

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

4/88

Lex

وزارة التعليم و البحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

## ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE HYDRAULIQUE



# PROJET DE FIN D'ETUDES

### SUJET

RENOVATION DU RESEAU D'A.E.P  
DU CENTRE VILLE DE OUARGLA

98 PLANCHES

Proposé Par :

S.E T.H Y.A L

Etudié par :

BENKOUIDAR S.

BOUKHARI I.

Dirigé par :

KAZED A.

MESAHLI R.

PROMOTION : JANVIER 88

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم و البحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

## ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE HYDRAULIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

# PROJET DE FIN D'ETUDES

### SUJET

RENOVATION DU RESEAU D'A.E.P  
DU CENTRE VILLE DE OUARGLA

Proposé Par :

S.E T.H Y.A L

Etudié par :

BENKOUIDAR S.

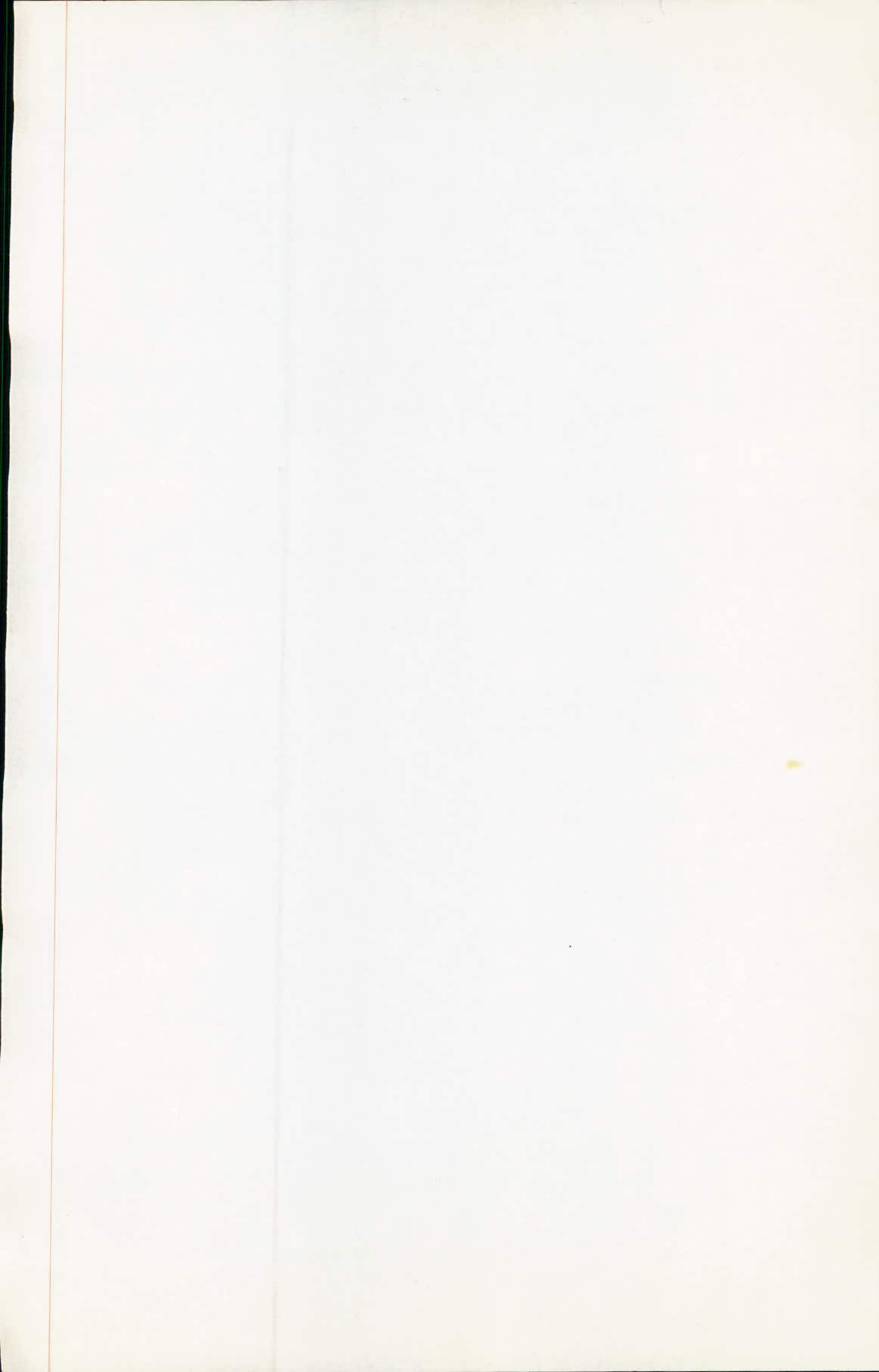
BOUKHARI I.

Dirigé par :

KAZED A.

MESAHLI R.

PROMOTION : JANVIER 88



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
المكتبة — BIBLIOTHEQUE  
Ecole Nationale Polytechnique

— باسم الله الرحمن الرحيم —

أحمد بن محمد بن أحمد  
بن محمد بن أحمد بن أحمد

— باسم الله الرحمن الرحيم —



## R E M E R C I M E N T S

Nous tenons à exprimer notre gratitude :

- A nos promoteur qui ont bien voulu suivre notre travail.
- A monsieur B.SALAH pour les conseils qui nous à donne.
- A tous les professeurs qui ont contribués à notre formation, notamment ceux de l' E.N.P, et plus particulièrement ceux du departement HYDRAULIQUE .
- Aux président et membres de juré qui nous honorent ..<sup>en</sup> apprecions notre modeste travail
- A tous les élèves de L'E.N.S.H.B et en particulier OUALI.A et tous ses camarades

D E D I C A C E S

Je dedie ce modeste travail à:

- mon pere
- ma mere
- mes freres et soeurs
- affaf
- tous mes amis

BOKHARI YDRISS

Je dedie ce modeste travail en signe de respect et reconnaissance à :

- ma mere pour son sacrifice à mon egard
- mon frere " ahmed " qui à tout fait pour que je reussise
- mes soeurs
- M. LAMRI et ses filles qui mon aidé le long de ma formation
- tous mes amis

BENKOUIDER SALAH



S O M M A I R E

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I . PRESENTATION DE LA VILLE	2
I.1.PRESENTATION DE LA CITE	2
I.2.RELIEFS	2
I.3.CLIMAT	2
I.4.GEOLOGIE	3
I.5.POPULATION	4
A-POPULATION ACTUELLE	
b- " FUTURE	
I.6.COMPOSITION DE L'AGGLOMERATION	4
I.7.PRESENTATION HYDRAULIQUE	5
a)RESEAU DE DISTRIBUTION	
b)RESERVOIRS	
c)RESEAU D'ADDUCTION	
d)CAPTAGE	
CHAPITRE II.BESOINS EN EAU	6
II.1BESOINS EN EAU PAR CATEGORIE DE CONSOMMATEUR	6
a) BESOINS DOMESTIQUE	
B) " SCOLAIRE	
c) " SANITAIRES	
d) " MUNICIPAUX	
II.2CONCLUSION	7
II.3 ETUDE DES PROBLEMES POSEE PAR LA VARIATION DU DEBIT	8
CHAPITRE III.RESERVOIRS	10
III.1 GENERALITE	10
III.2ROLE DES RESERVOIRS	10
III.3 IMPLANTATION DES RESERVOIRS	10
III.4 EQUIPEMENT DU RESERVOIR	10
III.5 Calcul de la capacité des reservoirs.....	16
CHAPITRE IV.RESEAU DE DISTRIBUTION.....	22
IV.1 INTRODUCTION	22
IV.2 METHODE DE CALCUL	23
IV.3 PRINCIPE DE LA METHODE	23

IV.4 DETERMINATION DU DEBIT DE SOUTIRAGE	24
IV.5 EQUIPEMENT DU RESEAU DE DISTRIBUTION	26
a) NATURE DE LA CONDUITE	
b) PRINCIPAUX ORGANES ACCESSOIRES DU RESEAU	
c) PIECES SPECIALES DU RESEAU	
CHAPITRE V ADDUCTION	30
V.1 CHOIX DU TRACE	30
V.2 CALCUL DU DIAMETRE ECONOMIQUE	30
V.4 CALCUL DES HAUTEURS GEOMETRIQUES	33
V.5 CALCUL " " MANOMETRIQUES	33
V.6 PUISSANCES DES POMPES	33
V.7 CALCUL DE L'ANNUITE	34
V.3 CALCUL DES PERTES DE CHARGE	30
V.8 CHOIX DU MATERIAU	34
V.9 ETUDE DES DIFFERENTS TRONCON	35
CHAPITRE VI CHOIX DES POMPES	44
VI.2 CHOIX DES POMPES	44
VI.3 POINT DE FONCTIONNEMENT	44
VI.1 INTRODUCTION	44
VI.4 CARACTERISTIQUE DE LA CONDUITE	44
VI.5 MODIFICATION SUSCEPTIBLE D'ETRE APORTE A UNE POMPE CENTRIFUGE	45
VI.6 PARTIE CALCUL	46
VI.7 INSTALLATION	62
VI.8 STATION DE RELEVEMENT	63
VI.9 PHENOMENE DE CAVITATION	67
CHAPITRE VII AUTOMATISATION	69
CHAPITRE VIII PROTECTION DES CONDUITES CONTRE LE COUP DE BELIER	71
VIII.1 PHENOMENE DU COUP DE BELIER	71
VIII.2 ANALYSE PHYSIQUE DU COUP DE BELIER	71
VIII.3 MOYEN DE PROTECTION CONTRE LE COUP DE BELIER	73
VIII.4 LES RESERVOIRS D'AIR	74
1-PRINCIPE	74
2-CALCUL DU RESERVOIR D'AIR	75
A. ARRET BRUSQUE	75
B. DEMARRAGE	109
VIII.5 CONCLUSION	114



CHAPITRE IX POSE DE LA CONDUITE	115
IX.1 POSE DE LA CONDUITE	115
IX.2 ORGANISATION DE LA CONSTRUCTION D'UN SYSTEME DE DISTRIBUTION D'EAU	116
IX.3 CARACTERISTIQUES DES POSES TUBES	117
CHAPITRE X CONCLUSION	119

## P L A N C H E S

- Profil en long des conduites d'adduction .
- Profil en long de la conduite de distribution.
- Plan de masse .
- Plan topographique.
- Plan du reseau maillé avec répartition des débits.
- Coupe vertical de (bâche de reprise) reservoirs de stockage.
- Vue en plan de la (bâche de reprise) reservoirs de stockage.
- CALCUL DU RESEAU MAILLE.
- Plan du RESEAU DE DISTRIBUTION.

## I N T R O D U C T I O N

Vue les grandes transformations qui s'opèrent dans tout le pays et l'explosion démographique sans cesse croissant les villes de moyenne importance commence à s'étendre et à se développer, le niveau de vie ne cesse d'augmenter; il est toujours nécessaire d'accroître ou de renouveler l'ancien réseau.

En effet l'eau, l'élément essentielle pour la vie de l'homme, et aussi un élément essentiel pour le développement social des communautés urbaines, surtout dans les régions arides et soumises aux plus grandes chaleurs cela est le cas de la ville de OURGLA ; pour cette raison le présent projet prévoit la rénovation du réseau d'alimentation en eau potable de la ville de OURGLA .



## C H A P I T R E

### I)- PRESENTATION DE LA VILLE

#### I.1)- Presentation de la cité

La ville de OURGLA est située au pied des coteaux du grand erg oriental à une distance de 500 km en ligne droite d'ALGER et à 800 km par voie routière.

Elle prend son nom de l'OASIS homonyme et sur lequel est bâtie, actuellement elle est en phase de grand développement économique et donc démographique; ce développement comporte l'insuffisance des infrastructures sociales valable jusqu'à ces jours, cela surtout est valable pour le réseau d'alimentation en eau potable.

#### I.2)- Reliefs

La topographie est caractérisée par des faibles dénivellations, la ville est située à la cote 135 m environ, le centre présente une faible pente sensiblement Sud-Ouest-Nord-Ouest, avec des dépressions locales non négligeables.

La ville traversée par un oued et par la route GHARDAIA-TOUGGOURT .

#### I.3)- Climat

Le climat de la ville est similaire à celui de toutes les villes du sud, températures très élevées le long de toute l'année, une pluviométrie très faible.

##### + Pluies:

- Précipitation moyennes 40 à 50 mm/an
- Moyennes des journées de précipitation:  
12 jours/an

##### + Nebulosité:

- Moyenne annuelle 26 % de ciel couvert



- Moyenne du mois d'aout	10 %
- " " " " de mai	35 %

+ Temperature:

- hiver	15° - 21°
- printemps	22° - 32°
- l'été	38° - 42°
- l'automne	22° - 37°

+ Vent :

En hiver, le vent dominant souffle de Nord-Ouest et il est froid humide .

En été, le vent dominant souffle de Sid-Est et il fort et chaud.

En mars, avril, mai, le vent de sable de Sud-Est est frequent.

#### I.4)- Géologie

Du rapport du bureau hydrogeologique de OUARGLA, ils ont constate qu'il existe plusieurs nappes phé-  
 atiques souterraines "nappe phreatique du miocene,  
 nappe intermediaire, nappe du senonien formé par des  
 calcaires fissurés"

Actuellement les puits capent leurs des nappes  
 phératiques du miocene.

## I.5)- Population

### a)- Population Actuelle

Les habitants de la ville de OURGLA d'après les données d'état civil monte à 70700 hab à l'année 1987.

Les habitants actuellement résidents dans la zone ( Centre ville ) intéressé par la rénovation du réseau d'alimentation en eau potable et de 20450 hab.

### b)- Population Future

L'estimation de la population future, horizon 2010 est donnée par la relation des intérêts composés :

$$P_n = P_0 \cdot (1 + \alpha)^N$$

où :-  $\alpha$ : Taux d'accroissement et d'émigration

-  $P_0$ : Population actuelle

-  $P_N$ : Population future possible pour l'horizon 2010

-  $N$ : Nombre d'année separent les deux horizon considéré

Application Numérique:

- Données :  $P_0 = 20450$  hab ;  $\alpha = 3,2\%$  ;  $N = 23$  ans

$$\Rightarrow P_N = 42200 \text{ hab}$$

- Pour l'ensemble de la ville de OURGLA on a:

$$P_0 = 70700 \quad \Rightarrow \quad P_N = 146000 \text{ hab}$$

## I.6)- Composition de L'agglomération

Actuellement l'agglomération est composée:

### • Etablissement scolaire

Le centre de la ville dispose de six écoles d'enseignement fondamentale ( primaire, moyen ) et deux lycées. Le nombre d'élève dans chaque établissement est compris entre 800-900 .

### • Sanitaire

En tout on a un hopital de 200 lits et une clinique de 40 lits.



## . Service publique

Comme la ville est le chef lieu de la willaya elle dispose de: Willaya, PTT, Banque, etc....

Dans le future proche, on prévoit la construction de quatre école fondamentale, un lycée .

Un hopitale de 200 lit et une clinique de 60 lits et d'autre activites que ce soit culturelles ou municipaux.

### I.7)- Presentation Hydraulique

#### a)- Reseau de Distribution

Le reseau existant actuellement et du type maillé, reseau vetuste qui ne remplit pas les conditions d'alimentation des abonnés , donc sa renovation s'impose.

#### b)- Reservoirs

La capacité de stockage et distribution est:

- Pour le stockage ( rôle de bache de reprise )  
un reservoir de 2000 m<sup>3</sup>.

• Pour la mise en charge ( pression dans le reseau ) et la régulation ( distribution )  
un reservoir sur-éleve de 1700 m<sup>3</sup>.

#### c)- Reseau d'adduction

Le <sup>reseau</sup> d'adduction actuel, pour la zone interessée se compose de quatre conduites principales alimentant le reservoir de stockage par refoulement.

#### d)- Captage

Quatre forage sont connectés au point de AIN-EL-KHEIR

- . SENONIEN Q = 41,7 l/s
- . MATMOURA Q = 41,7 l/s
- . BEHAMID Q = 22,2 l/s
- . AIN-EL-KHEIR Q = 22,2 l/s

# C H A P T R E . I I

## B E S O I N S E N E A U

### I I . 1 - B E S O I N S E N E A U P A R C A T E G O R I E D E C O N S O M M A T E U R S

L'accroissement des besoins en eau d'une agglomération est généralement liée à sa croissance démographique à son industrialisation rapide et à l'élévation de niveau de vie de sa population.

#### + Besoins domestique

Dans notre cas, étant donnée que pour l'an 2010, 146000 habitants est la population estimée pour toute la ville de OUARGLA, donc la dotation à donner pour pour le centre est une dotation de grande ville.

Une dotation de 220 l/j est à considerer.

!	!	!	!
!	Année	!	!
!	!	Evaluation de la population!	!
!	!	!	Besoins en eau!
!	!	!	m <sup>3</sup> /s
!	2010	!	9284
!		!	42200

#### + Besoins scolaire

Le nombre d'eleves estimés à l'horizon 2010 est de 12500 élèves en attribuant pour cette effectif une dotation de 100 l/s/élève . ~~xxx~~ Il est necessaire alors une demande de 125 m<sup>3</sup>/j .

#### + Besoins sanitaires

Au total on a 500 lits avec une dotation de 380 l/j/lit , alors le volume d'eau journalier sera de 190 m<sup>3</sup>/j .

#### + Usage municipaux

- bains, douche ..... 16 m<sup>3</sup>/j
- Abattoires ..... 65 M



- Marchés ..... 40 m<sup>3</sup>/j
- Mosqués ..... 15 "
- MES des officiers..... 40 "
- Lavage des rues, arrosage 50 "
- PTT, mairié ..... 40 "
- Souk-el-fellah, galerié... ..
- TOTAL ..... 266 m<sup>3</sup>/j

+ Tableau recapitulatif des consommateur total

Type des besoins		Consommation
		m <sup>3</sup> /j
Prive	Domestique	
	Scolaire	9284
Publics	Sanitaire	1250
	Divers	190
TOTAL		10990

## II.2 - Conclusion

Sans tenir compte des autres facteurs tels que la majoration saisonniere et les fuites dans le reseau, 127,19 l/s est le débit total necessaire pour l'alimentation du centre ville de OUARGLA .

Vue que les quatres forages déjà axistants nous fournissent un débit de 127,8 l/s . Alors ses forages nous suffit pour l'alimentation de notre centre ville jusqu'a l'horizon 2010.

II.4 - Etude des Problemes posés par la variation du débit

a- Variation Journaliere

K1 : coefficient de l'irregularité de la consommation journaliere.

$$K1 = \frac{\text{Cons.Max.Journaliere}}{\text{Cons.Moy.Journaliere}}$$

b- Variation Horaire

K2 : coefficient de l'irregularité de la consommation horaire

$$K2 = \frac{\text{Cons.Max. horaire}}{\text{Cons.Moy. horaire}}$$

$K_2 = 1,5 ?$

c- Variation de pointe

K3: coefficient de pointe

Le coefficient de l'irregularité de la consommation journaliere tient en compte les pertes d'eau dans le reseau ( 20 % ) et la majoration saisonniere ( 30 % ).

On prend alors  
de même

$K1 = 1,5$   
 $K2 = 1,5$

$K_1 (=K_j)$  varie entre 1,1 et 1,3

$$K3 = K1.K2 = 2,25$$

La consommation maximale journaliere est le produit de la consommation moyenne journaliere par le coefficient K1.

$$\text{Cons.max; jour} = \text{Cons.moy} . K1$$

Le débit de pointe est égale à la consommation moyenne journaliere divisée par 24 multiplié par K3.

Consommation moyenne journaliere m <sup>3</sup> /j	K1	Consommation max. jour m <sup>3</sup> /j	K3	Cons de pointe hor m <sup>3</sup> /h
10990	1,5	16485	2,25	1030,3125

Avec le débit de :

- . Consommation maximale journaliere on dimensionne:  
conduites d'adduction; volume du reservoir,;
- . Consommation de pointe horaire on dimensionne:  
conduites du reseau de distribution



## C H A P I T R E

### RESERVOIRS

#### I)- GENERALITE

" Dans un but de securité, en alimentation urbaine, la capacité du reservoir doit être prise au minimum égale à 50 % de la plus forte consommation journaliere.

