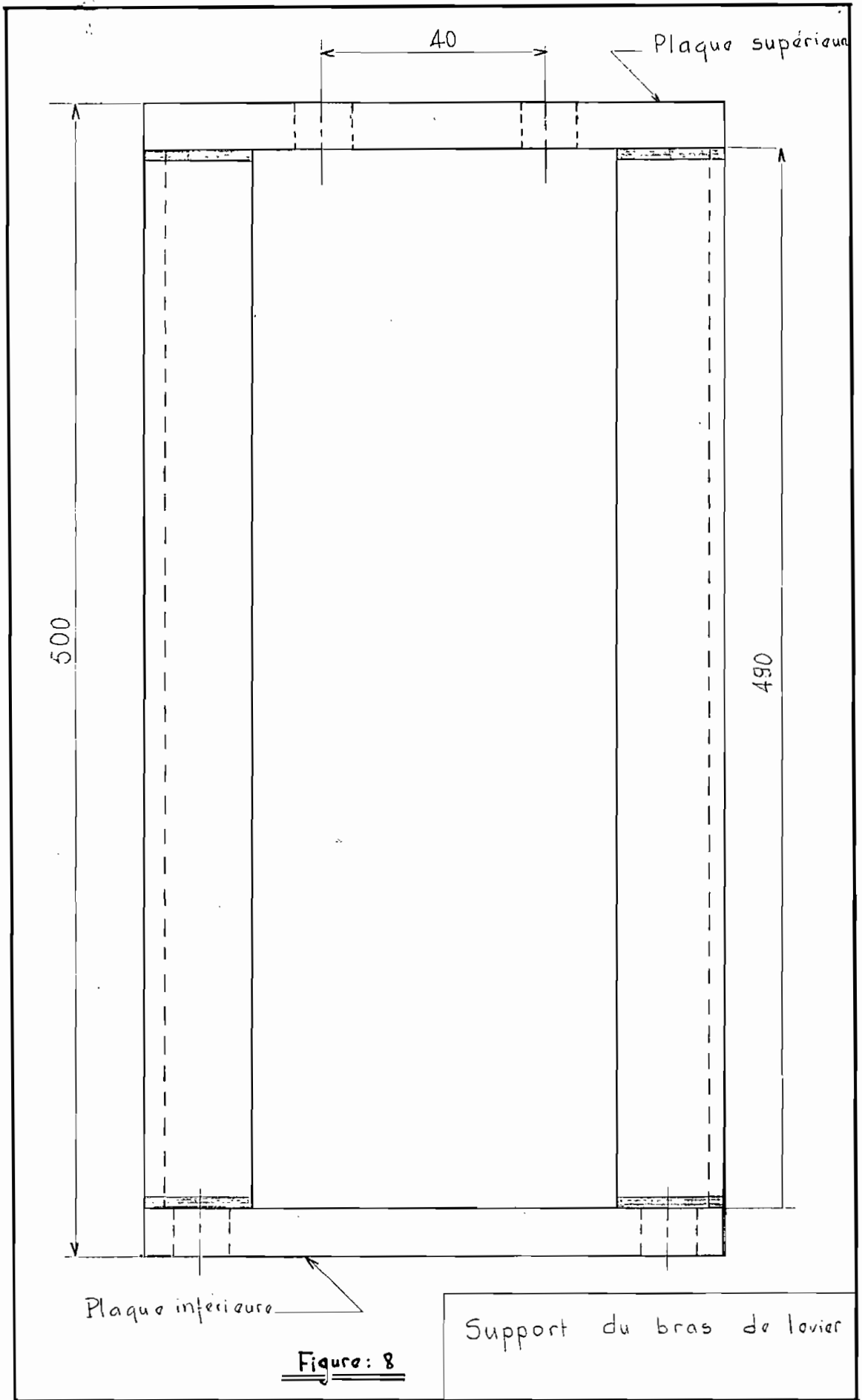
Il se compose principalement de deux plaques inférieure et supérieure reliées entre elles par quatre pieds en profilé laminé en L.

La fixation des pieds étant obtenue par soudage. Tout ceci constitue un ensemble solidaire à la margelle du puits grâce à des vis encastrées dans celle-ci. Une plaque de base étant posée pour assurer la planéité des plaques.

La plaque supérieure est percée de 2x2 trous distants l'un de l'autre de 40 mm pour maintenir les paliers en bois grâce à des vis M10.

La plaque inférieure quant à elle est percée de 4 trous aux quatre coins pour sa fixation sur la plaque de base grâce aux 4 vis encastrées dans la margelle et dont les bords libres permettent la fixation par écrous.

Une certaine délicatesse doit être apportée à la fixation de la plaque de base pour qu'en cours d'opération elle ne s'arrache pas, pour ce faire les vis doivent être enfoncées sur 45 mm.