Il y a lieu d'ajouter la reservoir d'incendie ( 120m<sup>3</sup>) et les pertes du reseau." ( DUPONT. T II )

#### II)- ROLE DES RESERVOIRS

Le reservoir est destiner à regulariser l'apport d'eau, il constitue un volant qui permet d'assurer aux heures de pointe, les débits maximaux demandés, deplus, il permet de combattre efficacement les incendies, continuité de la distribution en cas de panne de la station de pompage.

Pour notre cas :

- Pour le reservoir de stockage permet une continuité dans la distribution.
- Pour le reservoir sur-éleve, maintenir **constamment** le reseau constamment sous pression de telle sorte que la pression soit satisfaisante.

#### III)- IMPLANTATION DES RESERVOIRS

L'implantation du reservoir tient compte du relief, permettant d'obtenir des dépenses minimales des frais d'investissemnt et d'exploitation, et du rôle que doit joué. donc on est amené à tenir compte des facteurs suivant:

- La côte du radier doit être superieure à la plus haute côté piezométrique exigées dans le reseau .



- Le point le plus éloigné à alimenté .

Dans notre cas:

- Pour le reservoir de collecte il se trouve à la côte de T.P = 144,5 m et de terrain de Ct = 138,5 m.
- Pour le reservoir de mise en charge et régularisation il se trouve à une côte de T.P = 162,50 m et une côte de terrain de Ct = 138,94 m.

#### IV)-EQUIPEMENT DU RESERVOIR

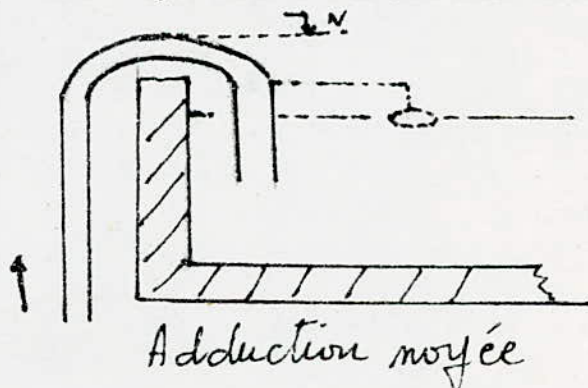
Un reservoir doit comporté en générale,

- La conduite d'arriver où d'alimentation
- La conduite de départ où de distribution
- La conduite de trop plein
- La conduite de vidange
- Généralement où souvent une conduite by-pass
- Disposition pour les consigne d'incendie
- Robinetteries

##### -1- Conduite D'arrivée ou D'alimentation

L'arrivée de cette conduite se fait par siphon noyé ( par surverse ), ce qui permet le renouvellement de l'eau de toute la cuve, elle doit être placé à l'opposé de la conduite de départ, pour obtenir un brassage dans la cuve.

La conduite d'arrivée est munie à son extrémité d'un dispositif qui permet la fermeture de la conduite le cas où le niveau atteint son max et de s'ouvrir quand le niveau atteint le min ( voir systeme d'automatisation ).



L'arrivée noyée évite l'entartrage ( destruction de l'équilibre carbonique et précipitation du calcium ), pour éviter le siphonage du réservoir dans ce cas, on peut remédier en disposant un clapet sur l'arrivée ( de la conduite d'alimentation ) au réservoir.

### -2- Conduite de Départ ou de Distribution

Elle prendra son départ à une faible hauteur de 20 cm au-dessus du radier en vue d'éviter l'introduction dans la conduite de distribution des particules décantées tel que : sables, boues, ...

L'orifice de départ est muni d'une crépine pour empêcher la pénétration des ~~matières~~ des matières en suspension.

Il y a lieu de réserver un minimum de 0,50 m au-dessus de la génératrice supérieure de la conduite en cas d'abaissement anormale du niveau minimum .

### -3- Conduite de Trop-plein

La conduite de trop plein doit être capable d'évacuer la totalité du débit arrivant au réservoir, si le robinet flotteur ne fonctionne pas .

Sa section transversale sera disposée selon un plan horizontal situé à une distance  $h$  au-dessus du niveau maximal susceptible d'être atteint dans la cuve.

Elle comportera, au départ, un évasement en forme de tronc de cône dont la plus grande circonférence de rayon  $R$ , formera un déversoir à seuil circulaire mince pour le passage du débit  $Q_{\max}$  sous une hauteur de lame  $h$ , le débit évacué dans ces conditions est donné par la formule

( D'après LENCASTRE )

$$Q = 27,828 \cdot \mu \cdot R \cdot h^{3/2}$$

$$0,393 < \mu < 0,415$$

$$\text{et } 0,2 < \frac{h}{R} < 0,5$$

Pratiquement on a  $Q = 11,5 \cdot R \cdot h^{3/2}$  ( DUPONT T II )

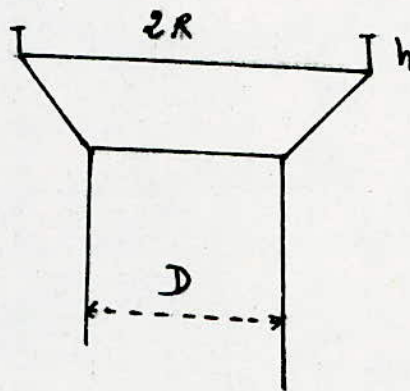


On prend un  $\mu$  moyen de 0,404 ,  $\frac{h}{R} = 0,404 \Rightarrow h = 0,404 \cdot R$

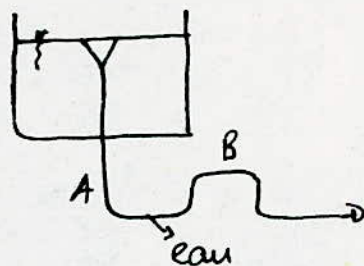
$$Q = 2,82 \cdot R^{5/2} \quad ; \quad Q = 0,191 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow R = 0,341 \text{ m}$$

Pour la conduite

$$V = 5 \text{ m/s} \quad , \quad Q = V \cdot S \quad \Rightarrow \quad D = 200 \text{ mm}$$



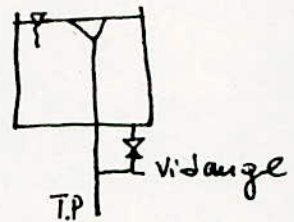
La conduite de trop-plein débouchera dans un exutoire voisin. Mais par crainte de pollution où introduction d'animaux où de moustiques qui pourraient ainsi pénétrer dans le réservoir. Aussi, ménage-t-on un joint hydraulique constitué par un siphon qui maintient en eau le tronçon AB du top-plein.





#### -4- Conduite de Vidange

Elle part du point bas du réservoir et se raccorde sur la canalisation de trop-plein, elle comporte un robinet-vanne



#### -5- Entretien des Réservoirs

Les structures des réservoirs doivent faire l'objet d'une surveillance régulière en ce qui concerne toutes les fissures éventuelles que le phénomène de corrosion sur les parties métalliques, en raison de l'atmosphère humide qui y règne.

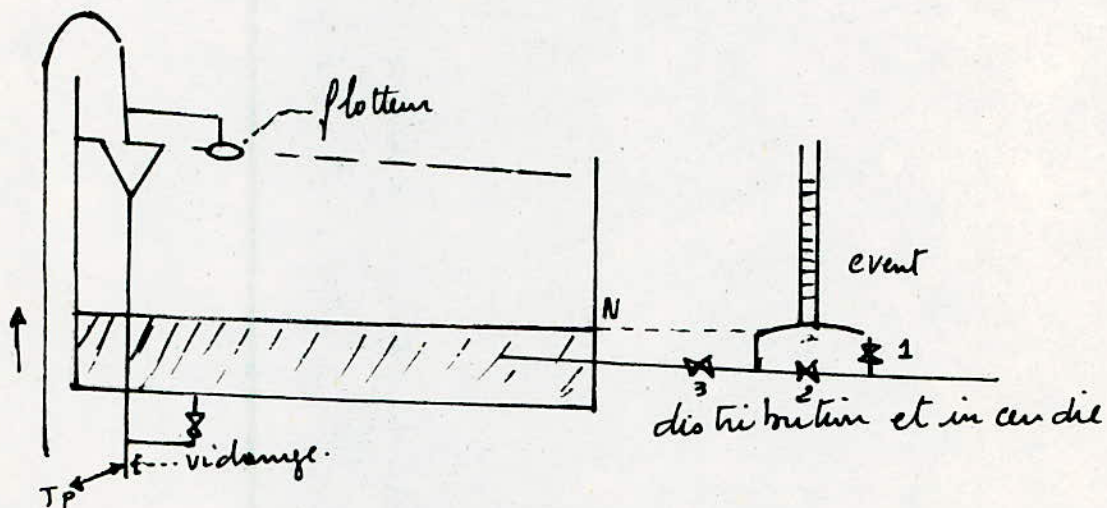
Un soin particulier est à apporter au nettoyage des cuves opération comportent plusieurs étapes telque:

- Isolement et vidange de la cuve
- Elimination des dépôts sur les parois
- Examen et réparation sur les parois
- Désinfection à l'aide de produit chlorés
- Remises en services

#### -6- Materialisation de la Réserve D'incendie

Pour conserver la réserve d'incendie, il faut interdire matériellement l'utilisation en service normal et la rendre par la manoeuvre en cas de nécessité.

Le dispositif le plus souvent adopté est constitué par un siphon qui se désamorce quand le niveau de la réserve est atteint : en service normale, 1 est ouvert et 2 fermé. Si le niveau dans le réservoir devait descendre en N, le siphon se désamorcera grâce à l'évent ouvert à l'air libre



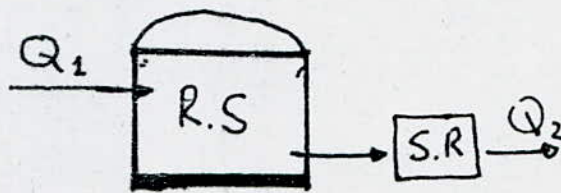
et la réserve ne serait pas entamée. En cas de sinistre, il suffit d'ouvrir 2. Tout en restant imperméable, la tranche d'eau ~~constituant~~ la réserve se trouve ainsi constamment renouvelée.



## V)- CAPACITE DES RESERVOIRS

### a)- Capacité du reservoir de stockage ( bache de reprise )

Un reservoir de stockage n'est autre qu'un reservoir de passage ( il joue le rôle d'une bache de reprise ). Il est situé entre les forages et le reservoir de mise en charge et régulation. Donc sa capacité est déterminée suivant l'apport des groupes immergée et le départ du volume demandé par le reservoir de mise en charge, à l'aide de la pompe à axe horizontale.



$Q_1$  : débit d'arrivée  
 $Q_2$  : " de départ  
 R.S. : reservoir de stockage  
 S.R. : station de relevement

Du tableau de calcul on peut on deduire le volume:

$$V = \frac{10990 \cdot 16,64}{100} = 1828,736 \text{ m}^3$$

On ajoutant la reserve d'incendie  $R_i = 120 \text{ m}^3$ , c'est-à-dire 17 l/s en deux heures d'incendie.

$$V_t = 1948,736 \text{ m}^3 ; \text{ on normalise à } V_t = 2000 \text{ m}^3.$$

### b)- Capacité du reservoir de régulation et mise en charge

La détermination de la capacité du reservoir de mise en charge et régulation, est fonction du débit d'apport et de soutirage pendant les différentes heures de la journée.

On admet pour la population la repartition de la consommation les coefficients horaires (ah) en pourcentage dans le tableau suivant.



Ayant trouve le pourcentage du volume maximum du reservoir, on majore le volume obtenue de 10 min de la reserve d'incendie, avec un debit de 17 l/s, qui nous donne un volume de 10,20 m<sup>3</sup>,

$$V = \frac{10.16485}{100} = 1648,50 \text{ m}^3$$

$$V_t = 1648,50 + 10,20 = 1658,70 \text{ m}^3$$

on normalise à  $V_t = 1700 \text{ m}^3$ .

La dernière colonne du tableau nous permet de déterminer l'heure

c)- Détermination de la cote du radier du reservoir

du démarrage de la pompe.

1- reservoir semi-enterré

Il se trouve à la cote de terrain  $C_t = 138,5 \text{ m}$

2- reservoir sur\_éleve

la cote se calcule d'après la relation suivante:

$$C_r = C_t + H + H_{wi} + P_s + h_{we}$$

avec :  $C_r$ : cote du radier du reservoir

$C_t$ : cote du terrain naturel = 138,24 m

H: hauteur qu'on prend en fonction du nombre d'étage des immeubles les plus élevés

$R + 4 = 16 \text{ m}$  ( rez de chaussée plus 4 étages, à raison de 3 m par étage )

$P_s$ : pression de service = 3 m de colonne d'eau dû aux chauffe bain, ... etc

$H_{wi}$ : P.D.C de la conduite de distribution = 0,26 m

$h_{we}$ : P.D.C interieur (singulieres) qui sont estime à 3 m .

$$C_r = 156,50 \text{ m} ; C_{tp} = 162,50 \text{ m}$$

Tableau de calcul de la capacité de stockage

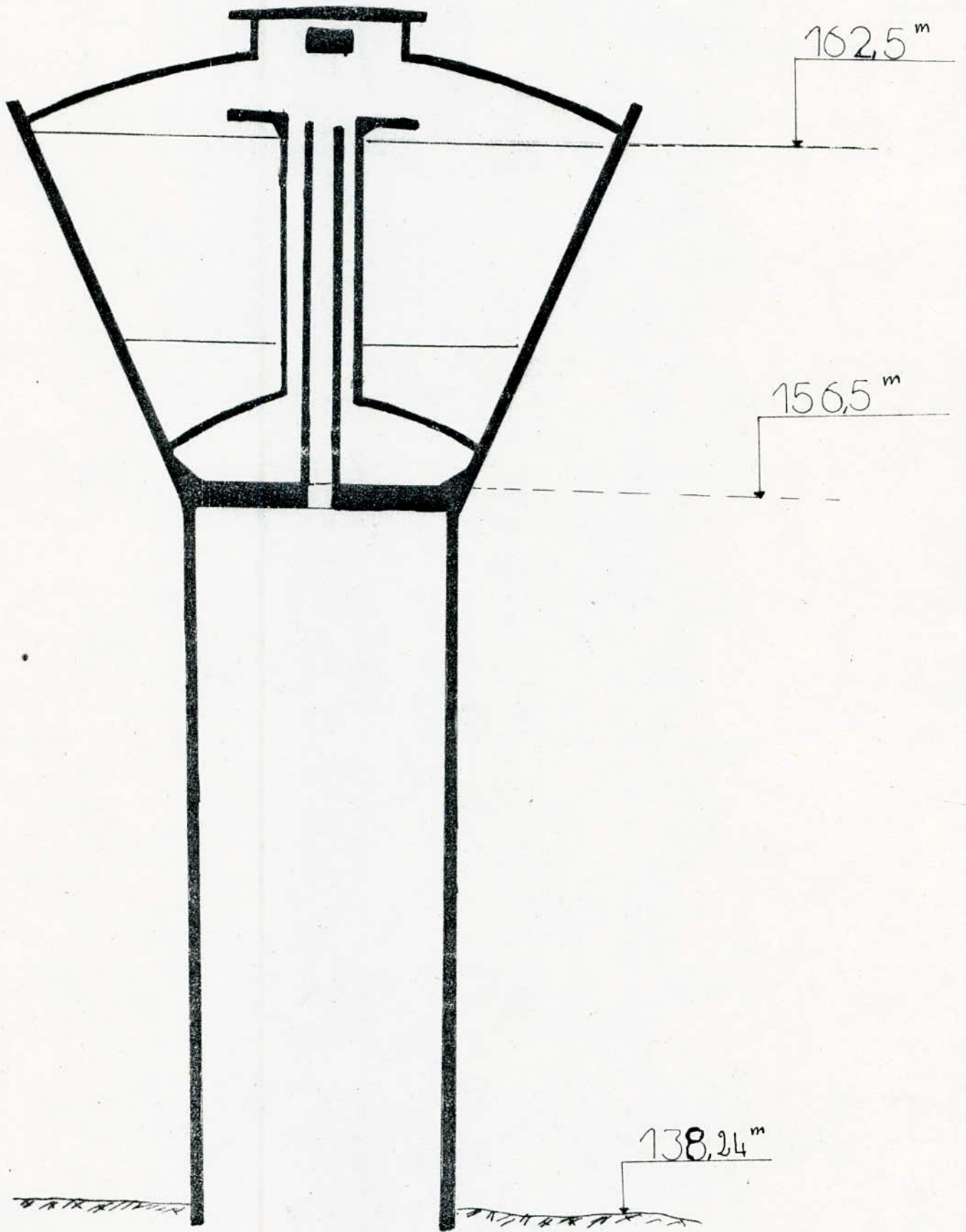
$\Delta t$ h	Refoulement P1 (pourcentage)	Refoulement P2 (pourcentage)	cumul arrivé	cumul départ	Reste
0-1	4,16	0	4,16	0	4,16
1-2	"	"	8,32	"	8,32
2-3	"	"	12,48	"	12,48
3-4	"	"	16,64	"	16,64 *
4-5	"	5	20,80	5	15,80
5-6	"	"	24,96	10	14,96
6-7	"	"	29,12	15	14,22
7-8	"	"	33,28	20	13,28
8-9	4,17	"	37,45	25	12,45
9-10	"	"	41,62	30	11,62
10-11	"	"	45,79	35	10,79
11-12	"	"	49,96	40	9,96
12-13	"	"	54,13	45	9,13
13-14	"	"	58,30	50	8,30
14-15	"	"	62,47	55	7,47
15-16	"	"	66,64	60	6,64
16-17	"	"	70,81	65	5,81
17-18	"	"	74,98	70	4,98
18-19	"	"	79,15	75	4,15
19-20	"	"	83,32	80	3,32
20-21	"	"	87,49	85	2,49
21-22	"	"	91,66	90	1,66
22-23	"	"	95,83	95	0,83
23-24	"	"	100	100	0

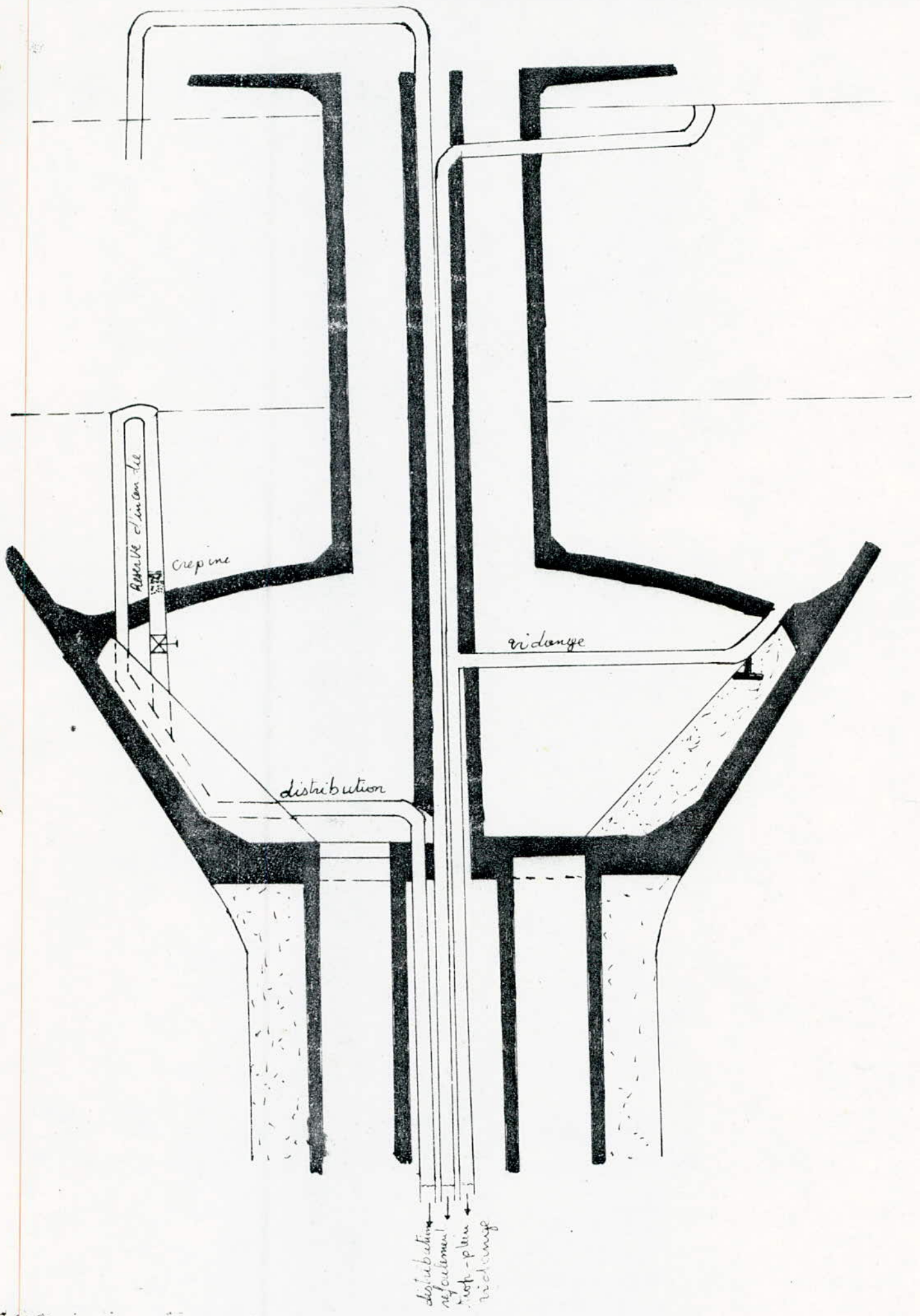


Tableau de calcul de la capacité de régulation

Δt h	Débit (m³/h) de consommateur (pourcentage)	Débit refoulé P2 %	Refoleme	Distribut	Capacité reservoir	
0 1	1,5	0		1,5	8,5	4,5
1 2	"	"		1,5	7	3
2 3	"	"		1,5	5,5	1,5
3 4	"	"		1,5	4	0
4 5	2,5	5	2,5		6,25	2,5
5 6	3,5	"	1,5		8	4
6 7	4,5	"	0,5		8,5	4,5
7 8	5,5	"		0,7	8	4
8 9	6,25	"		1,25	6,75	2,75
9 10	"	"		1,25	5,5	1,5
10 11	"	"		1,25	4,25	0,25
11 12	"	"		1,25	3	-1
12 13	5	"		0	3	-1
13 14	5	"		0	3	-1
14 15	5 5	"		0,5	2,5	-1,5
15 16	6	"		1	1,5	-2,5
16 17	6	"		1	0,5	-3,5
17 18	5,5	"		0,5	0	-4
18 19	5	"		0	0	-4
19 20	4,5	"	0,5		0,5	-3,5
20 21	4	"	1		1,5	-2,5
21 22	3	"	2		3,5	-0,5
22 23	2	"	3		6,5	2,5
23 24	1,5	"	3,5		10 <sup>x</sup>	6







## C H A P I T R E

### RESEAU DE DISTRIBUTION

#### 1)- INTRODUCTION

A partir du ou des reservoirs, l'eau est distribué dans un reseau de canalisations sur lesquelles les branchements seront piques en vue de l'alimentation des abonnés.