Plaque inférieure

Support du bras de levier

Figure: 8

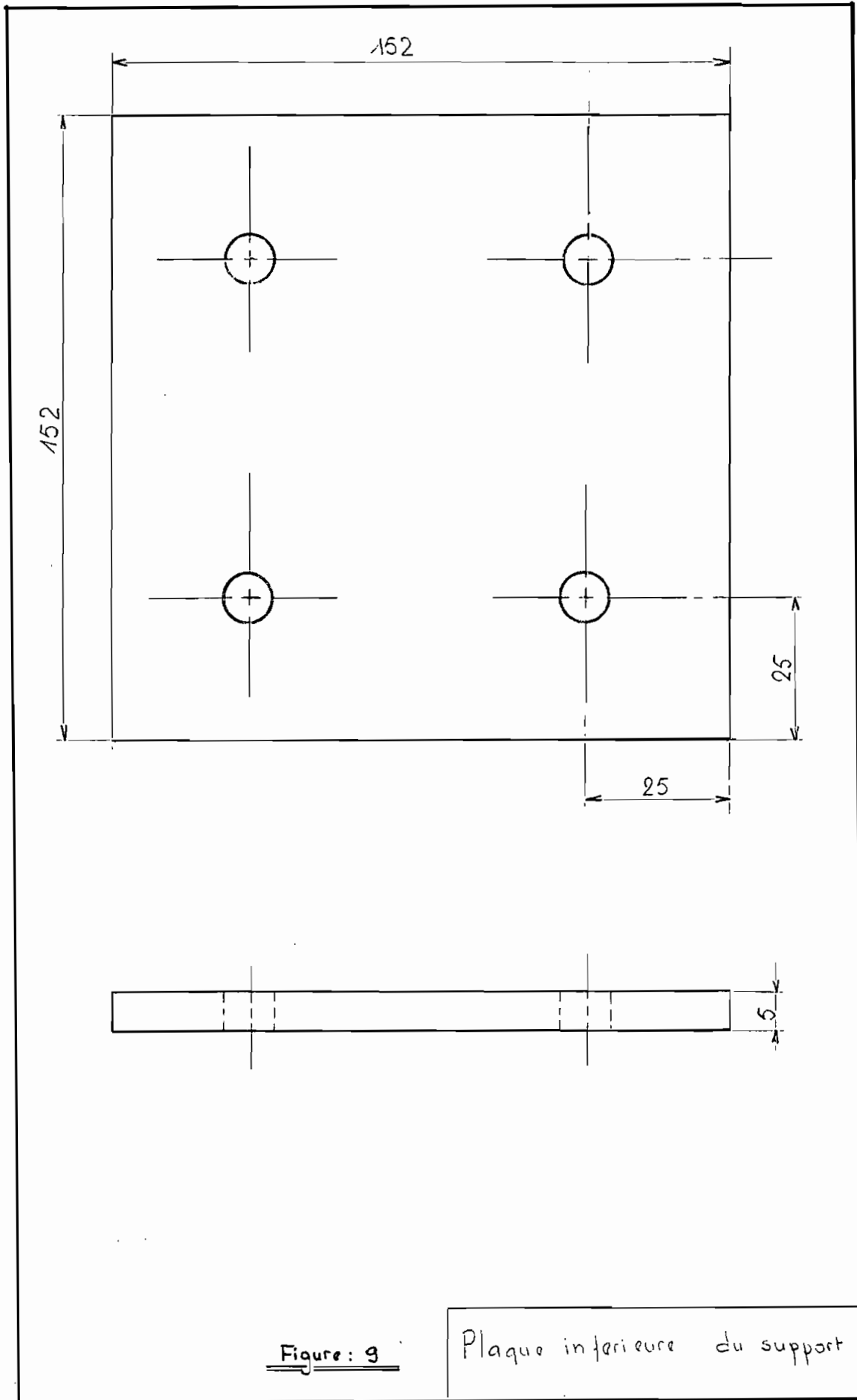


Figure: 9

Plaque inferieure du support

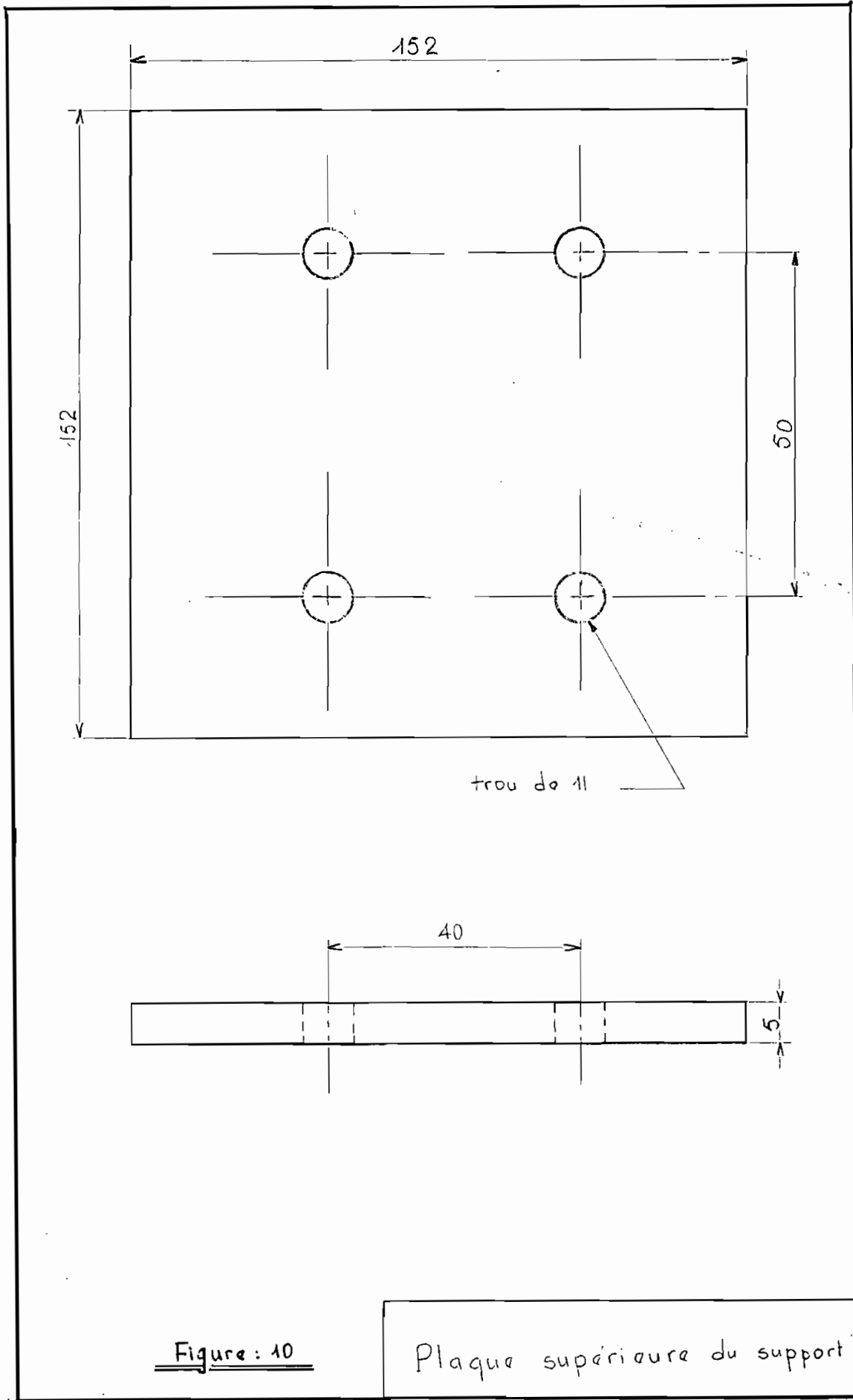


Figure : 10

Plaque supérieure du support

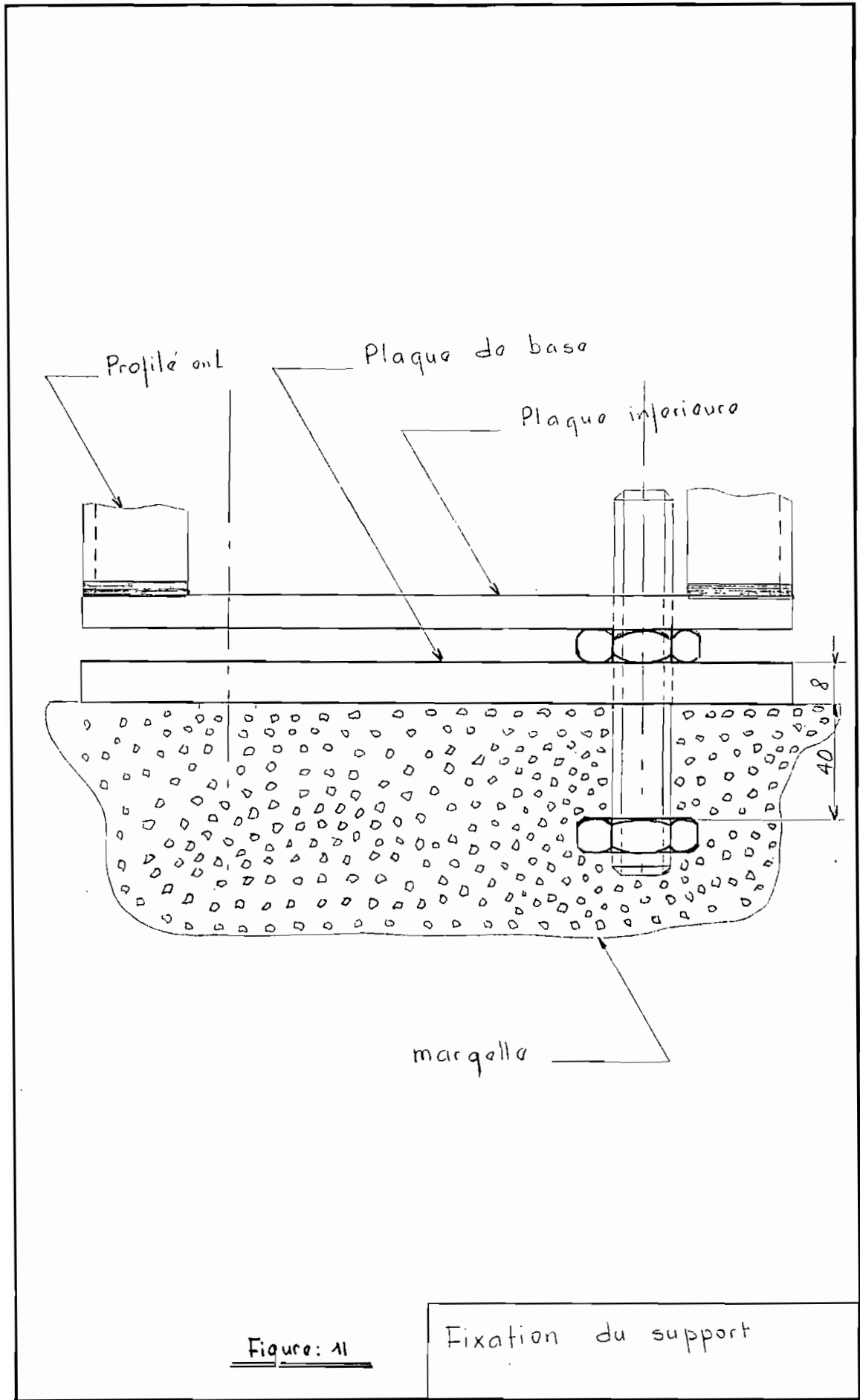


Figure: 11

Fixation du support

II-7 La fourche

La fourche est l'élément de liaison entre le bras de levier et la tige du piston.

Elle constitue le point d'achoppement de la pompe. Initialement conçue avec une double articulation, elle n'en a comporté finalement qu'une seule.

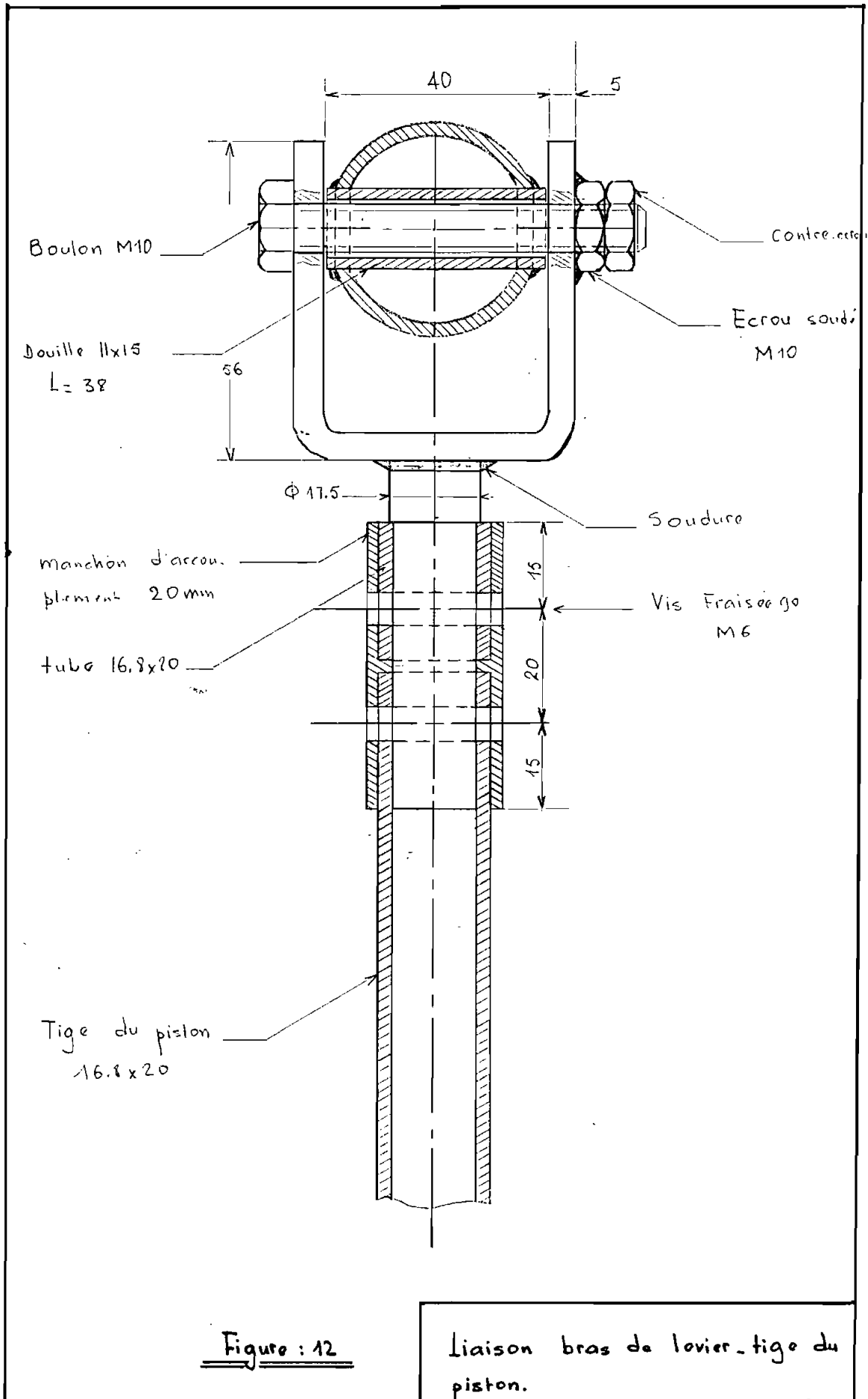
Sa nouvelle conception est d'autant plus facile qu'elle se compose :

- d'une mince tôle pliée et munie de trous pour la vis de liaison. Elle joue également le rôle de contre-écrou avec le soudage à un de ses deux côtés d'un écrou de même diamètre nominale que la vis.
- d'une tige pleine en acier soudée elle aussi sur la tôle mince.

Cette tige est à son tour percée de deux trous pour la fixation de la tige du piston.

La tige mince a un diamètre égal au diamètre intérieur de la tige du piston.

Pour sa fixation sur la tige du piston, deux vis sont employées pour une immobilisation en rotation, ceci afin d'éviter de fatiguer la tige en PVC par la fourche en métal. D'ailleurs à ce point la tige est renforcée par une augmentation de l'épaisseur.



II. 8 Le piston

C'est le dernier élément de la pompe que nous avons choisi de présenter car n'ayant subi aucune modification majeure. Donc pour une plus ample connaissance, nous renvoyons le lecteur au projet sur la conception de la pompe.

Tout de même nous avons eu à augmenter le corps du piston pour mieux assise la coupelle. Nous avons enfin supprimé l'une des deux coupelles pour beaucoup plus d'efficacité.

De même nous avons substitué un axe en Al à l'axe en Fer pour diminuer le poids total à soulever. Cependant un détail de construction s'impose : l'axe en Al une fois usiné doit séjourner pendant au moins 1 semaine dans l'air avant de l'immerger pour lui permettre de se couvrir d'une couche d'oxyde afin d'éviter le grippage lors d'un éventuel démontage de la pompe.

II. 9 Installation du premier prototype

Dans les différents sous-chapitres précédents, nous avons passé en revue les différents éléments devant assurer le mécanisme de fonctionnement de la pompe. Avec ce présent sous-chapitre, nous allons procéder aux calculs nécessaires pour l'installation sur la base de données obtenues sur le puits.

Notre premier prototype devait équiper un puits se trouvant dans un village aux environs de thies.

Caractéristiques du puits.

Profondeur du puits : 18 m

Niveau de l'eau : 15,30 m

Hauteur de la margelle : 0,82 m.

Caractéristiques du cuvelage

Longueur totale du cuvelage : 17,50 m

Diamètre intérieur du cuvelage : 81,4 mm

Caractéristiques de la tige

Longueur totale de la tige du piston : 17,20 m

Diamètre extérieur de la tige : 20 mm

Ces différentes caractéristiques sont les principales qu'il faut pour procéder aux calculs concernant la pompe. Ces données nous permettent de déterminer le débit d'eau pompée, donc le poids de la colonne d'eau à soulever.

Poids de l'eau à soulever

Ceci correspond au poids de la colonne d'eau à soulever, le bras de levier étant au point mort bas.

$$P = \frac{\pi}{4} \left[(\phi_{\text{int.cuv}}^2 - \phi_{\text{ext.tiq}}^2) \times 17 \times \rho_{\text{eau}} \right]$$

où $\phi_{\text{int.cuv}}$: diamètre intérieur du cuvelage (81,4 mm)

$\phi_{\text{ext.tiq}}$: diamètre extérieur de la dique (20 mm)

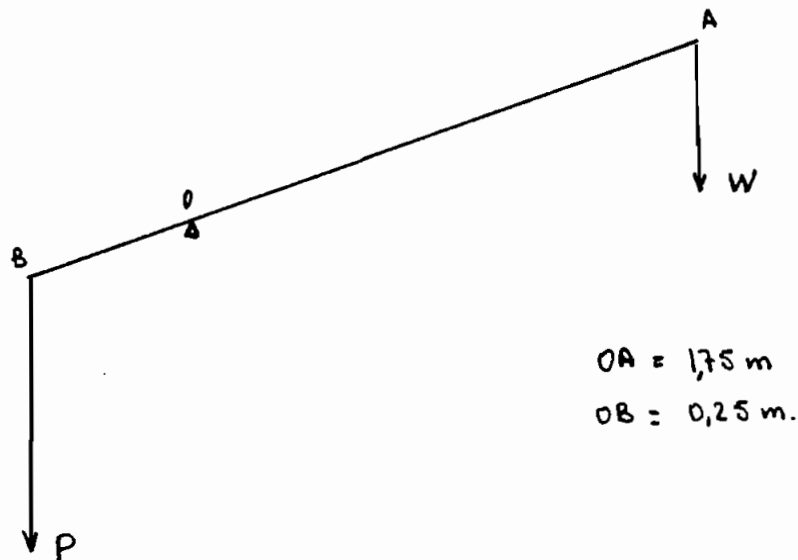
ρ_{eau} : 9800 $\frac{\text{N}}{\text{m}^3}$

$$P = \frac{\pi}{4} \left[(81,4 \times 10^{-3})^2 - (20 \times 10^{-3})^2 \right] \times 17 \times 9800$$

$$P = 814,7 \text{ N}$$

Effort à développer pour l'exhaure

Notre bras de levier est d'une longueur de 2 m avec un rapport $\frac{1}{7}$ entre la longueur entre la dique et le pivot d'une part et la longueur entre le pivot et l'extrémité des bras de l'autre.



Notons au passage que pour toutes les pompes du même prototype que nous pourrions installer dans un puits de profondeur inférieure à 40 m, une tube en acier galvanisé 26x34 de longueur 2 m pourra servir de bras de levier avec un bon facteur de sécurité comme nous allons le voir dans les pages qui suivent.

Donc l'effort nécessaire pour soulever l'eau sera:

$$\sum M/O = 0 = P \times (OB) - W \times (OA)$$

$$\Rightarrow W = \frac{P \times (OB)}{(OA)}$$

$$W = 814,7 \text{ N} \times \frac{0,25 \text{ m}}{1,75 \text{ m}}$$

$$W = 116,4 \text{ N}$$

Donc l'effort à développer sera de 116,4 N ce qui équivaut à soulever une masse de 11,64 Kg.

Mais pour beaucoup de sécurité, voyons la tenue du tube en acier galvanisé 26 x 34 sous les efforts de 814,7 N et 116,4 N.