Les canalisations devront en consequences, presenter un diamétre suffisant de façon à assurer le debit maximal, avec une pression au sol compatible avec la hauteur des immeubles. Donc les conduites devront pouvoir transiter les plus forts débit instantané en tenant compte du débit de pointe.

La vitesse de l'eau dans les conduites sera de l'ordre de 0,5 à 1,4 m/s, on evitera, sans que cette condition soit imperative, les vitesses superieurs à 1,4 m/s de même que celle inferieure à 0,5 m/s.

Les faible vitesse favorise la formation des depôts qu'il est parfois difficile d'evacuer; on se qui conserne les vitesses trop forte, la conduite sera mise en danger.

Pour une bonne couverture de toute l'agglomération et une meilleur distribution, vue le plan directeur d'urbanisme, le reseau maillé est une solution adéquate.

Le choix d'un nombre de maille important " 14 pour notre cas" nous permettra, en cas de panne, de limiter la zone touchée, et d'effectuer les reparitions necessaires sans avoir à couper toute l'alimentation de la region considerée.



## 2)-METHODE DE CALCUL

Le calcul d'un reseau maillé est conduit par approximations successives selon la méthode de HARDY-CROSS.

Cette methode repose sur les deux lois suivantes:

- 1<sup>ere</sup>: Loi des Noeuds

En un noeud quelconque, la somme des debits qui arrivent à ce noeud est égale à la somme des debit qui partent.

- 2<sup>ième</sup>: Loi des Mailles

La somme algebrique des pertes de charge le long d'un parcours fermé et orienté est nulle.

## 3)- PRINCIPE DE LA METHODE

La méthode consiste à se fixer dans chaque maille une repartition supposé arbitraire des débits ainsi qu'un sens d'écoulement de maniere à satisfaire la premiere loi et à calculer la perte de charge dans chaque tronçon de la maille.

Les diamétre des canalisations sont choisis de façon à avoir des vitesses d'écoulement comprises entre 1,4 et 0,5 m/s,

La perte de charge se produissant le long d'une conduite est exprimé par la relation de DARCY-WEISBACH

$$\Delta h = J \cdot L \cdot e = \frac{8 \cdot f \cdot Q^2}{\pi \cdot g \cdot D^5} = t \cdot Q^2 \quad (1)$$

t: Resistance de la conduite " m<sup>-5</sup>.s<sup>2</sup> "

Le principe d'équilibre des pertes de charge le long de la maille se traduit par :

$$\sum \Delta h = \sum r Q_i^2 = 0 \quad (2)$$

Cette égalité n'est pas vérifiée du premier coup. Il est nécessaire de modifier la repartition initiale supposée des débits  $Q_0$  afin de rectifier en consequences

les valeurs des pertes de charge .

Pour déterminer le débit correctif on procedecomme suit:  $Q$  represente la correction à partir aux débits  $Q_0$

$$\text{soit } Q_1 = Q_0 + \Delta Q_0$$

L'équation (2) devient :

$$\sum r. (Q_0 + \Delta Q)^2 = \sum rQ_0^2 + 2.\sum rQ_0.\Delta Q_0 + \sum r\Delta Q^2$$

$\Delta Q$  étant supposé petit par rapport à  $Q_0$ , on pourra négliger les expressions qui sont au carré, ce qui nous donne pour un circuit fermé l'expression de  $\Delta Q_0$  suivante:

$$Q_0 = - \frac{\sum r.Q_0^2}{2\sum r.Q_0}$$

Chaque maille est calculée separement et la valeur de  $Q_0$  est trouvée moyennant l'equation. La correction  $\Delta Q_0$  ainsi calculé est ajoutée algébriquement à chacun des débits  $Q_0$  .

Les corrections apportées au débit transité par une conduite commune à deux mailles s'ajoutent algébriquement à condition de changer le signe de la correction de la maille adjacente à celle considerée .

Si dans ces conditions, la 2<sup>ieme</sup> loi n'est pas verifiée, il faudra de nouveau corriger les débits d'une nouvelle valeur  $Q_1$  , de la même façon que nous venons de voir.

Les approximations sont poursuivies jusqu'a ce que les valeurs de  $|\Delta Q|$  soient voisine de zéro.

#### 4)-DETERMINATION DU DEBIT DE SOUTIRAGE

Nous avons utilisé la méthode qui consiste à repartir uniformement les débits du reseau, c'est-à-dire que la quantité d'eau livrée pour chaque tronçon est proportionnelle à sa longueur.



- débit spécifique :

$$q_{sp} = \frac{Q}{\sum l}$$

Q: débit de pointe

l: la longueur totale du réseau

- débit transitoir

C'est le débit assuré pour chaque tronçon

$$Q_t = q_{sp} \cdot l$$

Alors le débit nodal (soutirage) sera:

$$Q = \frac{Q_t}{2}$$

(voir tableau de calcul)

#### 4)- CALCUL DE LA CONDUITE DE DISTRIBUTION

à)- Le calcul du diamètre se fait avec le débit de pointe horaire  $Q = 286,197 \text{ l/s}$  ;  $V = 1 \text{ m/s}$

$$\varnothing = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}} = 0,603 \text{ m} \quad \text{on normalise à } \varnothing = 600 \text{ mm}$$

b)- Calcul des pertes de charge

Les pertes de charge suivant la relation de COLEBROOK 1<sup>er</sup> approximation

$$Fr = (1,14 - 0,86 \cdot \ln \frac{\xi}{\varnothing})^{-2}$$

ensuite on a la relation  $Fr = (-2 \log(\frac{\xi}{\varnothing \cdot 3,7} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{Fr}}))^{-2}$

Les données:  $Q = 286,197 \text{ l/s}$  ;  $\varnothing = 600 \text{ mm}$

$L = 160 \text{ m}$  ;  $V = 1 \text{ m/s}$

$\xi = 0,4 \text{ mm}$  ;  $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

D'après programme vu dans la partie de l'adduction on a le résultat  $\Delta H_t = 0,26 \text{ m}$



## 5) EQUIPEMENT DU RESEAU DE DISTRIBUTION

### 1. Nature des Conduites

On a prévu des conduites en amiante ciment avec pression d'épreuve hydraulique en usine de 12 bars. Ces canalisations sont insensibles. La structure du matériau s'oppose à la pénétration des agents agressifs et donne au tuyau une grande inertie vis à vis des agents chimiques. La capacité ~~de~~ du débit est conservée car la paroi intérieure des tuyaux est lisse et les possibilités d'entassement sont faibles.

### 2. Principaux organes accessoires du réseau

#### 2.1 Robinets-vanne

Permettent l'isolement des divers tronçons du réseau afin de pouvoir effectuer d'éventuelles réparations, ils sont disposés à chaque noeud.

Ils présentent l'avantage d'une ouverture et d'une fermeture lente de sorte que leurs manoeuvres n'apportent généralement pas de perturbation dans le réseau.

#### 2.2 Robinet de décharge

Ils sont prévus aux bas du réseau en vue de la vidange de la conduite sur l'égout voisin. Le robinet sera posé à l'intérieur d'un regard en maçonnerie.

#### 2.3 Ventouses

Les ventouses seront disposées dans les points haut du réseau en vue d'évacuer l'air entraîné par l'eau.

#### 2.4 Bouches d'arrosage

Sont disposées pour entretenir les plantations en bordure des voies.

### 2.5 Bouches de lavage

Sont placées au droit des points hauts de la voie pour permettre un lavage par gravité. Ce sont des appareils qui peuvent remplacer les ventouses.

### 2.6 Bouches d'incendie

Les bouches d'incendie seront raccordés sur les conduites capables de fournir un débit minimal de 17 l/s sous une pression de 0,6 bars minimum. Ces poteaux doivent être espacés de 200 à 300 m les uns des autres et repartis suivant l'importance des risques à défendre.

### 2.7 Clapets de retenue

Destinés à assurer le passage de l'eau dans un certain sens et à l'arrêter dans le sens opposé.

## 3. Pièces spéciales du réseau

Sont des pièces de raccordement normalisées. Parmi ces pièces on distingue :

- Les cônes de réduction pour le raccordement des conduites de diamètres différents.
- Les tés à 2 ou 3 emboitements qui permettent la prise des canalisations principales sur les canalisations secondaires.
- Les croix à 4 emboitements qui jouent le même rôle que les tés.
- Les coudes à 2 emboitements à différents angles qui permettent d'effectuer des changements de directions.
- Les bouts d'extrémités pour la mise en place des appareils hydrauliques à brides.







N° du N° de	N° du transp				debit de chaque trans <sup>elis</sup>				debit Total € Qt elis	debit de chaque N° de Q = € Q <sup>elis</sup> elis
	1	2	3	4	1	2	3	4		
2	2-6	2-3	/	-	6,403	1,334	/	-	7,737	3,869
3	3-8	3-14	3-2	3-10	3,682	7,47	1,33	7,73	20,223	10,112
4	4-5	4-14	4-12	4-3	10,99	5,86	6,5	7,46	30,839	15,42
5	5-6	5-4	5-15	/	3,2	10,99	2,93	-	17,127	8,63
6	6-5	6-7	6-2	/	3,2	5,86	6,4	-	15,473	7,737
7	7-6	7-8	7-23	/	5,86	7,04	10,13	-	19,049	9,525
8	8-3	8-7	8-24	8-9	3,68	3,04	5,33	8,53	20,597	10,3
9	9-10	9-8	9-29	/	4,37	8,53	5,92	-	18,832	9,417
10	10-9	10-3	10-11	-	4,37	7,73	3,09	-	15,207	7,604
11	11-10	11-28	11-12	-	3,09	17,76	12,59	-	33,454	16,727
12	12-4	12-13	12-11	-	6,5	7,73	12,59	-	26,838	13,419
13	13-12	13-14	/	-	7,73	9,44	/	/	17,181	8,591
14	14-15	14-4	14-13	-	17,44	5,86	9,44	/	32,76	16,38
15	15-14	15-5	15-16	-	17,44	2,93	22,07	/	43,058	21,529
16	16-17	16-23	16-15	/	8,27	8,0	22,07	/	38,946	19,473
17	17-18	17-16	/	-	4,26	8,27	/	/	12,538	6,269
18	18-17	18-19	/	-	4,26	3,73	/	/	8,003	4,002
19	19-18	19-20	19-22	-	3,73	3,3	6,24	/	13,286	6,443
20	20-19	20-10	/	-	3,30	1,7	/	/	5,015	2,508
21	21-20	21-22	21-21	-	1,70	7,46	3,57	/	12,752	6,376
22	22-23	22-19	22-21	-	4,42	6,24	7,46	/	18,141	9,071
23	23-16	23-22	23-24	23-7	8,00	4,42	6,66	10,13	29,236	14,618
24	24-25	24-23	24-8	-	4,53	6,66	5,33	/	16,541	8,271
25	25-26	25-24	/	-	3,20	4,53	/	/	7,735	3,868
26	26-27	26-15	26-29	/	6,24	3,20	2,66	/	12,11	6,055
27	27-21	27-26	27-28	-	3,57	6,24	14,72	/	24,544	12,272
28	28-29	28-27	28-11	/	7,04	14,72	17,76	/	39,536	19,768
29	29-26	29-9	29-28	-	2,66	5,92	7,04	/	15,632	7,816
30										

## C H A P I T R E

### ADUCTION

#### 1-CHOIX DU TRACE

En vue de l'établissement de la conduite de refoulement, il y aura lieu de tenir compte de certains impératifs que l'on s'efforcera, dans la mesure du possible de respecter:

- Choix du tracé le plus court entre le forage et le réservoir;
- Recherche d'un profil en long aussi régulier que possible.
- Eviter les pentes et les contres pentes qui peuvent porter préjudice aux conduites.
- Eviter les profils horizontaux .
- Pour faciliter l'acheminement des matériels dans la mesure du possible, suivre les accotements des routes.

#### 2-CALCUL DU DIAMETRE ECONOMIQUE

La première approche du diamètre économique est donnée par la relation de "J.BONNIN"

$$D = \sqrt[3]{Q} \quad D \text{ en mm; } Q \text{ en m}^3/\text{s}$$

De cette base on fixe une série de deux à trois diamètres normalisés sur lesquelles portera notre étude technico-économique:

- Les frais d'exploitation de la station de pompage qui décroissent quand le diamètre augmente, par suite de la diminution des pertes de charge.
- Les frais d'amortissement de la conduite, qui croissent avec le diamètre de la canalisation.

Ces deux postes de dépenses constituent, dans la plupart des cas, les éléments principaux de l'étude technico-économique.

#### 3- CALCUL DES PERTES DE CHARGE

Les pertes de charge sont calculées d'après la relation de DARCY-WEISBACH ;



$$J = \frac{\lambda \cdot V^2}{2g \cdot D}$$

D: diamètre de la conduite(m)

V: vitesse de l'eau (m/s)

$\lambda$ : coefficient de frottement

Le coefficient de frottement  $\lambda$  étant calculé suivant la formule de COLEBROOK .

Pour la première, valeur (ou approximation) on utilise la relation de NIKURADZE :

$$\lambda_0 = (1,14 - 0,86 \cdot \ln \frac{\xi}{D})^{-2}$$

ensuite on a la formule de COLEBROOK.

$$\lambda = (-2 \log(\frac{\xi}{3,7 \cdot D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}}))^{-2}$$

Tous ses calculs sont faits à l'aide d'un programme sur la calculatrice TI 59 .

2nd LbI A .14 -.86x(RCL1 +RCL2)ST07 Lnx = x<sup>2</sup>1/x ST05

ST08 RCL3xRCL2 +RCL0 =ST06 R/S

2nd LbI B (RCL7 +3.7 + 2.51 + RCL6 + RCL 8 $\sqrt{x}$ ) Lnx2 = x<sup>2</sup>1/x

ST09-ST08 =2nd|x| INV 2nd x>> t RCLRCL9ST08 GTO B

2nd LbI RCLRCL9 x RCL3 x<sup>2</sup> +19.6 + RCL2 = STO 10 R/S

2nd LbI C RCL10xRCL4 = STO11 R/S

2nd LbI Dx .15 = R/S 2nd LbI E+RCL11 = R/S

#### RESULATATS

appuyer : A  $\Rightarrow$  IR<sub>e</sub> ; 06      B  $\Rightarrow$  J      C  $\Rightarrow$   $\Delta h_1$       D  $\Rightarrow$   $\Delta h_s$

E    H<sub>t</sub>      Fr  $\Leftarrow$  05      Ft  $\Leftarrow$  09



3

RUGOSITE ABSOLUE DES  
CONDUITES

	Matériau	Tuyau nouveau $\xi$ (mm)	Tuyau <del>ancien</del> ancien $\xi$ (mm)
Adduction	Acier ou Fonte	0,1 à 0,4	1,0 à 1,5
Reseau	Acier ou Fonte	0,4 à 1,0	1,5 à 3,0
Adduction	Amiante- ciment	0,03 à 0,1	0,1 à 0,4
Reseau	Amiante- ciment	0,1 à 0,4	0,4 à 1,0
Adduction	P.V.C	0,0 à 0,03	0,03 à 0,1
Reseau	P.V.C	0,03 à 0,1	0,1 à 0,4
Adduction	Béton- armé	0,03 à 0,1	0,1 à 0,4
Reseau	Béton- armé	"	"

Dans le cas, on a choisi le cas le plus défavorable pour la rugosité absolue  $\xi = 0,4$  mm

.../...

#### 4- CALCUL DES HAUTEURS GEOMETRIQUES

La hauteur geometrique de refoulement sera égale à la difference de niveau entre la côte du trop: plein et la côte du niveau dynamique du forage.

• Forage SENONIEN

$$\begin{aligned} H_g &= H_{Tp} - H_{ND} & ; & & H_{Tp} &= 144,5 \text{ m} & ; & \text{côte du forage} &= 137,5 \text{ m} \\ H_{ND} &= 137,5 - 20 = 117,5 \text{ m} & ; & & H_g &= 144,5 - 117,5 = 27 \text{ m} \\ H_g &= 27 \text{ m} \end{aligned}$$

• Forage AIN-EL-KHEIR

$$\begin{aligned} H_g &= H_{Tp} - H_{ND} & ; & & H_{Tp} &= 144,5 \text{ m} & ; & \text{côte du forage} &= 138 \text{ m} \\ H_{ND} &= 138 - 20 = 118 \text{ m} & ; & & H_g &= 144,5 - 118 = 26,5 \text{ m} \\ H_g &= 26,5 \text{ m} \end{aligned}$$

• Forage MATMOURA

$$\begin{aligned} H_g &= H_{Tp} - H_{ND} & ; & & H_{Tp} &= 144,5 \text{ m} & ; & \text{côte du forage} &= 138,5 \text{ m} \\ H_{ND} &= 138,5 - 20 = 118,5 \text{ m} & ; & & H_g &= 144,5 - 118,5 = 26 \text{ m} \\ H_g &= 26 \text{ m} \end{aligned}$$

• Forage BEHAMID

$$\begin{aligned} H_g &= H_{Tp} - H_{ND} & , & & H_{Tp} &= 144,5 \text{ m} & ; & \text{côte du forage} &= 136 \text{ m} \\ H_{ND} &= 136 - 20 = 116 \text{ m} & ; & & H_g &= 144,5 - 116 = 28,5 \text{ m} \\ H_g &= 28,5 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 5-CALCUL DES HAUTEURS MANOMETRIQUES

Pour chaque forage, la hauteur manométrique est donné par:

$$H_{mt} = H_g + \Delta H_t$$

$$\Delta H_t = \Delta H_l + \Delta H_s \quad \text{"pertes de charge totale"}$$

$\Delta H_l$ : perte de charge lineaire.