Tenue du bras de levier

Nature du matériau : acier galvanisé

Dimensions du tube : 26 x 34

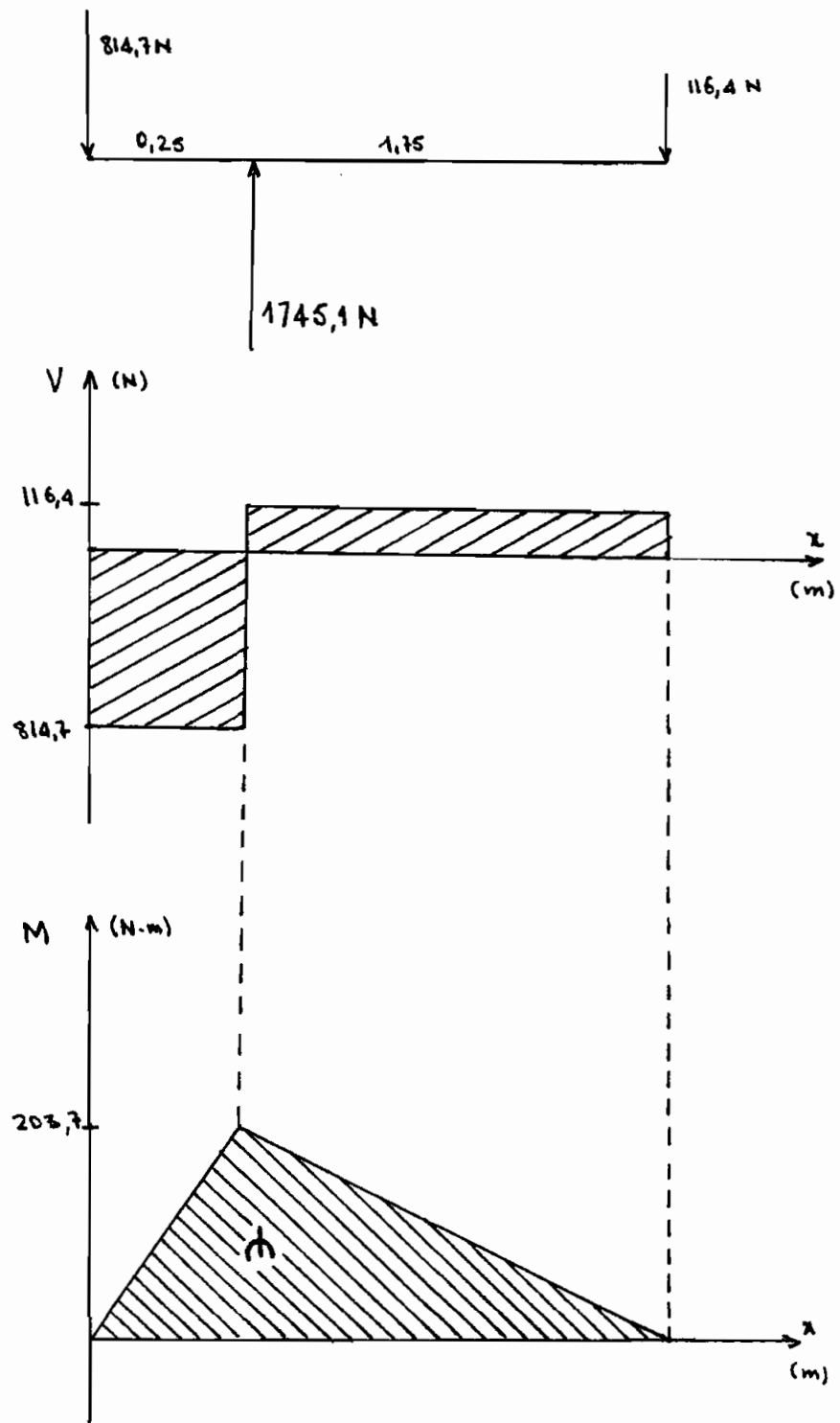
Contrainte admissible : 310 MPa

$$\sigma_{flex} = \frac{M_f c}{I}$$

où $C = \frac{34}{2} = 17 \text{ mm}$

I : moment d'inertie du tube

M_f : moment de flexion du tube qui est obtenu à partir des diagrammes suivants :



$$\sigma_{flex} = \frac{203,7 \times 17 \times 10^{-3}}{\frac{\pi [(32 \times 10^{-3})^4 - (26 \times 10^{-3})^4]}{64}}$$

$$\sigma_{flex} = 119,2 \text{ MPa}$$

d'où un facteur de sécurité $N = \frac{\sigma_a}{\sigma_{flex}}$

$$N = \frac{310}{119,2} = 2,60$$

$$N = 2,60$$

Conformément à notre attente la tenue en flexion du tube en acier galvanisé est bonne avec une proportion du bras de levier de 1/7.

Le débit de la pompe

$$Q = \frac{\pi}{4} [(\phi_{int.cuv})^2 - (\phi_{ext.tub})^2] \times C \times f$$

C: la course du bras de levier

$$C = 0,20 \text{ m}$$

f: la fréquence de pompage de la pompe

$$f = 25 \text{ coup/min.}$$

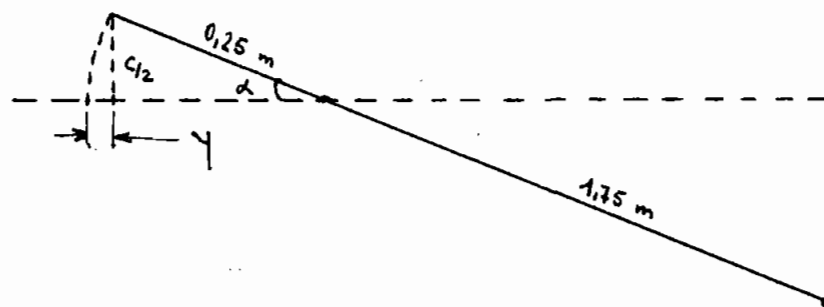
$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot [(81,4 \times 10^{-3})^2 - (20 \times 10^{-3})^2] \times 0,20 \times 25$$

$$Q = 0,024 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \text{ ou } 24 \text{ l/min}$$

$$Q = 24 \text{ l/min}$$

Déplacement latéral de la tige.

Pour éviter de causer trop d'ennuis à l'utilisation de la pompe, nous avons accordé une attention soutenue au déplacement latéral de la tige qui nous impose certaines valeurs pour la course et le bras. Ceci nous a amenés à travailler avec une course de $C = 0,200 \text{ m}$ pour $0,25 \text{ m}$ de longueur entre tige et pivot



déplacement latéral de la tige γ

$$\gamma = 0,25 - 0,25 \cos \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{C/2}{0,25} = \frac{0,20/2}{0,25} = 0,4 \Rightarrow \alpha = 23,6^\circ$$

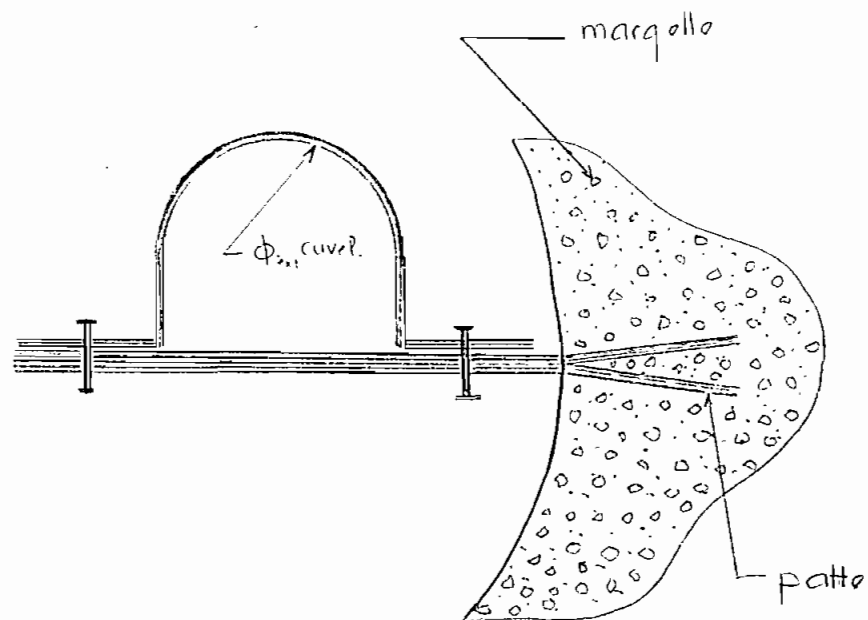
$$\gamma = 0,25 (1 - \cos 23,6)$$

$$\gamma = 0,020 \text{ m}$$

Nous tombons sur une valeur relativement faible et ne causant aucun déplacement excessif de la tige.

A ceci, nous sommes parvenus en apportant beaucoup de soin à la pose de la tige qui doit se faire en ayant le bras à l'horizontale.

La tige lui étant normale en ce moment là.
 Ces vérifications nous ont permis de pouvoir installer
 le plus normalement du monde la pompe.
 Cette installation se faisant sur le puits aura nécessité
 une fixation du cuvelage sur le puits par des colliers
 de fixation d'une part, de l'autre le support de bras
 delevier soudé sur la margelle du puits.
 Comme le support le collier est fixé sur le bord du
 puits par encastrement de sa patte.



Fixation du collier

Figure : 13

Toune du pivot

L'étude à ce point s'est avérée nécessaire quand on sait que c'est au niveau du pivot que se manifeste la somme des efforts pour soulever la colonne d'eau d'une part, la force nécessaire à cet effet de l'autre.

Le pivot est en acier et sous forme de tube évide' ayant les caractéristiques suivantes :

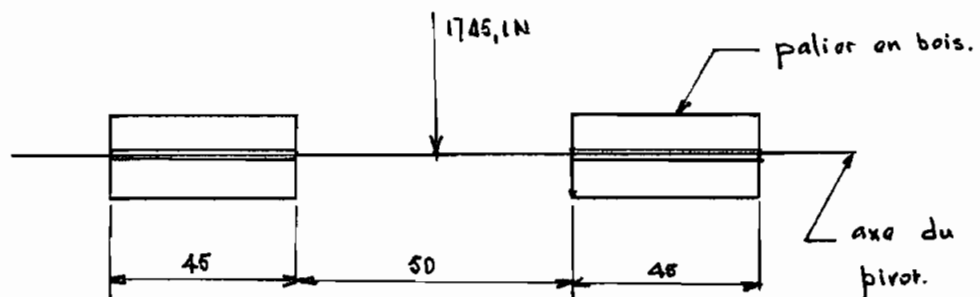
Serie gaz 15 x 21

Diamètre extérieur réel = 21,3 mm

Résistance au cisaillement : $S_s = 100 \text{ MPa}$

Résistance à la flexion : $\sigma_a = 150 \text{ MPa}$

Longueur utilisée : 150 mm.

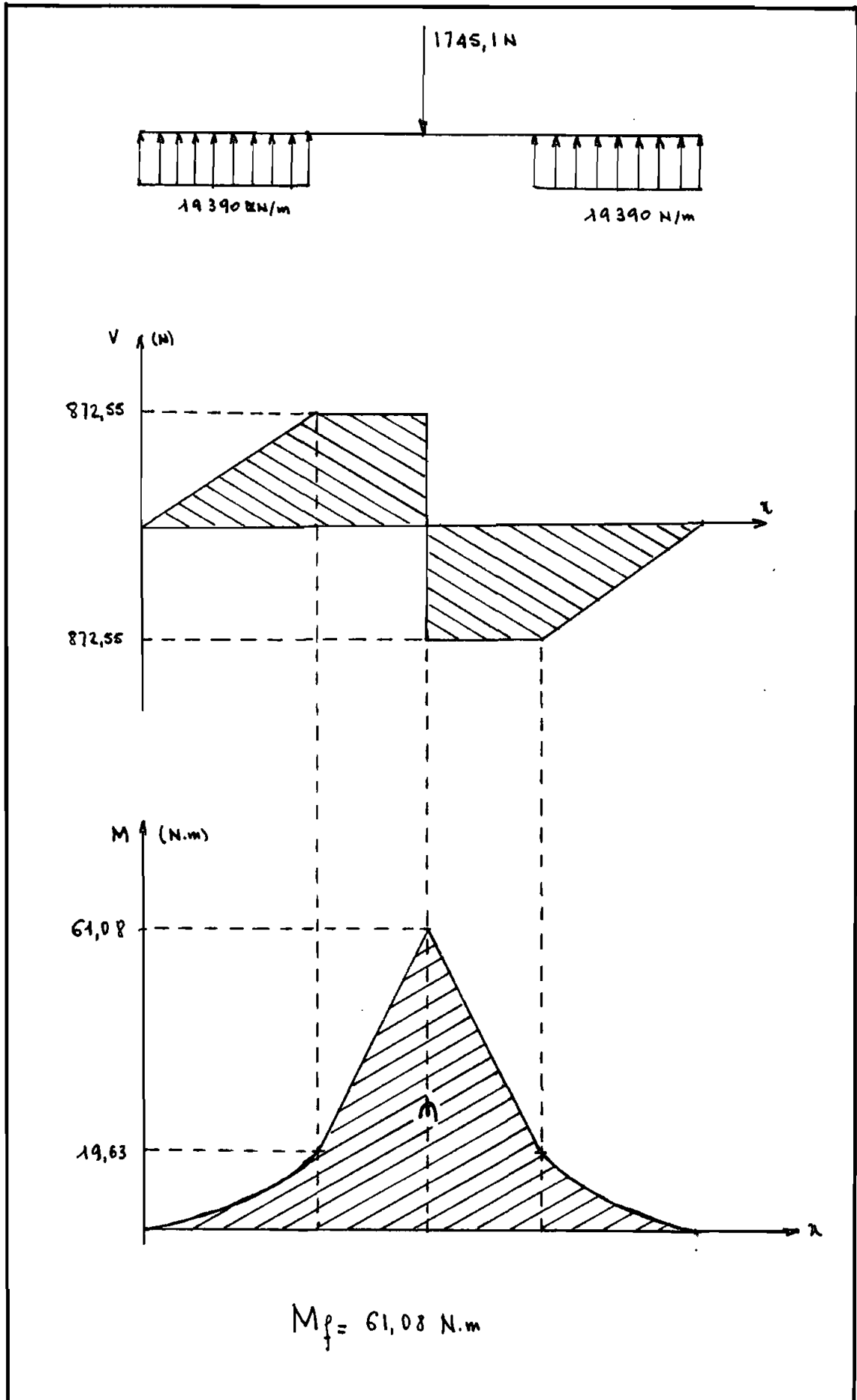


Deux contraintes vont s'appliquer sur le pivot :

- une contrainte de cisaillement au niveau des paliers
- une contrainte de flexion au niveau du centre.

La présence des deux paliers fera que l'effort sera uniformément réparti à ce niveau, donc sur une longueur de 45 mm.

Mais à toutes ces contraintes, le pivot doit résister ce qui fera l'objet de l'étude de la page suivante :



- Facteur de sécurité du pivot en flexion

$$\sigma_{flex} = \frac{M \cdot c}{I}$$

$$C = \frac{21,3}{2} = 10,65 \text{ mm}$$

$$I = \frac{\pi}{64} \left[(21,3 \times 10^{-3})^4 - (15 \times 10^{-3})^4 \right]$$

$$I = 7,62 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

$$\sigma_{flex} = \frac{61,08 \times 10,65 \times 10^{-3}}{7,62 \times 10^{-9}} = 85,37 \text{ MPa}$$

$$N = \frac{\sigma_n}{\sigma_{flex}} = \frac{150}{85,37} = 1,72$$

- Facteur de sécurité du pivot au cisaillement

$$\tau = \frac{V}{A}$$

$$V = 872,55 \text{ N}$$

$$A = \frac{\pi}{4} \left[(21,3 \times 10^{-3})^2 - (15 \times 10^{-3})^2 \right]$$

$$A = 1,8 \times 10^{-4}$$

$$\tau = \frac{872,55}{1,8 \times 10^{-4}} = 4,85 \text{ MPa}$$

$$N' = \frac{S_s}{\tau} = \frac{100}{4,85} = 20,6$$

Au niveau du pivot les sollicitations en flexion et en cisaillement n'ont aucune conséquence fâcheuse au vu des facteurs de sécurité.

Chapitre III

ETUDE DU COMPORTEMENT ET DE LA FIABILITE DE LA POMPE

Le fonctionnement de la pompe dépend de deux unités de base : le mécanisme qui active la pompe et le mécanisme qui déplace l'eau.

Les problèmes mécaniques graves dont a souffert notre pompe a surtout concerné le premier composant.

En effet le système de levier, situé en surface, est exposé aux abus de l'homme et de l'environnement. La poussière et le sable pouvant provoquer une usure excessive aux points d'appui ; la lumière solaire pouvant dégrader les composants plastiques ; l'utilisation peu soignée de la pompe pouvant accélérer son usure.

Ces critères généraux ayant présidé au choix de matériau que nous avons fait, l'expérimentation de la première pompe aura révélé quelques insuffisances sur lesquelles nous avons eu à revenir et qui concernent les points suivants :

- le piston
- la fourche
- le bras
- le clapet filtre.