$\Delta H_s$ : perte de charge singulière

Les pertes de charges singulière sont évaluées à 15% des pertes de charges lineaires

$$\Delta H_s = 0,15 \cdot \Delta H_l \quad ; \quad \Delta H_t = 1,15 \cdot \Delta H_l$$

$$H_{mt} = H_g + 1,15 \cdot \Delta H_l$$

#### 6- PUISSANCE DES POMPES

La puissance en générale est donné par la relation:

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$P = \frac{\rho \cdot 9,81 \cdot Q \cdot H_{mt}}{\eta} \text{ (W) en divise par 1000 et la puissance}$$

$$\text{est obtenu en (kW) ; } P = \frac{9,81 \cdot Q \cdot H_{mt}}{\eta} \text{ (kW)}$$



## 7- CALCUL DE L'ANNUITE

L'annuité d'amortissement est déterminé par la relation suivante:

$$A = \frac{i}{(i+1)^n - 1} + i$$

~~k\*~~

i-taux d'annuité "8%" adapté en ALGERIE .

n-nombre d'année d'amortissement de la conduite n=30 ans

$$A = \frac{0,08}{(0,08+1)^{30} - 1} + 0,08 = 0,09 \text{ DA}$$

## 8- CHOIX DU MATERIAU .

- Le materiau choisi pour les conduites est l'amiante-ciment, ce choix ressort de considerations soit de caractere technique qu'economique.

En effet les caracteristique physico-chimiques et mecanique des terrains interessée par la pose des conduites se pretent bien à ce type de conduite.

Les tuyaux en amiante-ciment pour canalisations sous pression, sont fabriqués d'amiante-en fibres et de ciment PORTLAND, à l'exclusion de toute armature métallique .

Les conduites obtenu sont très résistantes, durables, imputrescibles et non dégradable dans le temps.

Les conduites doivent présenter une résistance à la traction  $R_t$ , au moins égalé à 220 bars, calculée par la formule ci-dessus:

$$R_t = \frac{P(d+e)}{2.e}$$

avec: P-pression minimale de rupture à l'éclatement en bars ( dans notre cas égalé à 220 bars)

d-diamètre intérieur en cm

e-épaisseur de la conduite en cm

.../...

6

Ces tuyaux ne s'altèrent et vieillissent pas, leurs résistance au contraire augmente dans le temps à cause du durcissement du ciment.

Dans ce type de tuyau, les fibres d'amiante remplissent le rôle d'armatures d'une manière analogue aux armatures métalliques d'un tuyau en béton armé, ils sont fabriqués par enroulement continu, avec compression, de couches successives très mince.

-Longueur des tuyaux:

Rt=220 bars ; P=10 bars .

Diamètre (mm)	Longueur(m)	épaisseur (m)
60	3 et 4	1,7
80	3 et 4	2,2
100	4	2,8
150	4 et 5	4,2
200	4,5,6	5,6
250	"	7,0
300	"	8,4
350	"	9,8
400	"	11,2
500	"	14,0

Toutes les longueurs sont de 4 m

Les tuyaux en amiante-ciment sont "hydrauliquement", "lisse" leurs coefficient de rugosité est donc très bas en comparaison à d'autres type de matériaux.

.../...



-TRONCON BEHAMID-RESERVOIR

Données: Q= 22,2 l/s ; L= 1150 m ; Hg= 28,5 m  
 Hmt= 28,5+ ΔHt ; η= 70 %  
 $D = \sqrt[5]{Q} = 150 \text{ mm}$

-1-CALCUL DES PERTES CHARGE & Hmt

D (mm)	V (m/s)	IR <sub>e</sub>	J	ΔHt <sub>m</sub>	Hmt(m)
100	2,8266	282660	0,11745	135,068	163,568
150	1,2563	188445	0,01409	16,109	44,6093
200	0,70665	141330	0,00314	3,6111	32,111
250	0,4523	113075	0,00099	1,1436	29,6436
300	0,4523	94350	0,00039	0,4505	28,9505

-2-FRAIS D'EXPLOITATION

D(mm)	Puissance: P (KW)	Puissance annuelle P.24.365	Prix d'énergie DA
100	50,8888	445785,9653	84699,33341
150	13,8787	121577,5693	23099,73832
200	9,9903	87515,03887	16627,8573
250	9,2226	80790,3256	15350,1618
300	9,007	78901,30871	14991,24866

-3-FRAIS D'AMORTISSEMENT

D(mm)	Prix unitaire de conduite mlDA	Prix totale de conduite (DA)	Electro-mecanique 100 DA/l /s/1.Hmt	TOTAL DA	Annuité DA
100	134	154100	363120,96	517220,96	46549,8864
150	168	193200	99032,646	292232,65	26300,93814
200	195	224250	71286,553	295536,553	26598,28979
250	243	279450	65808,847	345258,847	31073,29628
300	290	333500	64270,123	397770,123	35799,3111

8

-4- BILAN

D(mm)	Prix d'exploit DA	Prix d'amortiss DA	TOTAL DA
100	84699,33341	46549,8864	131249,2198
150	23099,73832	26300,9382	49400,67645
200	16627,85739	26598,2898	43226,1472
250	15350,16187	31073,2963	46423,4582
300	14991,24866	35799,3111	50790,5598

Du tableau (bilan) ci-dessus en peut on déduire, que le diamètre que l'on doit prendre en compte est D=200 mm.

.../...



- TRONCON AIN-EL-KHEIR-RESERVOIR

Données:  $Q = 22,2 \text{ l/s}$  ;  $L = 220 \text{ m}$  ;  $H_g = 26,5 \text{ m}$   
 $H_{mt} = 26,5 + \Delta H_t$  ;  $n = 70 \%$   
 $D = \sqrt[4]{Q} = 150 \text{ mm}$

-1- CALCUL DES PERTES CHARGE & Hmt

D (mm)	V m/s	$IR_e$	J	$\Delta H_t \text{ m}$	Hmt m
100	2,827	282660	0,1174511	25,839200	52,3392
150	1,256	1188445	0,0140081	3,0818	29,5818
200	0,7067	141330	0,0031400	0,6908	27,19081
250	0,452	113075	0,0009944	0,2188	26,7188
300	0,315	94350	0,0003917	0,0869	26,5861

-2- FRAIS D'AMORTISSEMENT

D(mm)	Prix unitaire de la conduite ml.DA	Prix total de conduite DA	Electro-mecanique 100 DA.l/ /s/1mHmt	Total DA	Annuite DA
100	134	29480	116193,03	145673	13110,57
150	168	36960	65671,559	102632	9236,841
200	195	42900	60363,598	103264	9293,724
250	243	53460	59315,692	112776	10149,81
300	290	63800	59021,226	122821	11053,91

-3- FRAIS D'EXPLOITATION

D mm	Puissance: P ( KW )	Puissance annuelle P.24.365	Prix d'énergie 0,19 DA.KWH
100	16,28362236	142644,5319	27102,46106
150	9,20339987	80621,78286	15318,13874
200	8,459527119	74105,45756	14080,03694
250	8,312670619	72818,99462	13835,60898
300	8,271403294	72457,49286	13766,92364

-4- BILAN

D MM	Prix d'exploitation DA	PRIX d'amortissement DA	TOTAL DA
100	27102,46106	13110,57	40213,033
150	15318,13874	9236,84	24554,979
200	14080,03694	9293,72	23373,76
250	13835,60898	10149,81	23985,443
300	13766,92364	11053,91	24820,834

En vertu de cette étude, D= 200 mm, s'avere le plus économique.



- TRONCON MAMOURA-RESERVOIR

Données :  $Q = 41,7 \text{ l/s}$  ;  $L = 180 \text{ m}$  ;  $H_g = 26 \text{ m}$   
 $H_{mt} = 26 + H_t$  ;  $n = 70 \%$   
 $D = \sqrt[4]{\frac{Q}{V}} = 200 \text{ mm}$

-1- CALCULS DES PERTES CHARGE & Hmt

D mm	V m/s	$IR_e$	J	$\Delta H_t$ m	Hmt m
100	5,3091	530910	0,411759	74,1166	100,1166
150	2,3597	353961	0,048775	8,7758	34,7758
200	1,3274	265480	0,010832	1,9497	27,9497
250	0,8495	212377,5	0,00339	0,6114	26,6114
300	0,5899	176970	0,001324	0,2384	26,2384

-2- FRAIS D'EXPLOITATION

D mm	Puissance: P (KW)	Puissance annuelle P.24.365	Prix d'énergie DA
100	58,507770	512528,0483	97380,32917
150	20,322870	178028,3358	33825,38381
200	16,33370	143083,1309	27185,79487
250	15,55162668	136232,2497	25884,12750
300	15,33366052	134322,8662	25521,3445

-2- FRAIS D'AMORTISSEMENT

D mm	Prix unitaire de la conduite ml.DA	Prix total DA	Electro-me 100 DA;l/s/ /1mHmt	TOTAL DA	Annuite DA
100	134	24120	417486,622	441606,62	39744,596
150	168	30240	145015,378	<del>175</del> 250,39	15772,98
200	195	<del>35100,22</del>	11650,291	151650,291	13648,52
250	243	43540	110969,81	154709,81	13923,88
300	290	52200	109414,5	161614,5	14545,30

-4- BILAN

D mm	(DA) Frais d'exploit	(DA) Frais d'amort	(DA) TOTAL
100	97380,329	39744,596	137124,925
150	33825,384	15772,984	49598,368
200	27185,795	13648,526	40834,321
250	25884,1275	13923,883	39808,011
300	25521,345	145455,305	40066,649

En vertu de cette étude , D = 250 mm s'avere le plus economique.



- TRONCON SENONIEN-RESERVOIR

Données :  $Q = 41,7 \text{ l/s}$  ;  $L = 170 \text{ m}$   
 $H_g = 27 \text{ m}$  ;  $H = 70 \%$   
 $H_{mt} = 27 + \Delta H_t$   
 $D = \sqrt[4]{\frac{Q}{V}} = 200 \text{ mm}$

-1- CALCULS DES PERTES CHARGE & Hmt

D mm	V m/s	$R_g$	J	$\Delta H_t \text{ m}$	Hmt m
100	5,30	530910	0,41175	69,999	96,9991
150	2,35	353961	0,04875	8,288	35,2883
200	1,32	265480	0,01083	1,841	28,841
250	0,84	212377	0,00339	0,577	27,577
300	0,58	176970	0,00132	0,225	27,225

-2- FRAIS D'EXPLOITATION

D mm	Puissance: P (KW)	Puissance annuelle P.24.365	Prix d'energie DA
100	56,685	496568,119	94347,942
150	20,622	180651,724	34323,827
200	16,854	147647,931	28053,106
250	16,116	141177,648	26823,753
300	15,910	139374,347	26481,125

-3- FRAIS D'AMORTISSEMENT

D mm	Prix unitaire de la conduite m <sup>1</sup> . DA	Prix total DA	Electro-med 100 DA.l/s/ 1mHmt	TOTAL DA	Annuite DA
100	134	22780	404486,247	427266,25	38453,96
150	168	28560	1471152,29	175712,29	15814,11
200	195	33150	120268,611	153418,61	13807,679
250	243	41310	114998,154	156308,15	14067,73
300	290	49300	113529,251	162829,25	14654,63

-4- BILAN

D mm	DA Frais d'exploit	DA Frais d'amort	DA TOTAL
100	94347,943	38453,362	132801,91
<del>250</del>	34323,8276	15814,1065	50137,934
200	28053,107	13807,679	41860,782
250	26823,75	14067,734	40891,487
300	26481,126	14654,633	41135,7585

D = 250 mm ; diamètre le plus économique.



## C H A P I T R E

### CHOIX DES POMPES

#### I)- INTRODUCTION

On considère dans notre étude, les pompes centrifuges et cela à cause de leur développement, qui a été très rapide grâce aux progrès réalisés dans l'emploi de la force motrice électrique, accouplées aux moteurs électriques, elles constituent des groupes légers, peu coûteux et d'un très bon rendement, facilité d'installation et d'entretien.

#### II)- CHOIX DES POMPES

Les hauteurs manométriques et les débits à assurer sont sur les courbes caractéristiques de différentes pompes ( donnés par le constructeur ), Ces caractéristiques permettent de choisir le type de pompes convenable.

La pompe choisie doit fonctionner dans la zone de son rendement maximal conduisant au coût le plus faible du mètre cube d'eau à élever.

#### III)- POINT DE FONCTIONNEMENT

Le point de fonctionnement d'une pompe centrifuge est donnée par l'intersection de la courbe caractéristique de la pompe ( Q-H ) et la courbe caractéristique de la conduite.

#### IV)- CARACTERISTIQUE DE LA CONDUITE

La caractéristique de la conduite représente le travail spécifique à l'unité de poids " hauteur " nécessaire en fonction du débit en volume pour élever le liquide d'un point à l'autre. Cette caractéristique est donnée par la relation:

$$H = H_g + CQ^2$$

H: hauteur manométrique

H<sub>g</sub>: hauteur géométrique

C: coefficient tenant compte du régime d'écoulement, dimensions, etc ...

On donnant au débit différentes valeurs, on obtient les hauteurs manométriques correspondantes.

#### V)- MODIFICATION SUSCEPTIBLE D'ETRE APPORTEE A UNE POMPE CENTRIFUGE

Dans la mesure où on adopte la pompe à des conditions de marche données des modifications dans le fonctionnement sont apportées. à cette pompe.

A cet effet on procède à une comparaison entre trois type de variantes:

- La première variante consiste à garder le point de fonctionnement obtenu, à cet effet on doit diminuer le temps de pompage tout en gardant un rendement satisfaisant.
- La deuxième variante consiste à vanner sur le refoulement pour créer une perte de charge avec le même temps de pompage.
- La troisième variante consiste à rogner la roue de la pompe de façon à faire passer la courbe caractéristique de la pompe par le point P désiré.



VI)- PARTIE CALCULS

- FORAGE BEHAMID

. Données:  $Q=22,2$  l/s ; Hmt= 32,11106 m  
 $H_g= 28,5$  m

. Choix de la Pompe

Du catalogue BOMBAS-ITUR pour les pompes centrifuges immergées, nous déterminons la pompe répondant aux caractéristiques ci-dessus soit:

Type ..... électro-BOMBAS 6610 \_ 8" à 3 étages  
 Rendement ..... 72 %  
 Vitesse de rotation .... 2900 tr/ min  
 Puissance absorbée ..... 13 KW  
 Roue initiale .....  $\varnothing = 220$  mm

. Caractéristique de la Conduite

La caractéristique de la conduite est donnée par la relation :

$$H = H_g + CQ^2$$

H: hauteur manométrique= 32,11106 m

$H_g$ : hauteur géométrique = 28,5 m

Q : débit de refoulement = 22,2 l/s

C : coefficient tenant compte du régime d'écoulement, dimensions,...etc

$$C = \frac{H-H_g}{Q^2} = 0,000565385 \text{ ( m}^{-5}\text{h}^2\text{)}$$

$$H = 28,5 + 0,000565385 \cdot Q^2$$

Q m <sup>3</sup> /h	10	20	30	40	50	60
$\Delta H$ m	0,056	0,22	0,508	0,904	1,413	2,035
H m	28,556	28,73	29,09	29,40	29,913	30,535
Q m <sup>3</sup> /h	70	80	90	95	100	
$\Delta H$ m	2,77	3,61	4,579	5,10	5,653	
H m	31,27	32,12	33,08	33,60	34,15	

• Point de Fonctionnement

La courbe caractéristique de la conduite de refoulement coupe la courbe caractéristique de la pompe au point P' qui représente la point de fonctionnement de la pompe.

On remarque une différence entre le point de fonctionnement de la pompe P', et le point de fonctionnement désiré, pour ce cas, on étudie les différents cas de rapprochement de ce point.

+ 1<sup>ère</sup> Variante:

Accepter le point de fonctionnement P' tel qu'il est; le débit à relever sera supérieur à celui désiré et la durée de pompage sera réduite pour, le point P'

on a :

$$Q' = 82 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0227777 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = 32,5 \text{ m}$$

Le volume d'eau entrant dans le réservoir pendant 24 heures sera :

$$V = 1918,08 \text{ m}^3$$

Le temps de pompage se réduit à :  $T = \frac{1918,08}{82} = 23,39 \text{ h}$

La puissance absorbée par la pompe sera:

$$W_p = \frac{9,81 \cdot Q \cdot H}{\eta}$$

$$W_p = \frac{9,81 \cdot 0,02777 \cdot 32,5}{0,70} = 12,65 \text{ KW} ; W_p = 12,65 \text{ KW}$$

+ 2<sup>ième</sup> Variante

Consiste à placer un robinet vanne sur le refoulement de manière à créer une perte de charge égal à:

$$P''P = 34,5 - 32,11106 = 2,38894 \text{ m}$$

La puissance absorbée sera donc :

$$W_p = \frac{9,81 \cdot Q \cdot H}{\eta} = \frac{9,81 \cdot 0,0222 \cdot 34,5}{0,72} = 10,43 \text{ KW} ; W_p = 10,43 \text{ KW}$$



+ 3<sup>ième</sup> Variante

On rogne la roue de façon à faire passer la courbe caractéristique de la pompe par le point P , l'intersection de la droite passant par l'origine du graphe O , et le point P avec la courbe caractéristique de la pompe ( Q-H ) , nous donne le point P'''( Q''',H''') :

Le point P''' : Q''' = 81,5 m<sup>3</sup>/h  
H''' = 32,744 m

D'après les lois de similitude on a :

$$\frac{Q'''}{Q} = \frac{H'''}{H} = \frac{D^2}{d^2} \quad (1)$$

avec d, le diamètre de la roue de la même pompe, qui devra correspondre au débit Q désiré.

En posant d = mD

(1) devient  $\frac{Q'''}{Q} = \frac{H'''}{H} = \frac{1}{m^2}$

m : coefficient de rognage

Point P : Q = 79,92 m<sup>3</sup>/h  
H = 32,11106 m  
P''' : Q''' = 81,5 m<sup>3</sup>/h  
H''' = 32,74429 m

$$Q''' = H''' = 1 = 81,5 = 1,01972 \Leftrightarrow m = 0,99$$

Le pourcentage de rognage sera : 1 - 0,99 = 0,01 soit 1 % .

Le diamètre de la roue après rognage sera :

$$d = 0,99 \cdot 220 = 217,8 \text{ mm}$$

La puissance absorbée par la pompe sera :

$$W_p = \frac{9,81 \cdot 0,0222 \cdot 32,11106}{0,72} = 9,71 \text{ KW}$$

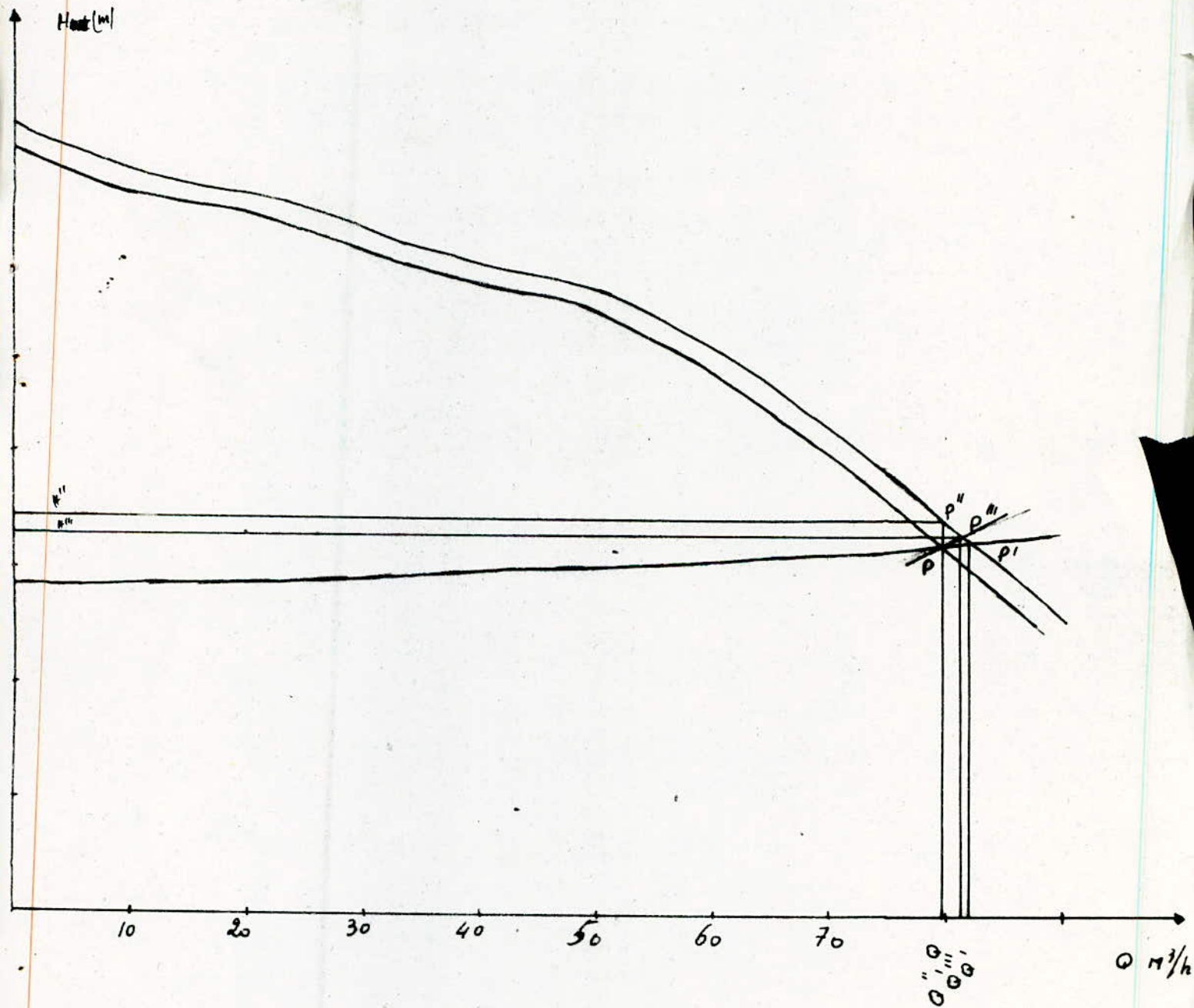
$$W_p = 9,71 \text{ KW}$$

BEHAMID

EHELLE

HOR. 1CM — 5 M<sup>3</sup>/H

VER. 1CM — 5 M





+ Tableau Recapitulatif

Puissance Absorbée KW		
1 <sup>ere</sup> Var	2 <sup>ieme</sup> Var	3 <sup>ieme</sup> Var
12,65	10,43	9,71

La troisième solution engendre une puissance minimale par rapport aux autres solutions.

le coût d'énergie sera donc réduit c'est pourquoi nous optons pour le rognage de la roue de la pompe.

FORAGE AIN-EL-KHEIR

. Données:  $Q=22,2$  l/s ; Hmt= 27,19 m  
 $H_g= 26,5$  m

. Choix de la Pompe

Du catalogue BOMBAS-ITUR et d'après les caractéristiques citées ci-dessus on a :

type ..... électro-BOMBAS 6610 8" à 3 étages  
 Rendement ..... 72 %  
 Vitesse de rotation... 2900 tr/min  
 Puissance absorbée.... 13 KW  
 Roue initiale.....  $\varnothing = 220$  mm

. Caractéristique de la Conduite

On dressant le tableau suivant qui donne  $Q=f(H)$ , on obtient la caractéristique de la conduite.

$$H = H_g + CQ^2$$

$$C = \frac{H - H_g}{Q^2} = \frac{27,19 - 26,50}{(79,92)^2}$$

$$C = 0,000108028 \quad (m^{-5} \cdot h^2)$$

$$H = 26,5 + 0,000108028 \cdot Q^2$$

$Q \text{ m}^3/\text{h}$	10	20	30	40	60	70	80	90
$\Delta H \text{ m}$	0,010	0,043	0,097	0,172	0,388	0,529	0,691	0,875
$H \text{ m}$	26,51	26,54	26,59	26,67	26,88	27,029	27,19	27,37
$Q \text{ m}^3/\text{h}$	100	95						
$\Delta H \text{ m}$	1,080	0,974						
$H \text{ m}$	27,58	27,47						

### . Point de Fonctionnement

En reportant la caractéristique de la conduite et celle de la pompe sur le même graphique, le point d'intersection de ses deux courbes, c'est le point de fonctionnement appelé  $P'$ , il a pour coordonnées:

$$Q' = 88 \text{ m}^3/\text{s} = 0,02444 \text{ m}^3/\text{s} ; ; H' = 27,5 \text{ m}$$

Vue le décalage du point de fonctionnement désiré avec celui de la pompe, on doit étudier les différents cas possible pour préserver le point  $P$ .

#### + 1<sup>ere</sup> Variante

Si on veut garder le point  $P'$ , on doit diminuer le temps de pompage, tout en gardant un rendement satisfaisant.

$$\text{Le point } P' \quad Q' = 88 \text{ m}^3/\text{h} = 0,02444 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$H' = 27,5 \text{ m}$$

Le volume entrant dans le réservoir pendant 24 heures est :  $V = 1918,08 \text{ m}^3$

$$\text{Le temps de pompage se réduit à : } T = \frac{1918,08}{88} = 21,79 \text{ h}$$

$$T = 21,79 \text{ heures}$$



La puissance absorbée par la pompe sera :

$$W_p = \frac{9,81 \cdot Q' \cdot H'}{\eta} = \frac{9,81 \cdot 0,02444 \cdot 27,5}{0,63} = 10,4674 \text{ KW}$$

$$W_p = 10,4674 \text{ KW}$$

+ 2<sup>ième</sup> Variante

Elle consiste à vanner sur le refoulement, pour créer une perte de charge ce qui provoquera une augmentation de la hauteur manométrique, cette perte de charge sera égale à :

$$P''P = 34,25 - 27,19 = 7,06 \text{ m}$$

La puissance absorbée

$$\text{est: } W_p = \frac{9,81 \cdot Q \cdot H}{\eta} = \frac{9,81 \cdot 0,0222 \cdot 34,25}{0,72} = 10,35 \text{ KW}$$

$$W_p = 10,35 \text{ KW}$$

+ 3<sup>ième</sup> Variante

Rognage de la roue

$$\text{Coordonnées du point P''' : } Q''' = 85,75 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$H''' = 29 \text{ m}$$

On a la relation :

$$\frac{Q'''}{Q} = \frac{H'''}{H} = \frac{1}{m^2} = \frac{85,75}{79,92} = 1,07294 \rightarrow m = 0,96$$

Le pourcentage sera :  $1 - 0,96 = 0,04$  soit 4 %

La puissance absorbée sera :

$$W_p = \frac{9,81 \cdot Q \cdot H}{\eta} = \frac{9,81 \cdot 0,0222 \cdot 27,19}{0,72} = 8,22 \text{ KW}$$

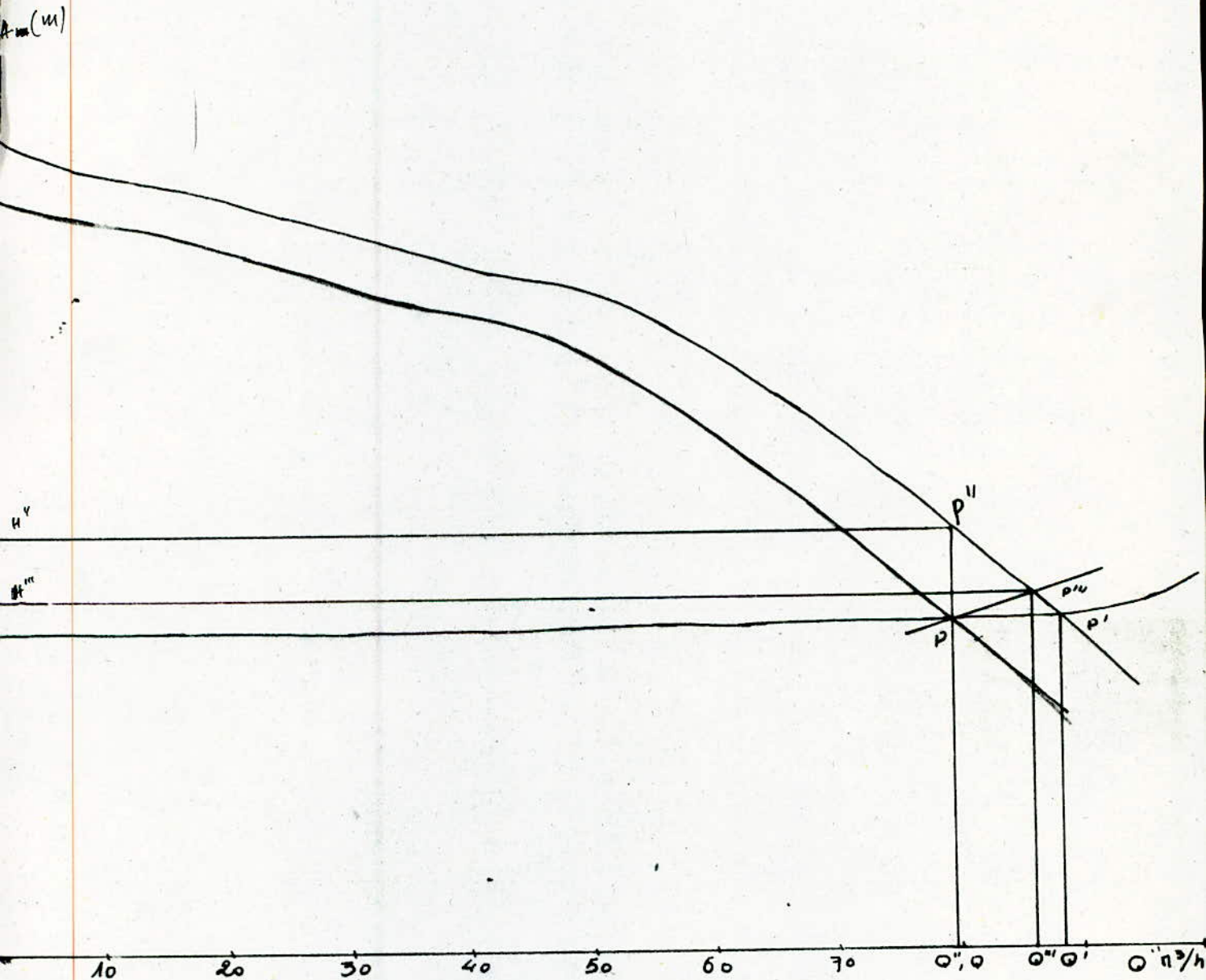
$$W_p = 8,22 \text{ KW}$$

Aim-Elk-kheir

ECHELLE \_\_\_\_\_

HOR: 1CM — 5M<sup>3</sup>/H

VER: 1CM — 5M





. Tableau Récapitulatif

(KW) Puissance Absorbée		
1 <sup>ère</sup> Var	2 <sup>ième</sup> Var	3 <sup>ième</sup> Var
10,467	10,350	8,220

On constate que la plus petite puissance est donnée par le rognage de la roue. La troisième variante est gardée, le choix à été fait selon l'économie d'énergie.

- FORAGE MATMOURA

- . Données :  $Q = 41,7 \text{ l/s} = 150,12 \text{ m}^3/\text{h}$   
 $H_{mt} = 26,611 \text{ m}$   
 $H_g = 26 \text{ m}$

. Choix de la Pompe

Type ..... électro-BOMBAS  
 Roue initiale .....  $\varnothing = 250 \text{ mm}$   
 Rendement ..... 73 %  
 Vitesse de rotation.. 2900 tr/min  
 Puissance absorbée... 30 KW

. Caractéristique de la Conduite

Cette caractéristique est donnée par :

$$H = H_g + CQ^2 \quad C = \frac{H - H_g}{Q^2}$$

$$C = 0,000027112 \text{ ( m}^{-5} \cdot \text{h}^2 \text{)}$$

$$H = 26 + 0,000027112 \cdot Q^2$$

Q m <sup>3</sup> /h	20	40	60	80	100	120	140	160	180
ΔH m	0,010	0,043	0,097	0,173	0,271	0,390	0,531	0,694	0,878
H m	26,01	26,04	26,097	26,17	26,27	26,419	26,57	26,69	26,88

• Point de Fonctionnement

Le point de fonctionnement P' à pour coordonnées:

$$P' : \quad Q' = 177,5 \text{ m}^3/\text{h} = 0,04930 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H' = 27 \text{ m}$$

On a toujours un décalage entre le point de fonctionnement désiré et celui trouvé, on a faire les différentes solutions possible pour préserver le point P .

+ 1<sup>ère</sup> Variante

Le volume entrant au réservoir pendant 24 h est :

$$V = 3602,88 \text{ m}^3$$

Le nouveau temps de pompage :  $T = 3602,88 = 20,29 \text{ h}$

Puissance absorbée par la pompe :  $W_p$

$$W_p = \frac{9,81 \cdot 0,0493227 \cdot 27}{0,70} = 18,664 \text{ KW} ; W_p = 18,664 \text{ KW}$$

+ 2<sup>ième</sup> Variante

La perte de charge crée apres vannage sera:

$$P''P = 48,50 - 26,611 = 21,889 \text{ m}$$

La puissance aura pour valeur :

$$W_p = \frac{9,81 \cdot 0,0417 \cdot 48,5}{0,73} = 27,178 \text{ KW}$$

+ 3<sup>ième</sup> Variante

Le point P''' à pour coordonnées

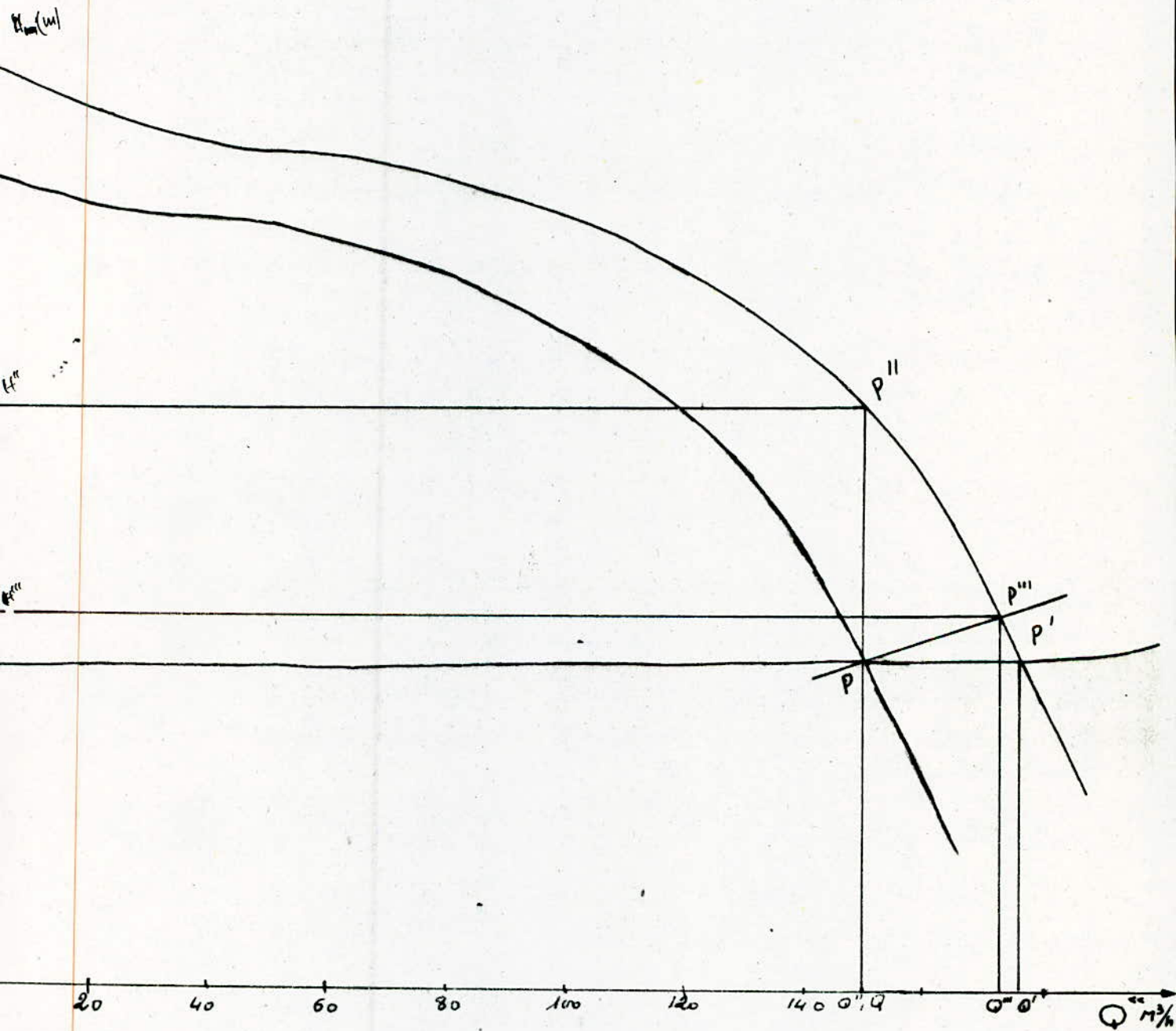
- $Q''' = 173,5 \text{ m}^3/\text{h}$
- $H''' = 31 \text{ m}$



ECHELLE

HOR: 1CM=10M

VER: 1CM=5M



$$\frac{Q'''}{Q} = \frac{H'''}{H} = \frac{1}{m^2} = \frac{173,5}{150,12} = 1,15572 \rightarrow m = 0,93$$

Le pourcentage de rognage sera  $1 - 0,93 = 0,07$   
soit 7 %

Le diamètre de la roue après rognage:  $d = 0,93 \cdot 250$   
soit  $d = 232,5$  mm

La puissance absorbée  $W_p = \frac{9,81 \cdot 0,0417 \cdot 26,611}{0,73} \approx 14,91$  KW

• Tableau Recapitulatif

Puissance Absorbée KW		
1 <sup>ère</sup> Var	2 <sup>ième</sup> Var	3 <sup>ième</sup> Var
18,664	27,889	14,91

La troisième variante est retenue.

- FORAGE SENONIEN

• Données :  $Q = 41,7$  l/s =  $150,12$  m<sup>3</sup>/h  
Hmt = 27,57 m  
Hg = 27 m

• Choix de la Pompe

Type.....électr-BOMBAS 6613 10" à 2 étage  
Rendement ..... 73 %  
Roue initiale.....  $\emptyset = 250$  mm  
Vitesse de rotation... 2900 tr/min  
Puissance absorbée.... 30 KW

• Caractéristique de la Conduite

La caractéristique de la conduite est donnée par:  
 $H = H_g + CQ^2$        $C = 0,000025292$  (m<sup>-5</sup>h<sup>2</sup>)  
 $H = 27 + 0,000025292 \cdot Q^2$

Q m <sup>3</sup> /h	20	40	60	80	100	120	140	160
ΔH m	0,010	0,040	0,091	0,161	0,252	0,364	0,495	0,647
H m	27,01	27,04	27,09	27,16	27,25	27,36	27,49	27,61

### . Point de Fonctionnement

Le point de fonctionnement est obtenu en traçant, la caractéristique de la conduite et celle de pompe .

$$P' : Q' = 176 \text{ m}^3/\text{h} ; H' = 28 \text{ m}$$

Etude des différentes solutions possible pour garder le point P .

#### + 1<sup>ère</sup> Variante

Le volume d'eau entrant dans le réservoir pendant 24 h ;

$$V = 3602,88 \text{ m}^3$$

Le nouveau temps de pompage sera :  $T = \frac{3602,88}{176} =$

$$T = 20,47 \text{ h}$$

La puissance absorbée par la pompe est:

$$W_p = \frac{9,81 \cdot 0,04888 \cdot 28}{0,705} = 19,048 \text{ KW}$$

#### + 2<sup>ième</sup> Variante

La perte de charge créée après vannage est:

$$P''P = 49 - 27,57 = 21,43 \text{ m}$$

La puissance absorbée par la pompe sera :

$$W_p = \frac{9,81 \cdot 0,0417 \cdot 49}{0,73} = 27,45 \text{ KW}$$

#### + 3<sup>ième</sup> Variante

On traçant la droite passant par O, et le point P, elle coupe la caractéristique de la pompe au point P'''.