III. 1 comportement du piston

La première difficulté sur laquelle nous avons buté concerne le piston qui tout juste après la pose de la pompe ne jouait pas le rôle qui lui était dévolu à savoir élever le niveau de l'eau dans le cuvelage.

Ceci s'expliquait par le fait que des fuites au niveau de la coupelle causaient énormément de pertes d'eau.

Ces fuites étaient essentiellement dues au fait que la coupelle ne retenait pas l'eau.

Donc nous avons senti la nécessité d'augmenter le diamètre du corps du piston pour mieux retenir la coupelle.

Pour la confection de tout autre piston nous imposons pour les puits de profondeur ≤ 30 m un corps de piston de 63x75 au lieu de 53x63 pour éviter de pomper à vide.

III. 2 comportement du clapet-filtre

La deuxième difficulté que nous avons rencontrée après la pose de la pompe concerne le clapet-filtre qui a pour rôle de filtrer l'eau en même temps qu'il devait garantir, avec son clapet, une pression pour faire monter la colonne d'eau.

Au cours de son fonctionnement le clapet-filtre s'est embourbé en absorbant beaucoup de boue ce qui a conduit à la détérioration de son mécanisme de

fonctionnement. le clapet est venu tout simplement obturer l'entrée de l'eau.

Face à ce problème nous avons procédé dans un premier temps au remplacement du clapet-filtre en plastique par un autre en cuivre. Dans un second nous avons opté définitivement pour une crépine munie de fentes de 2mm par où pourra passer l'eau.

Cette solution présente l'avantage d'être plus économique (plus d'achat de clapet-filtre) et de réalisation facile; la crépine jouant en même temps le rôle de filtre.

III. 3 Le comportement de la fourche

La fourche devait remplacer la double articulation qui, dans la conception de la pompe, devait relier entre eux la tige du piston et le bras de levier.

Au départ nous avons mis en place la fourche, la vis d'assemblage et le tube du bras pour assurer la liaison; chacun de ces éléments étant libre de tout mouvement par rapport aux deux autres. Il s'en est suivi une usure par frottement de tous les trois éléments au bout de deux semaines de fonctionnement.

Il nous fallait apporter une solution sans plus tarder.

Ce que nous avons fait en améliorant avec une douille en acier soudée aux quatre coins sur le bras; également nous avons crû devoir immobiliser un des trois éléments de liaison afin de diminuer les frottements.

Avec la douille nous voulions augmenter la surface de contact tube - vis d'assemblage. Ceci aura pour conséquence de répartir sur deux points seulement, mais sur une surface beaucoup plus grande donc de diminuer la pression sur le tube, d'où une usure moindre. Avec l'immobilisation de la vis par un système d'écrou et de contre-écrou solidaire à la fourche, nous supprimons d'office l'usure prématurée de la vis.

Une lubrification suffisante et régulière nous a permis de voir le système marcher avec beaucoup moins d'ennui et d'usure.

Et nous pensons avoir apporté la solution la meilleure pour la liaison bras de levier - tige du piston.

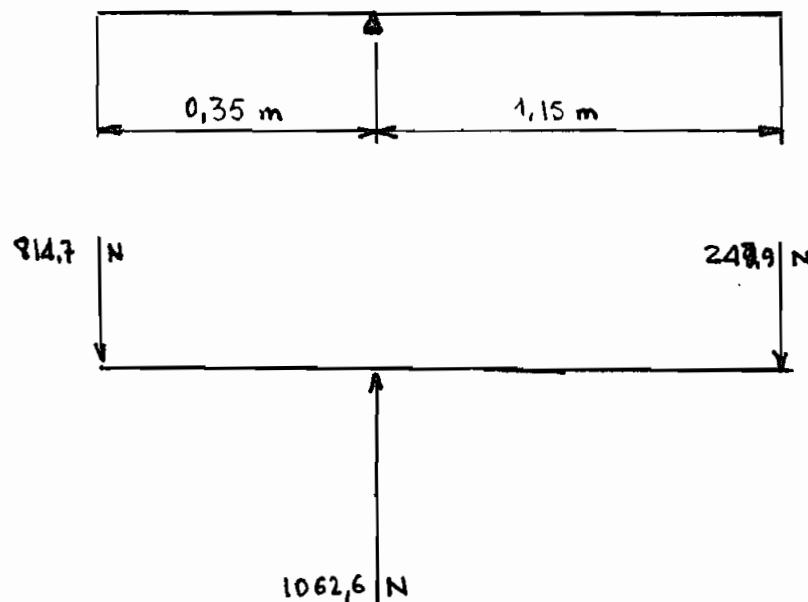
Il convient de noter que pour ce qui est de la fixation de la fourche sur la tige du piston, nous avons renforcé le tube en mettant une double épaisseur suite à la rupture à ce point d'assemblage de deux matériaux différents: le PVC et l'acier.

III - 4. Le comportement du pivot

La place du pivot sur le bras de levier est fort importante.

En voulant un débit d'eau élevé, nous avons joué un peu sur la course en la fixant à 40 cm, la distance entre la tige du piston et le pivot étant à 35 cm.

Ceci nous conduit au mode de chargement suivant:



Le moment de flexion maximum est alors:

$$M_f = 814,7 \times 0,35$$

$$M_f = 285,14 \text{ N.m}$$

Cette valeur fort élevée du moment de flexion maximum conduit à une contrainte en flexion

tout aussi élevée. Donc à un facteur de sécurité très faible pour la flexion.

Donc la position du pivot ne peut varier indéfiniment et doit se situer dans des limites bien définies. Ceci nous a amenés à choisir 3 positions possibles sur le bras pour palier à toute éventualité.

III - 5 Comportement du cuvelage et de la tige en PVC

Le souci constant qui nous habitait avant la pose de la pompe était de voir le cuvelage et la tige tous les deux se bien comporter sous les conditions difficiles d'utilisation.

Le matériau utilisé étant le polyvinyle de chlorure s'adapte bien aux climats tropicaux mais sous certaines températures, mais ce matériau est le plus souvent sujet à deux phénomènes antagonistes que sont la dilatation sous l'effet de la chaleur et le retrait sous l'effet du froid, ce qui à la longue soumet le matériau à rude épreuve.

Mais l'eau contenu dans le cuvelage et dans laquelle baigne la tige a eu un effet régulateur. Donc à l'issue de 4 mois fermes d'utilisation le P.V.C continue de bien justifier son choix.

Après maintes retouches, la pompe a donc un comportement d'ensemble assez satisfaisant. Ce qui nous a pris le plus gros de notre temps car dans notre optique il nous fallait suivre la première pompe dans ses premiers pas. Ceci nous a empêché d'installer la deuxième pompe pour les puits profonds (profondeur ≥ 40 m) qui est basée sur le même principe que la première. Egalement nous nous sommes heurtés au problème de pouvoir trouver un puits nous servant de banc d'essai pour les raisons que j'ai citées dans le chapitre I.

Chapitre IV

REALISATION D'UNE POMPE DU SECOND PROTOTYPE

Pour les puits de très grandes profondeurs, notre premier prototype avec son diamètre intérieur de 81,4 mm, verrait un poids d'eau à soulever trop grand.

Pour palier à cela nous avons conçu un second prototype destiné lui aux puits de profondeur supérieure à 30 m.