Le point P''' est donnée par :  $Q''' = 172,5 \text{ m}^3/\text{h}$   
 $H''' = 31,75 \text{ m}$

D'après les lois de similitude on a :

$$\frac{Q'''}{Q} = \frac{H'''}{H} = \frac{1}{m^2} = \frac{172,5}{150,12} = 1,1490$$

$$m = 0,93$$

Le pourcentage de rognage :  $1 - 0,93 = 0,07$  soit 7 %

Le diamètre de la roue après rognage :  $d = 0,93 \cdot 250$

$$\text{soit } d = 232,50 \text{ mm}$$

La puissance absorbée

$$W_p = \frac{9,81 \cdot 0,0417 \cdot 27,57}{0,73}$$

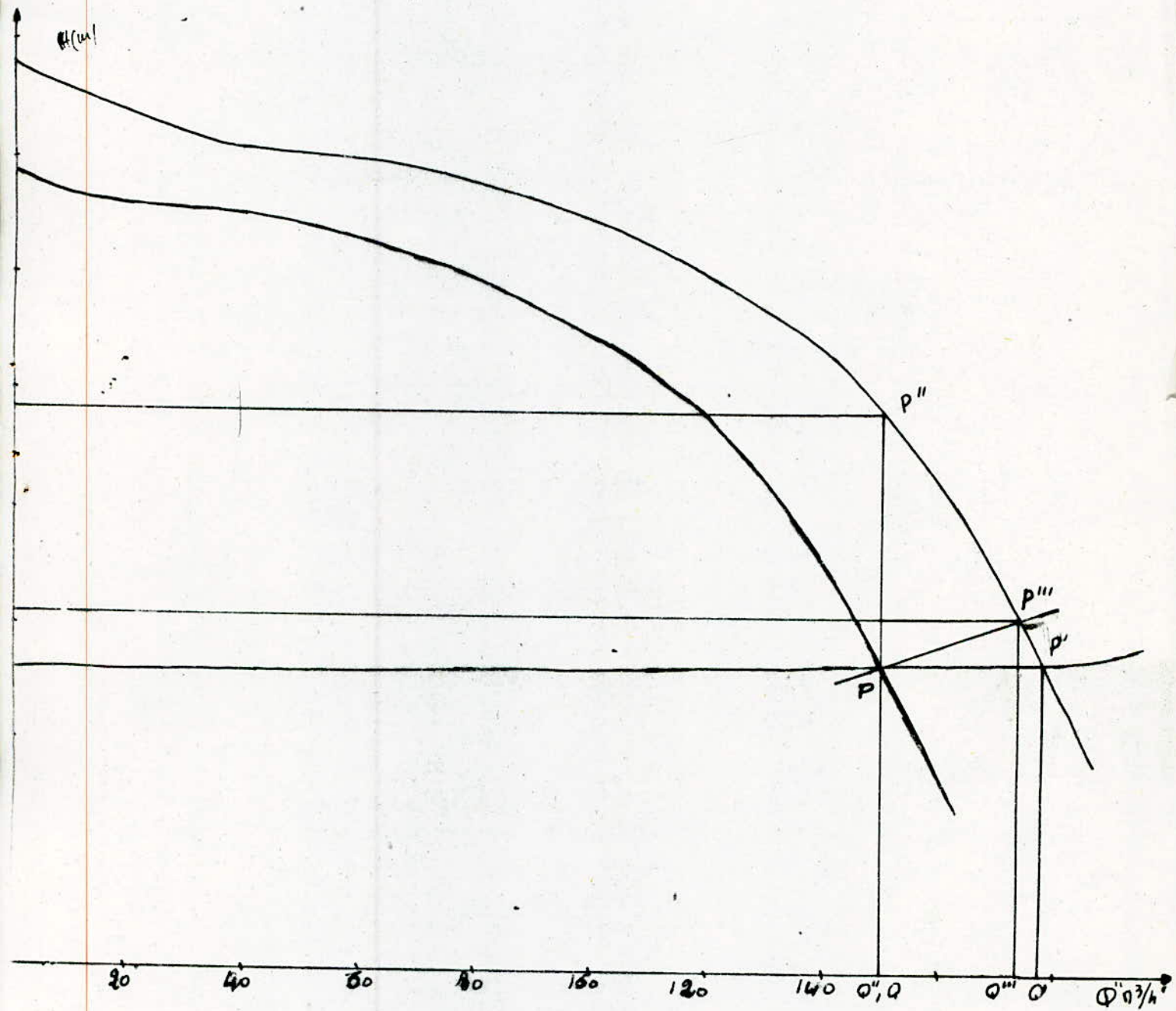
$$W_p = 15,44 \text{ KW}$$

Vue que la troisième présente moins de dépense économique, alors nous optons pour le rognage de la roue.

ECHELLE \_\_\_\_\_

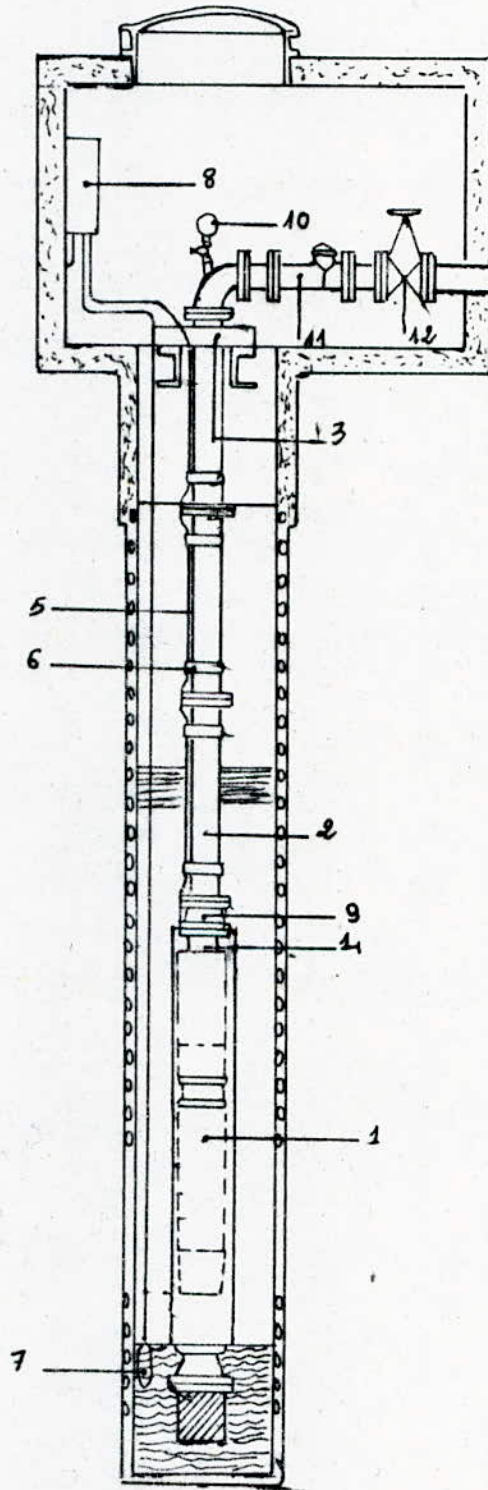
HOR: 1CM — 10M<sup>3</sup>/H

VER: 1CM — 5M



# INSTALLATION AVEC CLOCHE D'ASPIRATION

- 1. Electropompe . 1
- 2. Tuyau ascende . 2
- 3. Crampons support . 3
- 4. orifice de refoulement . 4
- 5. Cable électrique . 5
- 6. Etiers . 6
- 7. sonde électronique . 7
- 8. garde moteur . 8
- 9. clapet de retenue . 9
- 10. manometre à robinet . 10
- 11. compteur d'eau . 11
- 12. Vanne à clapet . 12





## VII)- INSTALLATION

Il faut tout d'abord ~~tenir~~ compte que le diamètre du puits doit être plus grand que celui de l'électro-pompe .

Vérifiez également le diamètre des brides de la tuyauterie. Dans les puits sans tubes il faut tenir compte que leur diamètre réel peut varier en fonction de la nature du terrain foré.

Tel que l'on peut voir sur la figure, l'électropompe (1) doit être installée à une distance minimale de 0,5 à 1 m du fond du puits, suspendue par la tuyauterie (2) qui prend appui sur l'entrée du puits, fixée par des crampons support (3).

Le raccordement de l'entrée avec la tuyauterie a lieu dans l'orifice de refoulement (4) au moyen de brides ou de filetage , selon le modèle de l'électropompe.

Le câble électrique (5) est fixé sur la tuyauterie au moyen d'étriers (6). Le niveau d'eau est contrôlé au moyen d'une sonde électronique (7) pour éviter qu'il descende au-dessous du minimum nécessaire, ~~électrique plus~~

Pour démarrer avec la protection nécessaire à l'électropompe, il est indispensable d'installer un garde\_moteur (8).

L'installation peut être complétée d'autres accessoires très importants, tels que: clapet de retenue (9), évitant l'écoulement de l'électropompe pendant les arrêts, manomètre à robinet (10), compteur d'eau (11) et vanne à clapet (12) pour la régulation du débit.

### - Installation avec cloche d'aspiration

Ce genre d'installation assure une haute protection contre le sable et permet, en plus, de gagner une hauteur dans le niveau minimum qui équivaut à la longueur du moteur de l'électropompe.

- Protection contre le sable

Il faut d'abord que la pompe soit placée ~~not~~ au centre du puits, notamment si ce dernier n'apas de tubes, à l'objet d'éviter la proximité des parois . Il faut aussi munir l'électropompe d'un clapet de pied avec crépine .

VIII)- STATION DE RELEVEMENT

La station de relevement sera équipée d'une pompe à axe horizontal.

Données:  $Q = 686,875 \text{ m}^3/\text{h}$  ;  $H_{mt} = 195 \text{ m}$

Du catalogue JEMMONT SHNEIDER des pompes à axe horizontal, nous déterminons la pompe repondant aux caractéristiques ci-dessus soit:

Type ..... Pompe BD 300.250.360  
 Rendement ..... 81,5 %  
 Roue initiale ..... 330 mm  
 Vitesse de rotation ... 1470 tr/min

a)- Caractéristique de la Conduite

D'apres DARCY-WEISBACH  $J = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{V^2}{2.g}$  gradient de perte de charge avec  $\lambda$  calculer par la relation de

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2.\log\left(\frac{\epsilon}{3,7.D} + \frac{2,51}{IR_e \sqrt{\lambda}}\right)$$

$$IR_e = \frac{V.D}{\nu} \quad ; \quad J = \frac{\lambda}{2g.D} \left\{ \frac{4.Q}{\pi.D^2} \right\}^2 \quad ; \quad \Delta H = J.L$$

$$\Delta H = \frac{8.\lambda.L}{\pi^2.g.D^5} = R.Q^2 \quad ; \quad R = \frac{8.\lambda.L}{\pi^2.g.D^5} = \text{resistance de la conduite}$$

$L = 28 \text{ m}$  ;  $D = 500 \text{ mm}$  ;  $\epsilon = 0,4 \text{ mm}$



Q m <sup>3</sup> /h	100	200	300	400	500	600	700	800	900
V m/s	0,141	0,282	0,424	0,565	0,707	0,848	0,990	1,131	1,273
J 10 <sup>-4</sup>	0,19	0,77	1,73	3,08	4,8	6,9	9,4	12,3	15,3
$\Delta H 10^{-3}$ <sub>m</sub>	0,53	2,1	4,85	8,64	13,5	19,0	26,4	34,5	43,7
H m	19,500	19,502	19,504	19,508	19,513	19,519	19,524	19,534	19,543

### b)- Point de Fonctionnement

La courbe caractéristique de la conduite de refoulement et celle de la pompe se coupe en un point P' appelé point de fonctionnement.

Le point P' :  $Q' = 845 \text{ m}^3/\text{h}$  ;  $H'_{mt} = 19,60 \text{ m}$

Vue qu'il existe un décalage entre le point de fonctionnement désiré et celui trouvé graphiquement, on doit étudier les cas possible pour préserver le point P.

#### 1<sup>er</sup> solution

Elle consiste à garder le point P', tout en diminuant le temps de pompage.

Le volume d'eau entrant dans le réservoir pendant 24<sup>h</sup>;

$$V = 16485 \text{ m}^3$$

Le nouveau temps de pompage sera :  $T = \frac{16485}{845} = 19,5^h$

La puissance absorbée par la pompe sera :

$$W_p = \frac{9,81 \cdot Q' \cdot H'}{n'} \text{ (KW)} ; n' = 80 \%$$

$$W_p = 56,48 \text{ KW}$$



### 2<sup>ième</sup> solution

On fait un vannage au niveau de la conduite de refoulement de manière à créer une perte de charge  $P''P$  tout en gardant un rendement satisfaisant,

$$P''P = 25 - 19,5 = 5,5 \text{ m}$$

$$\text{Le point } P'' : Q'' = 686,875 \text{ m}^3/\text{h} ; H'' = 25 \text{ m}$$

La puissance absorbée par la pompe sera :

$$W_p = 57,41 \text{ KW} \quad \text{avec } n'' = 81,5 \%$$

### 3<sup>ième</sup> solution

Rognage de la roue de la pompe de façon à abaisser la courbe ( $Q-H$ ) au point désiré  $P$ . Pour cela on trace la droite passant par l'origine  $O$ , et le point  $P$  avec la courbe caractéristique de la pompe ce qui nous donne le point  $P'''$ .

$$\text{Le point } P''' : Q''' = 825 \text{ m}^3/\text{h} ; H''' = 20,3 \text{ m}$$

D'après les lois de la similitude on a la relation:

$$\frac{Q'''}{Q} = \frac{H'''}{H} = \frac{1}{m^2} = \frac{825}{686,875} = 1,20103 \rightarrow m = 0,91$$

Le pourcentage de rognage sera :  $1 - 0,91 = 0,09$   
soit 9 %.

$$\text{Le diamètre de la roue après rognage: } d = 0,91 \cdot 330 \\ d = 300,3 \text{ mm}$$

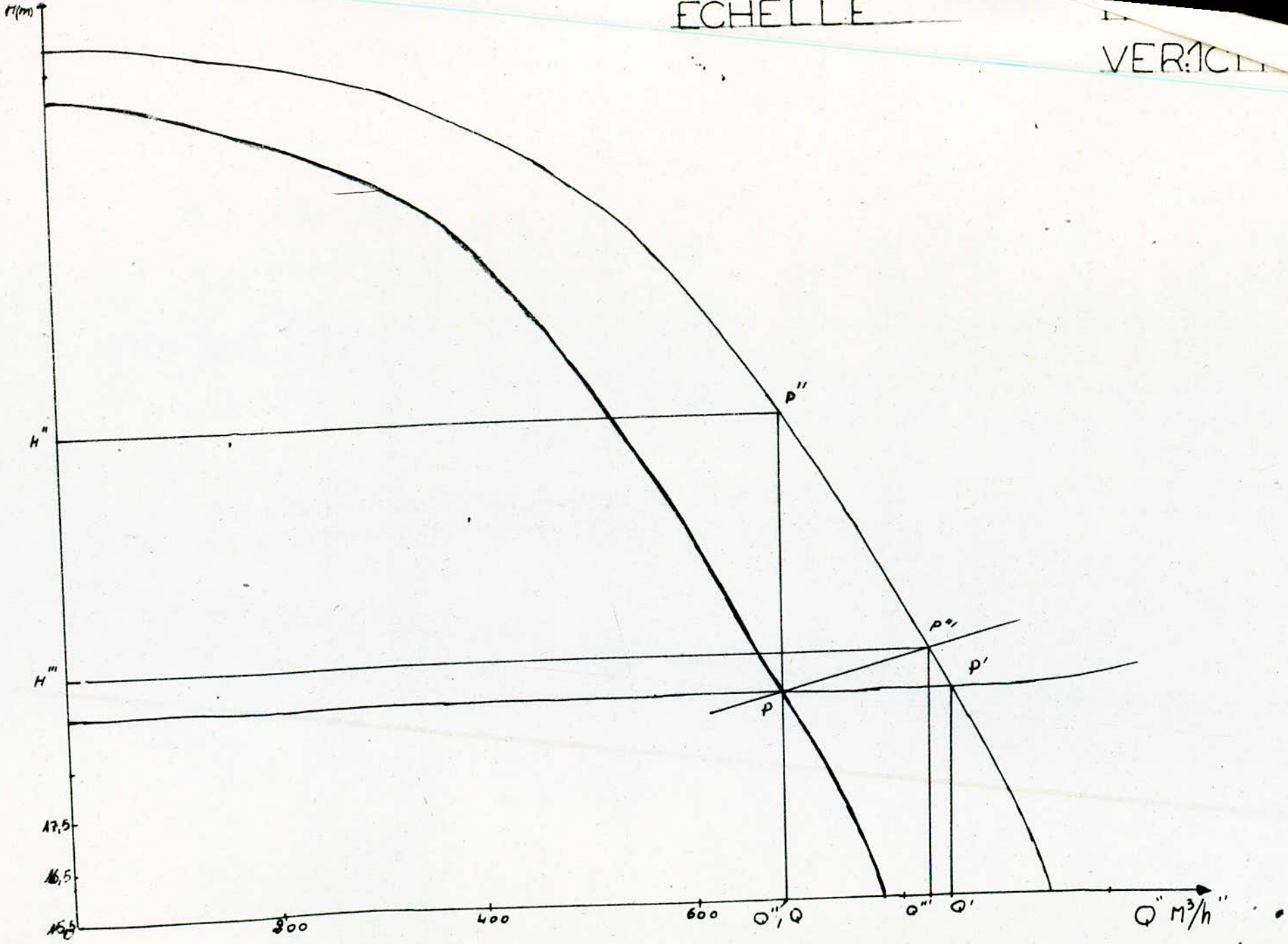
La puissance de la pompe sera absorbée:

$$W_p = 44,782 \text{ KW} \quad \text{avec } n = 81,5 \%$$

On comparant les trois variantes, on constate que la troisième solution, c'est-à-dire rognage de la roue est la plus économique, vu que la puissance absorbée est la plus faible.

ECHELLE

VERTICALE





## PHENOMENE DE CAVITATION

Lorsque dans un circuit hydraulique la pression se trouve au-dessous d'une certaine valeur, généralement voisine de la tension de vapeur du liquide, il se forme des bulles et de poches de vapeur et d'air qui, dans les zones de pression plus élevées, peuvent se refermer brutalement en occasionnant du bruit, des vibrations, une érosion des matériaux et une détérioration des caractéristiques hydrauliques. Ce phénomène se produit généralement à l'aspiration des pompes. La baisse de pression qui se produit peut être due :

- à l'élevation géométrique au dessus du niveau libre de l'eau à l'aspiration de la pompe.
- aux pertes de charges dans la tuyerie d'aspiration.
- à l'énergie cinétique de l'eau, mise en mouvement, particulièrement importante dans la roue de la pompe.

Dans le but d'éviter la cavitation à l'intérieur de la pompe on doit respecter les mesures suivantes:

- On doit augmenter la pression du gaz dans le réservoir d'aspiration de la pompe.
- Juste avant le rotor principale, sur le même arbre que se dernier, on installe un rotor éllécoïdale qui augmente la pression et crée la rotation du courant. Cette rotation entraîne une certaine diminution de la vitesse; ce qui a aussi pour effet d'améliorer les conditions de fonctionnement du rotor principal. Le rotor auxiliaire est capable de supprimer complètement la cavitation à l'entrée du rotor principale de la pompe, mais comme sa vitesse de rotation et son débit sont les mêmes que pour se dernier, il peut lui



même être le siège de la cavitation . C'est pourquoi le dispositif le plus rationnel sera celui pour lequel la vitesse de rotation du rotor auxilliaire sera inferieur à celle du rotor principale .

- REMARQUE/ - On prévoit pour chaque forage un groupe identique en secours.  
- de même pour la station de relevement

## C H A P I T R E

### AUTOMATISATION

Pour avoir un bon fonctionnement rationnel et économique des pompes, il importe d'automatiser la marche et l'exploitation d'ou la nécessité de realisers:

- L'arrêt du pompage quand le reservoir est plein.
- L'arrêt du pompage lorsque le plan d'aspiration s'abaisse anormalement dans le reservoir d'accumulation .
- La reprise du pompage des que les conditions ~~et~~ d'aspiration redeviennent normales où des que le plan d'eau dans le reservoir s'abaisse au dessous d'un certain niveau.