Avec son diamètre intérieur de 63,2 mm, le poids de la colonne d'eau à soulever sera beaucoup plus faible.

Le cuvelage du second prototype est également en PVC et a les caractéristiques suivantes :
série 10 bars 63,2 x 75.

Une première modification a lieu avec la coupelle qui aura un diamètre de le corps du piston gardant les dimensions, de même que la crépine qui gardera un diamètre de 40 mm.

Un raccord de réduction de diamètre 75 x 40 est prévu pour ce second prototype.

Au moment où nous rédigeons ce rapport, ce second prototype est en réalisation.

Chapitre V

ENTRAINEMENT DES PAYSANS

POUR L'ENTRETIEN

Notre programme de réalisation de la pompe manuelle inclut également l'entraînement des paysans à l'entretien de celle-ci.

Nous avons pour cela adopté une méthode dynamique d'apprentissage en associant les paysans à la pose de la pompe en leur expliquant le rôle des différentes pièces que comporte la pompe dont la conception facile permet un entretien tout aussi facile.

L'entretien se résumant en une simple lubrification, se fait une fois par semaine avec de l'huile d'arachide et porte sur les principaux composants suivants :

- les paliers en bois qu'il faut lubrifier régulièrement et les changer en cas d'usure. Pour ce faire des paliers déjà usés sont mis à leur disposition.
- la douille de la fourche et la vis d'assemblage. Ces deux éléments devant s'user avec l'utilisation doivent tout simplement être remplacés en cas d'usure poussée.

Le travail d'entretien que les paysans doivent leur apporter est une lubrification de la douille pour éviter un taux d'usure trop élevé.

Donc pour l'entretien de la pompe, le travail que les paysans doivent lui apporter est une lubrification régulière de la fourche et du pivot, de même qu'un changement au besoin d'un de ces éléments.

Pour leur faciliter la tâche, nous avons expressément choisi des assemblages par système vis-écrou.

Tout de même nous avons exigé chez les utilisateurs le minimum d'aptitudes élémentaires et de disponibilité.

Chapitre VI

ETUDE DE REALISATION D'UN

ATELIER DE FABRICATION

La pompe manuelle conçue avec des matériaux localement disponibles doit pouvoir être fabriquée sur place. La fabrication locale est nécessaire pour plusieurs raisons :

- abaissement du coût de production.
- suppression des contraintes de transport (délais et coûts).
- réduction des exportations de devises étrangères
- plus grande facilité d'approvisionnement en pièces de rechange.

Pour cela des moyens matériels doivent être mis en oeuvre en fonction du matériel que l'on envisage fabriquer.

Les opérations à effectuer étant du tournage, du perçage, du pliage, de la soudure, les installations de fabrication comprendront donc :

- un tour
- une perceuse
- une plieuse
- un matériel de soudage rudimentaire

- des scies à main.

Il convient de souligner qu'il n'existe aucune opération de coulée pour notre pompe contrairement pour les autres pompes pour lesquelles cette opération s'avère nécessaire pour le coulage. Notre pompe présente l'avantage de ne nécessiter que de la mécano-soudure et de l'usinage pour sa réalisation.

Mais la création d'une telle unité de fabrication doit se justifier économiquement. Pour cela le rythme de construction des points d'eau doit être élevé, la demande en pompes manuelles forte (de l'ordre de 100 à 200 par an).

A défaut d'une telle unité, si on peut mettre en évidence des besoins analogues dans d'autres domaines (petit matériel agricole par exemple), il est possible qu'un atelier de mécanique générale, qui fabriquerait en petite série plusieurs matériels comme la SISMAR, puisse servir à cette fin.

En définitive l'établissement d'un tel projet doit faire l'objet d'une étude technico-économique fort détaillée.

CONCLUSION

La réalisation de la pompe manuelle visait essentiellement deux buts :

- la fabrication avec des matériaux locaux.
- l'étude du comportement et de la fiabilité de la pompe sous les conditions d'utilisation.

La fabrication, basée sur la conception déjà mise au point, nous a permis de trouver des formes de pièces et de mécanisme assez simples et qui ont pu nous faciliter leur explication au niveau des utilisateurs.

La sensibilisation que nous avons faite nous aura surtout facilité l'entretien de la pompe qui du reste est entièrement assuré par les villageois eux-mêmes.

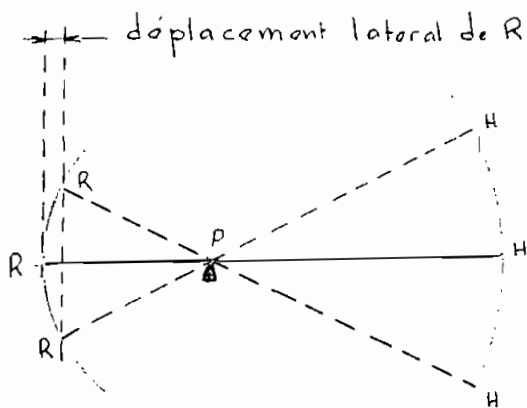
Dans son comportement, la pompe a souvent montré une insuffisance au niveau la liaison bras de levier-tige du piston sur laquelle l'étude doit se poursuivre pour contribuer à la résolution définitive du problème de l'exhaure.

DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS

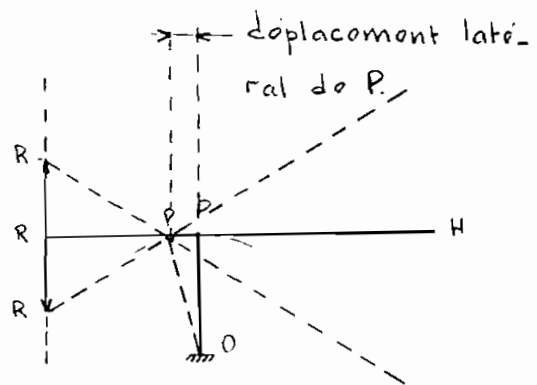
Dans ce chapitre, nos propos porteront surtout sur la liaison tige du piston - bras de levier.

Le principe d'un levier simple n'est pas compliqué, mais il est nécessaire pour ce système particulier que la tige suive un mouvement de va-et-vient vertical.

Ceci nous amène à proposer la continuation de l'étude de l'amélioration de la pompe qui doit se baser sur une idée que nous illustrons par les figures suivantes:



Lever à axe fixe: le point 'R' décrit un arc



Lever à axe oscillant: le point 'P' décrit un arc, le point 'R' se déplace en ligne droite

Comme le laisse voir les figures le point 'P' du pivot doit pouvoir se déplacer latéralement afin de compenser la tendance du point 'R' à décrire un arc. Pour ce faire, le levier est monté sur un bras

oscillant (segment OP) ou axe du levier.

Cette caractéristique rend la mécanique du système sensiblement plus complexe mais du même coup elle supprime le déplacement latéral du point R qui peut, à la longue, endommager la tige du piston.

BIBLIOGRAPHIE

- Projet de fin d'étude sur " REALISATION D'UNE POMPE MANUELLE DE BROUSSE "
- Une pompe manuelle pour les régions rurales des pays en voie de développement.
Octobre 1976. BIRD.
- Traité de plomberie 13^e édition
H. CHARLENT
- les moyens d'exhaure en milieu rural
A. BENAMOUR . Comité Interafricain d'Etudes Hydraulique (C.I.E.H)