Pour que ces opérations puissent s'effectuer dans le minimum de temps et avec le minimum de surveillances, il est donc indispensables de les rendre automatique .

#### - Liaison aspiration-moteur

Le systeme est basé sur la conductibilité de l'eau, ce dernier comporte une électrode sur chacun des niveaux limites haut et bas du reservoir .

Ces électrodes sont relievées à un relais qui s'encleuchera que si les électrodes sont immergées et qui ne se déclenche que si ces électrodes sont hors de l'eau.

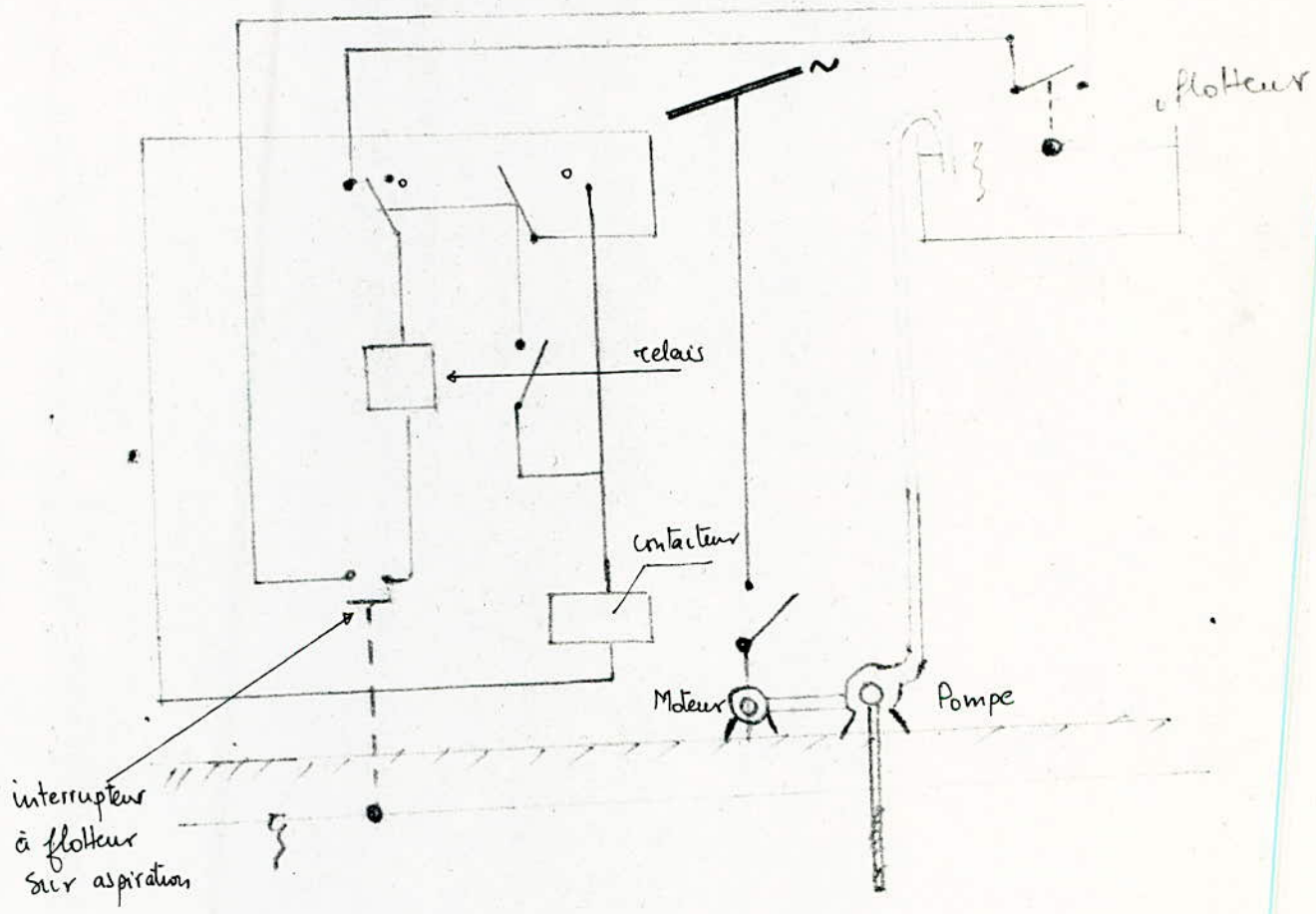
Lorsque l'eau, montant dans le reservoir vient recouvrir l'électrode supérieure ( trop-plein ) à ce moment le circuit est fermé. Lorsque l'eau redescend et découvre l'électrode inférieure le circuit s'ouvre et le reservoir se remplit de nouveaux.

-2- Liaison moteur-reservoir

Cette liaison est assurée par un capteur a flotteur installe à la partie haute du reservoir.

Il est relie par un cable au contacteur du moteur qui s'enclencherai pour un niveau d'eau inferieurs et se declenche pour un niveau superieur

COMMANDE PAR LIGNE PILOTE





## C H A P I T R E

### PROTECTION DES CONDUITES

#### I- Protection des conduites contre le coup de bélier

##### 1- Phénomène du coup de bélier

Le coup de bélier est une onde de pression positive ou négative, provoquée par variation du régime hydraulique et se propageant dans le milieu constitué par l'eau et la conduite qui la contient, engendre des déformations élastiques de la conduite et du liquide lors de:

- Fermeture instantanée, rapide ou lente, du robinet-vanne placé au bout de la conduite d'adduction.
- Arrêt brusque d'un ou de plusieurs groupes électro-pompes alimentant une conduite de refoulement débitant sur un réservoir.

Le coup de bélier dont la brutalité est susceptible d'entraîner la rupture des tuyaux, peut atteindre des valeurs très élevées.

##### 2- Analyse physique du coup de bélier

Nous donnons une analyse physique en se plaçant dans le cas d'une conduite refoulant un débit  $Q_0$  se trouve brusquement arrêté à la suite d'une disjonction d'un électro-pompes.

Nous admettons une élasticité de la conduite et une compressibilité de l'eau, supposons une tranche liquide constituée de tranches infiniment rapprochées, lorsque l'arrêt brusque et instantané survient, quatre phases peuvent être envisagées:

1<sup>ère</sup> Phase: par suite de son inertie, la colonne va poursuivre son chemin ascendant mais n'étant plus alimentée, il va en résulte, derrière elle, une dépression, l'eau se déprime. Chaque tranche considérée de la conduite se contracte successivement par diminution élastique du diamètre. Une onde de dépression prend naissance au départ de la pompe



et le réservoir, à une célérité ( $a$ ), si la distance entre la pompe et le réservoir est  $L$ , le temps mis par cette onde pour atteindre le réservoir est  $t=L/a$ . Au bout de ce temps la conduite est en dépression sur toute sa longueur, l'eau est alors immobile.

2<sup>ème</sup> phase: par suite de son élasticité, la conduite reprend son diamètre primitif, cela de proche en proche, en considérant les tranches successives à partir du réservoir, l'eau revient alors dans la conduite, au bout d'un nouveau temps  $L/a$ , c'est à dire à  $2L/a$  depuis l'origine du phénomène, toute l'eau est redescendu, mais va se retrouver arrêté par le clapet de la pompe, qui entre temps s'était fermée.

3<sup>ème</sup> phase: en raison de cet arrêt, la première tranche en contact avec le clapet va se trouver comprimée entraînant une dilatation de la conduite, les tranches qui suivent vont subir le même sort avec les mêmes conséquences pour la conduite, l'onde de la pression gagnant de proche en proche dans le sens pompe-réservoir, toute la canalisation au bout d'un temps  $L/a$ , c'est-à-dire  $3L/a$  depuis l'origine, toute la conduite sera dilatée, avec une eau surpressée, immobile.

4<sup>ème</sup> phase: grâce à l'élasticité de la conduite, celle-ci agissant à la manière d'un ressort, reprend, de proche en proche, à partir du réservoir et en allant vers la pompe, son diamètre primitif, les tranches d'eau successives reprenant leurs dimensions premières. Au bout d'un nouveau temps  $L/a$ , c'est-à-dire  $4L/a$  depuis l'origine, nous nous retrouverons dans la même situation qu'au moment de l'arrêt brusque de la pompe.

Le phénomène se reproduirait indéfiniment (phénomène oscillatoire) s'il n'était pas freiné, amorti, par les pertes de charge résultant du frottement de l'eau dans la conduite.

.../...

Ce phénomène, pour le cas d'une conduite de refoulement, est donc caractérisé, tout d'abord par une dépression, puis par une surpression. L'analyse du phénomène, dans le cas d'un arrêt brusque d'un écoulement dans une conduite d'adduction en provenance d'un réservoir est exactement la même sauf, toutefois, qu'il commence par une surpression, puis s'active par une dépression.

Dans l'un comme dans l'autre cas, le coup de belier est maximal à la pompe (conduite de refoulement) ou au robinet d'arrêt (conduite d'adduction) et nul à l'autre extrémité.

### 3-MOYEN DE PROTECTION CONTRE LE COUP DE BELIER

Il n'est pas possible de supprimer totalement l'effet du coup de belier mais, on arrive à limiter les variations de pressions à une valeur compatible avec la résistance des installations. Les moyens destinés à l'éviter sont très nombreux, nous indiquons quelques uns des plus utilisés:

- Soupape de décharge:

Est un organe qui s'ouvre, et laisse donc passer un certain débit, dès que la pression dépasse une valeur prédéterminée (protection contre les surpressions).

- Volant d'inertie:

Le volant d'inertie, calé sur l'arbre du groupe, il accumule l'énergie pendant la marche normale de la pompe. Au moment de la disjonction cette énergie est restituée, permet ainsi d'allonger le temps d'arrêt de l'ensemble, donc de diminuer l'intensité du coup de belier (protection contre les dépressions).

- Réservoir d'air:

Il protège les installations aussi contre les surpressions que contre les dépressions. Au moment de l'arrêt

.../...



du moteur, le reservoir injecte de l'eau dans la conduite en cas de dépression et recevra l'eau en cas de surpression.

-Chemine d'équilibre:

Peut limiter les dépression ainsi que les surpression on ne peut l'établir économiquement que pour les hauteur geometriques très faible .

Pour notre cas, nous avons à étudier la protection contre le coup de belier des conduites de refoulement des autres forages aux reservoirs.

#### 4-LES RESERVOIRS D'AIR

ON a utilise dans <sup>notre</sup>cas l'installation d'un reservoir d'air pour eviter le coup de belier.

##### 1-Principe

L'alimentation continue de la veine liquide apres disjonction du groupe peut être effectué à l'aide d'une reserve d'eau accumulées sous pression dans une capacité metallique disposé à la station de de pompage et raccordée au refoulement immédiatement à l'aval du clapet cette capacité contient de l'eau et de l'air; en marche normale, la pression de cet air equilibre la pression dans la conduite au point considéré.

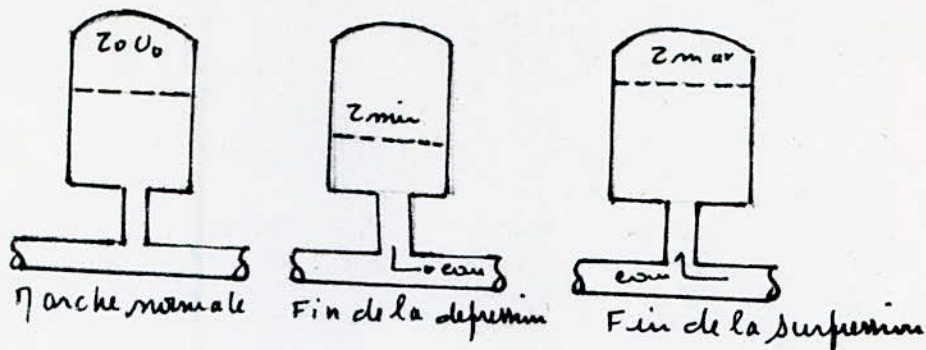
A la disjonction, le clapet se ferme, puisque la pompe ne fournit plus de pression; une partie de l'eau de la cloche est chassée dans la conduite.

En effet, à ce moment, la pression de l'air de la cloche est encore supérieure à celle qui s'exerce à l'autre extrémité de la conduite, au reservoir.

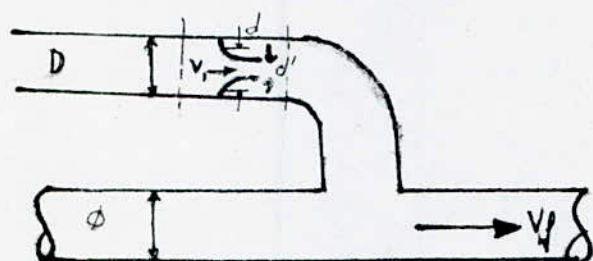
Après diminution progressive, puis annulation de sa vitesse, l'eau de la conduite revient et remonte dans la cloche, augmentant ainsi la pression dans la conduite de refoulement.

La dissipation de l'énergie de l'eau peut-être obtenue par le passage de celle-ci au travers d'un organe d'étranglement disposé à la base de la cloche.

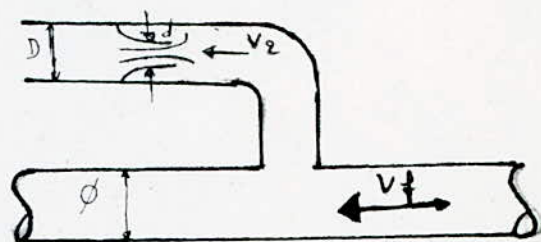
.../...



*L'eau du réservoir se dirige vers la conduite*



*L'eau de la conduite revient dans le réservoir*



## 2-Calcul Du Resrevoir d'air

### A) Arrêt Brusque

Le calcul permet de déterminer les valeurs de la surpression et de la dépression, maximale dans la conduite et le volume du réservoir d'air. Les caractéristiques du réservoir d'air (volume  $U_0$  en regime normale et de son dispositif d'etranglement) sont fixées.

c'est la methode graphique de Bergeron que le volume d'air sera déterminé. Mais cette methode quoi qu'elle est la plus recommandée donne des resultats approximatifs. Dans les cas complexes, elle exige la mise en œuvre de calcul sur ordinateur.

La methode, consiste à déterminer par tâtonnement, les vitesses de l'eau dans la conduite au niveau du réservoir d'air pendant les oscillation.

~~Les methodes, consistent à déterminer~~

.../...



Le principe de calcul de cette methode ainsi que les differents etapes à suivre, et le suivant:

En partant d'un volume initial arbitraire du reservoir d'air, et en utilisant la valeur choisie arbitrairement pour la vitesse final de l'eau dans l'interval de temps considéré, il est calculé successivement, à la fin de cet intervalle.

La pression dans le reservoir, puis celle en aval du diaphragme fictif representatif des pertes de charge dans la conduite. Une pression dans la conduite est ainsi trouvée. ON verifie alors, en menant une horizontale passant par la valeur de cette pression finale, que cette droite coupe bien  $a/gS$  au droit de  $V_f$ , sinon les pressions calculées seront recommencées avec une autre valeur de  $V_f$ .

Pour les differents calculs il est recommandé de dresser un tableau constituer des element suivant:

- Les temps se suivent selon des valeurs  $\theta = 2L/a$
- L'augmentation  $\Delta U$  du volume d'air du reservoir d'air (quand l'eau monte dans la conduite) ou sa diminution (quand l'eau redescend) est exprimé par le volume correspondant de l'eau que ce reservoir écoule vers la conduite ou reçoit de la conduite au cours du regime transitoire. Ce n'est autre que le volume d'eau qui circule dans la conduite de refoulement de section  $S$  pendant le temps  $\theta$  et avec une vitesse moyenne arithmetique des vitesses au debut et à la fin  $\theta$ .

$$\Delta U = S \cdot \theta \cdot v_{mi}$$

$$v_{mi} = \frac{v_{i-1} + v_{fi}}{2}$$

En premier temps d'ecoulement on prend  $v_m = \frac{v_0 + v_{f1}}{2}$

.../...

Il faut faire attention aux vitesses negatives lorsque l'eau revient vers le reservoir d'air.

-Le volume d'air du reservoir sera egal , à la fin du premier intervalle  $\theta$  au volume d'air choisi  $U_0$  au depart, augmenté de la quantité trouvée à la colonne précédente.

~~X kx kxx~~

Pour les autres intervalles, les volumes s'ajoutent quand l'eau monte, puis se retranchent quand l'eau redescend.

-La nouvelle pression dans le reservoir d'air sera exprimée en admettant que la detente du fluide s'effectue conformement à la loi de POISSON  $\gamma$

$$Z = \frac{(Z_0 + \xi_0) \cdot U_0^{1.4}}{U^{1.4}}$$

avec:

Z: pression dans le reservoir d'air  $\gamma$

$Z_0$ : étant la pression absolue exprimée en mètre d'eau (si on neglige la hauteur d'eau dans le reservoir d'air au dessus de l'axe de la conduite).  $Z_0 = H_0 + 10$

$\xi_0$ : perte de charge dans la conduite en marche normale.

U: volume d'air dans le reservoir à la fin de l'intervalle .

$U_0$ : volume d'air initial choisi arbitrairement.

-on évaluera, à la montée de l'eau, la valeur  $V_1$  de la vitesse de l'eau dans cette tuyère en fonction de la vitesse finale  $V_f$  de l'eau dans la conduite pour l'intervalle de temps considere.

On evaluerait de même la vitesse  $V_2$  dans cette tuyère à la descente de l'eau.

A la montée de l'eau, la tuyère ayant un coefficient de debit de l'ordre de 0.92, le rapport des vitesses  $V_1/V_f$  est égal au rapport inverse des carrées des diametres.

.../...



$$\frac{v_1}{V_f} = \frac{\phi^2}{d'^2} = \frac{\phi^2}{(0.92 d)^2} = K$$

d sera choisi pour que  $15 < K < 20$

La perte de charge  $\Delta h_1$  à la montée de l'eau s'évalue en fonction du rapport m des section de la veine contractée (diametre d') et de la tubulure (diametre D) qui se détermine à l'aide d'une abaque .

$$\Delta h_1 = \frac{C}{2g} v_1^2$$

A la descente de l'eau; la tuyère agit comme un ajutage rentrant de BORDA avec un coefficient de contraction de 0.5, comme ci-dessus, le rapport des vitesses  $v_2/V_f$  de l'eau dans la tuyère et dans la conduite est égale au rapport inverse, des sections.

$$\frac{v_2}{V_f} = \frac{\frac{\pi \phi^2}{4}}{\frac{0.5 \pi d^2}{4}} = 2 \frac{\phi^2}{d^2}$$

La perte de charge  $\Delta h_2$  à la descente de l'eau s'évalue en fonction du nouveau rapport m des sections de la veine contractée de section ~~xxx~~  $\frac{1\phi}{2} \frac{d^2}{4}$ , et de la tubulure

de diametre D.

Il suffit de lire sur l'abaque le nouveau coefficient c' ~~xxxx~~ ~~xxxxxxx~~ et on a :

$$\Delta h_2 = \frac{C' v_2^2}{2g}$$

- Des ces calculs ci-dessus, la pression absolue dans la conduite se deduit:

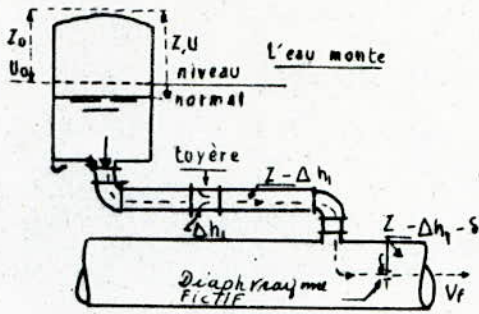
.en faisant la difference  $Z - \Delta h_1$  quand l'eau monte.

.../...

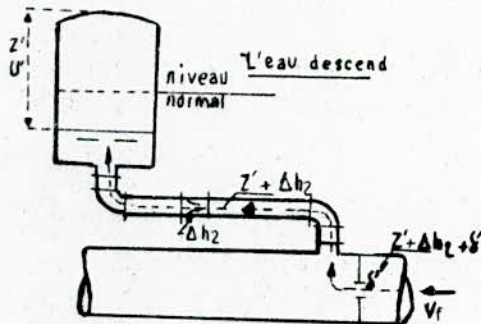
- .en faisant la somme  $Z'+\Delta h_2$  quand l'eau descend .
- On cherche, sur la ~~parabole~~ des pertes de charge dans la conduite, la valeur  $\delta$  pour la vitesse finale  $V_f$  considérée.
- La pression finale absolue dans la conduite, en aval du diaphragme fictif des pertes de charge s'obtient:
  - .en faisant  $Z-\Delta h_1-\delta$  quand l'eau monte .
  - . en faisant  $Z'-\Delta h_2+\delta$  quand l'eau descend.
- C'est par cette valeur de la pression finale que sera menés l'horizontale qui recoupera la droite  $+ \Delta/gS$  en un point qui devra correspondre à la vitesse  $V_f$  fixée au départ.

.../...

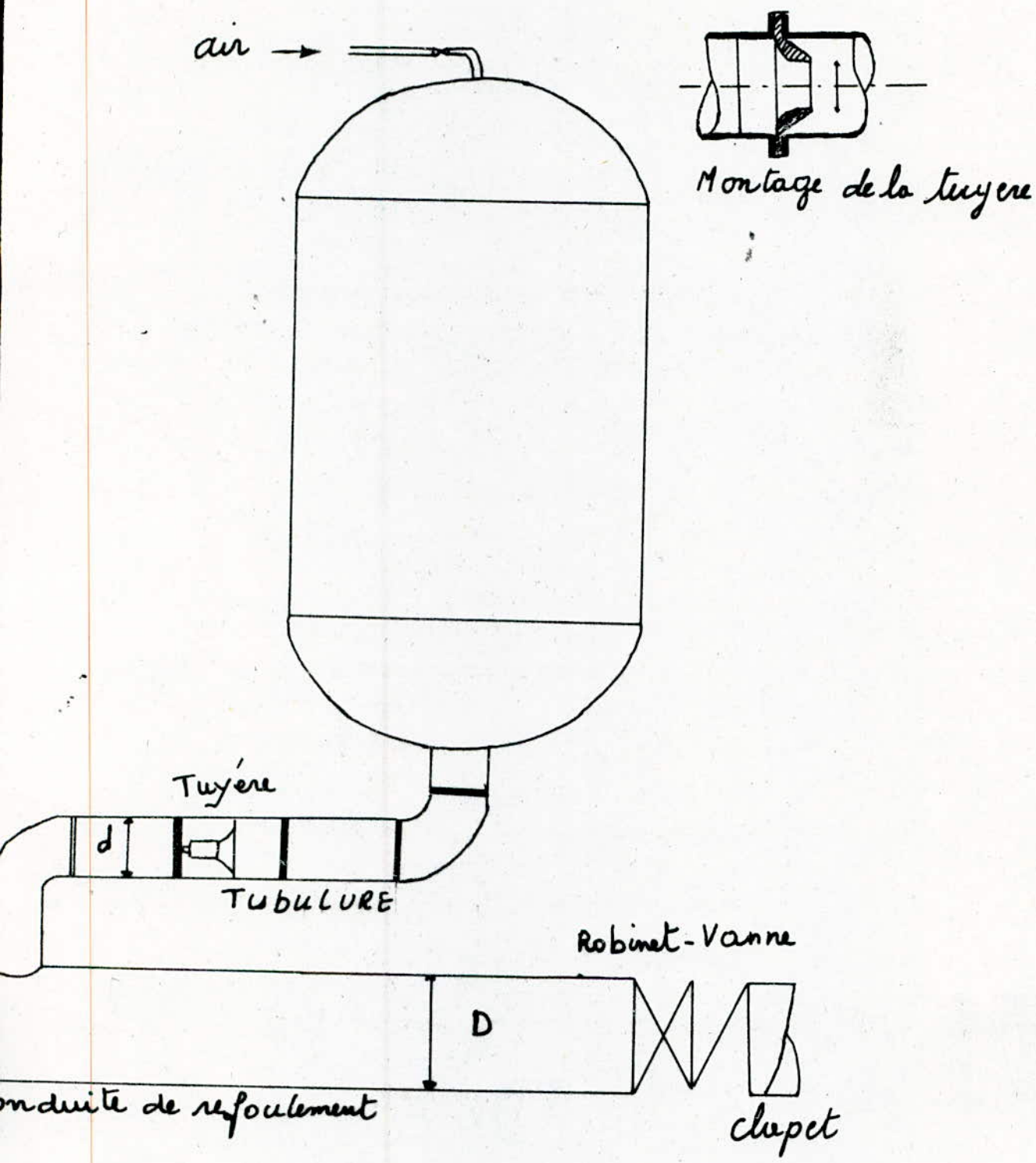




ertes de charge successives à la montée de l'eau dans la conduite

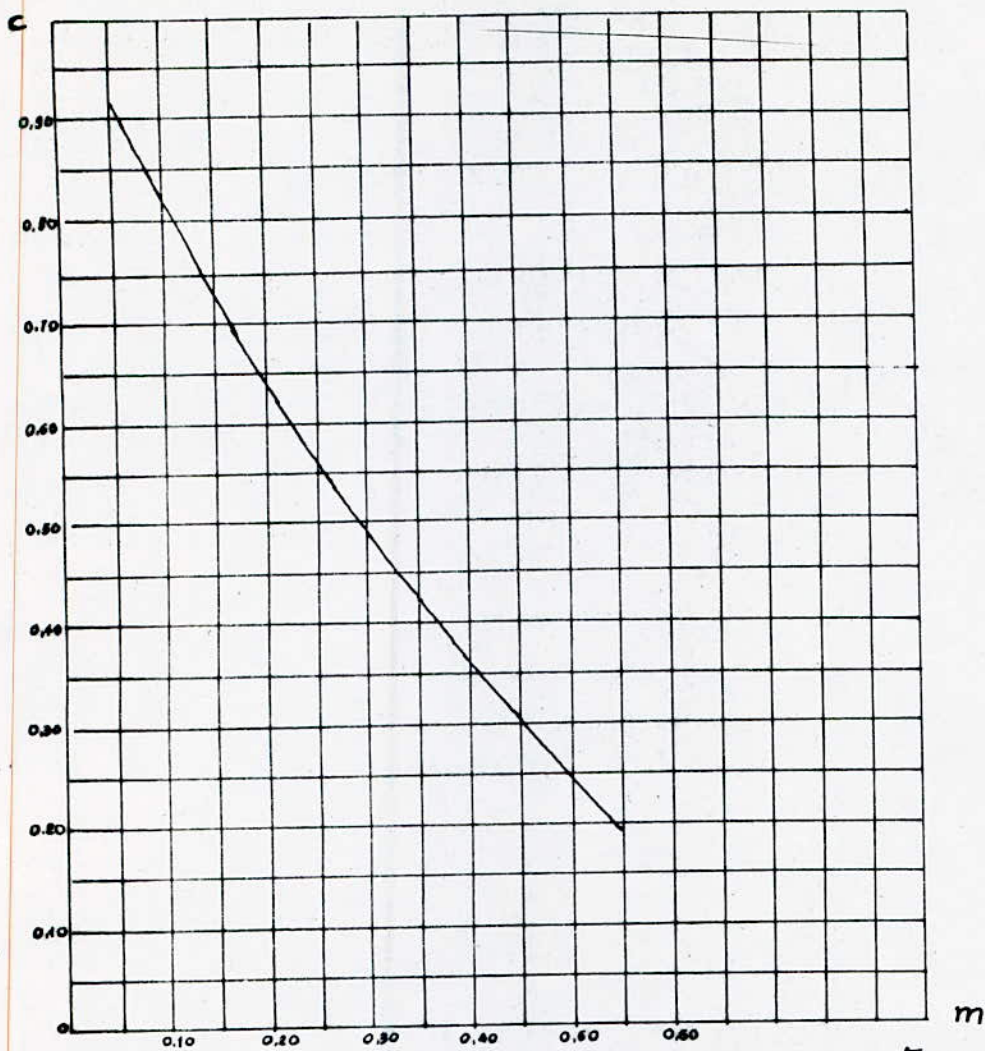


ertes de charge successives à la descente de l'eau dans le réservoir



SCHEMA D'UN RESERVOIRE D'AIR





Coefficient de perte de charge  $c$  dans une tuyère

## Application Numerique

## -TRONÇON BEHAMID-RESERVOIR

Données:  $Q=0.0222 \text{ m}^3/\text{s}$  ;  $\xi=6 \text{ mm}$   
 $D=200 \text{ mm}$  ;  $L=1150 \text{ m}$   
 $\Delta H_0=3.61106$  ;  $V_0=0.7 \text{ m/s}$   
 $H_0=8,5 \text{ m}$  ;  $K=4,4$

. Valeur de la celerité  $a = \sqrt{\frac{9900}{48,5 + \frac{KD}{e}}} = 709,0143$   $a=709,0143 \text{ m/s}$

. Temps d'aller et retour de l'onde

$$\theta = \frac{2L}{a} \quad \theta = 3,24 \text{ s}$$

. Maximum du coup de belibe

$$h_{\max} = B + \frac{aV_0}{g} = 50,592 \text{ m} \quad h_{\max} = 50,592 \text{ m}$$

. cas de surpression

$$H_g + B = 28,5 + 50,592 = 79,092 \text{ m}$$

. cas de dépression

$$H_g - B = 28,5 - 50,592 = -22,092 \text{ m}$$

. perte de charge au niveau de la tuyère

. Montée de l'eau

Dans ce cas on a la valeur de la vitesse  $V_1$  en fonction de la vitesse finale  $V_f$ .

Dans la tuyère le coefficient de debit est de 0.92

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{D^2}{d^2} = \frac{D^2}{(0,92 d)^2}$$

$d$ : sera choisi pour que  $K$  reste compris entre 15 et 20

Si on prend  $d=50 \text{ mm}$   $\rightarrow V_1=18,90 V_f$

Les pertes de charge seront:

$$\Delta h_1 = \frac{cV_1^2}{2g}$$

$$m = \frac{d^2}{D^2} = \frac{(0,92d)^2}{\left(\frac{D}{2}\right)^2} \rightarrow m=0,2116 \Rightarrow C=0,64$$

$$\Delta h_1 = 0,0326 V_1^2$$

.../...



15

. DESCENTE DE L'EAU

La vitesse  $V_2$  dans la tuyère en fonction de la vitesse finale  $V_f$  est,

$$\frac{V_2}{V_f} = \frac{D^2}{C_d^2}$$

C: coefficient de contraction.

La tuyère fonctionne, comme un ajutage rentrant de BORDA

$$C=0,5 \quad V_2 = 32 V_f$$

Les pertes de charge seront:

$$h_2 = \frac{C'}{2g} V_2^2 \quad m' = 0,5 \frac{d^2}{D_t^2} = 0,5 \frac{d^2}{\left(\frac{D}{2}\right)^2} = 0,125$$

$$m' = 0,125 \quad C' = 0,80$$

$$\Delta h_2 = \frac{C' V_2^2}{2g} \rightarrow \Delta h_2 = 0,0407 V_2^2$$

.Perte de charge dans la conduite de refoulement

$$\Delta h = \frac{\lambda l}{D} \frac{V^2}{2g}$$

$$\text{ON a } \lambda = \frac{D_0 h_0}{1 V_0^2} \frac{2g}{2g} = \frac{0,2 \cdot 3,61106 \cdot 2 \cdot 9,81}{1150 \cdot (0,70)^2} = 0,02514$$

$$\Delta h = \frac{\lambda l}{D} \frac{V_f^2}{2g} \rightarrow \Delta h = 7,369 V_f^2$$

.Variation du volume d'air

$$\Delta U = S \cdot \theta; V_m \quad \theta = 3,24 \text{ s}$$

$$S = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = 0,031415 \text{ m}^2 \quad \Delta U = 0,1019 \text{ Wm}$$

.../...

-PRESSION DANS LE RESERVOIR D AIR

La pression dans le reservoir d'air est donné par

$$Z = \frac{Z_0 + \delta_0}{U^{1,4}} U_0^{1,4}$$

$$Z_0 = H_0 + 10 = 8,5 + 10 = 18,5 \text{ m}$$

$$Z_0 + \delta_0 = 18,5 + 3,61105 = 22,11106 \text{ m}$$

On prend  $U_0 = 1 \text{ m}^3$   
donc

$$Z = \frac{22,11106}{U^{1,4}}$$

-PRESSION DANS LA CONDUITE AVEC PERTE DE CHARGE

.Montée  $Z - \Delta h_1$

.Descente  $Z + \Delta h_2$

- Pression dans la conduite sans perte de charge

. montée  $Z - \Delta h_1 - \Delta h$

. descente  $Z + \Delta h_2 + \Delta h$

• DETERMINATION DE LA DROITE a/gS "Pente"

$$\frac{a}{gS} = \frac{709,014}{9,81 \cdot 0,031415} = 2300,57$$

comme  $\frac{b}{q} = \frac{a}{g \cdot S}$  avec b: échelle verticale (m)  
q: échelle horizontale ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

.échelle des pression

$$1 \text{ cm} = 5 \text{ m} \quad 2300,57 \text{ représente } 460,114$$

.échelle des vitesses

On transforme l'échelle des vitesses on échelle des

debts  $1 \text{ cm} = 0,05 \text{ m/s}$

$$q' = V \cdot S = 0,031415 \cdot 0,05 = 0,001570$$

$$1 \text{ m}^3/\text{s} \text{ représente } 636,6385 \quad q = 636,6385$$

on aura donc comme pente

$$\frac{a}{gS} = \frac{b}{q} = \text{tg} \alpha$$

$$\text{tg} \alpha = 0,7227 \quad \alpha = 35^\circ 85'$$

( RESULTAT FINALE ; VOIR TABLEAU DE CALCUL )

.../...



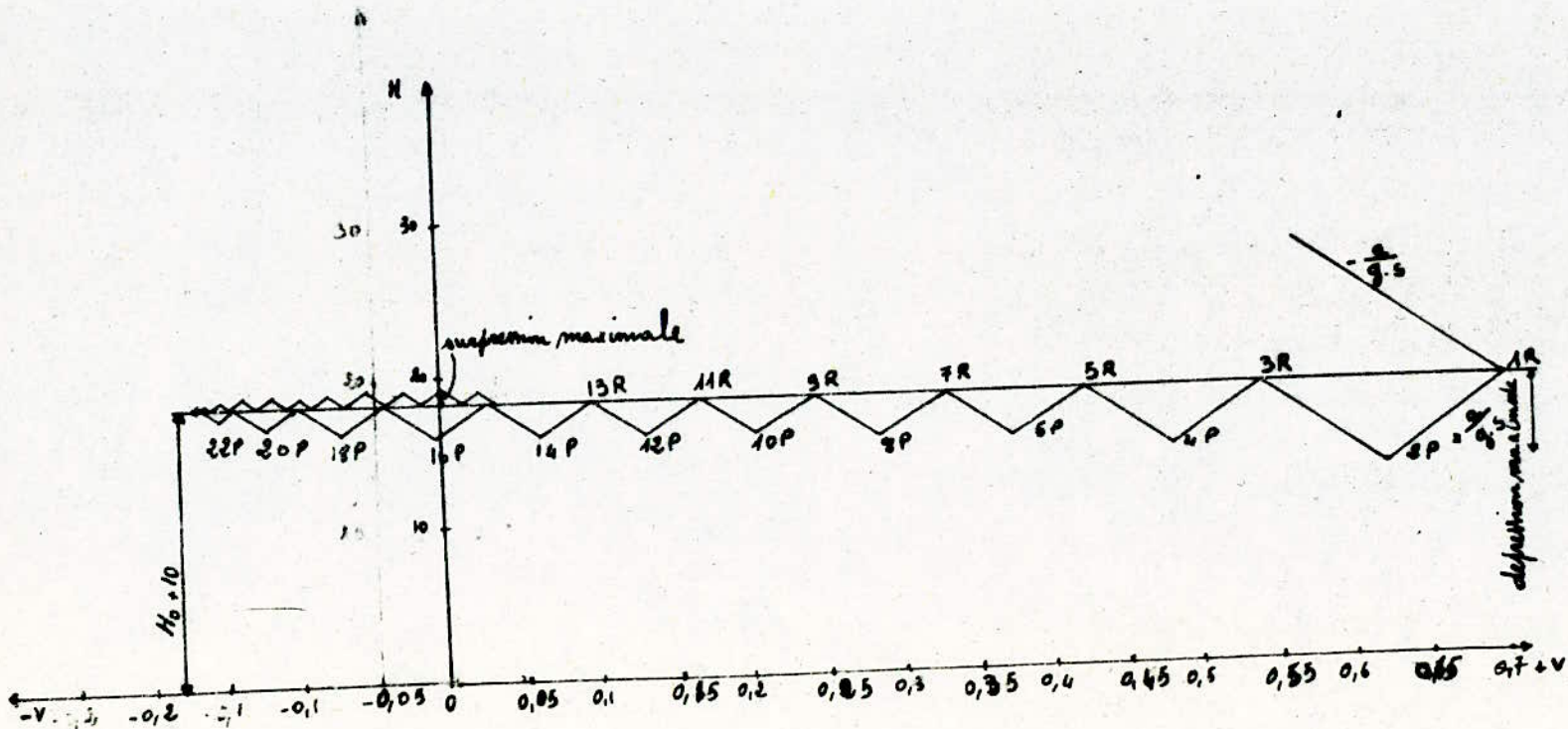
intervalle de temps	variation du Volume d'air $\Delta U = 0,1019 V_m$	volume d'air $U_0$ en $m^3$	pression dans le réservoir d'air $Z = \frac{22,11106}{U_{1,4}}$	vitesse dans la tubulure Montée $V_1 = 18,9 V_f$ descente $V_2 = 32 V_f$	Perte de charge dans la tubulure Montée $\Delta h_1 = 0,0326 V_1^2$ descente $\Delta h_2 = 0,0407 V_2^2$	Pression dans la conduite avec Perte de charge Montée $Z - \Delta h_1$ descente $Z + \Delta h_2$	Perte de charge de refoulement $\Delta h = 7,3695 V_f^2$	Pression dans la conduite sans Perte de charge Montée $Z - \Delta h_1 - \Delta h$ descente $Z + \Delta h_2 + \Delta h$	vitesse lue sur le graphique $V_f$	Designation du point	vitesse moyenne $V_m$	Vitesse finale choisie $V_f$
0		1	22,11106			22,11106	3,615865	16,55000	0,70	1R		
0	0,067254	1,067254	20,18527	11,718	4,47635	15,70892	2,83283	12,8760	0,62	2P	0,66	0,62
20	0,056045	1,123299	18,7895	9,072	2,68301	16,10651	1,69793	14,408	0,48	4P	0,55	0,48
30	0,04356	1,166861	17,8148	7,0875	1,63758	16,17728	1,03633	15,14094	0,375	6P	0,4275	0,375
40	0,033627	1,200488	17,12019	5,3865	0,94586	16,1743	0,59858	15,575	0,285	8P	0,33	0,285
50	0,02496	1,22549	16,63389	3,8745	0,4893	16,1445	0,3097	15,8348	0,205	10P	0,245	0,205
60	0,017068	1,24251	16,3149	2,457	0,19680	16,11814	0,1245	15,9936	0,13	12P	0,1675	0,13
70	0,00968	1,25219	16,13879	1,134	0,041922	16,0968	0,026	16,07032	0,06	14P	0,095	0,06
80	0,002547	1,25473	16,09294	0,189	0,001164	16,09178	0,000736	16,09104	-0,01	16P	0,025	-0,01
90	0,004267	1,25046	16,170014	-2,36	0,2266	16,3966	0,04008	16,436	-0,07375	18P	-0,041875	-0,0738
100	0,010062	1,240397	16,3540	-3,96	0,63824	16,9922	0,11285	17,1051	-0,12375	20P	-0,09875	-0,1235
110	0,01420	1,22619	16,6198	-4,96	1,001285	17,62110	0,17705	17,7981	-0,155	22P	-0,139375	-0,155
120	0,01655	1,209631	16,9392	-5,194	1,20445	18,1437	0,21297	18,3567	-0,17	24P	-0,1625	-0,17
130	0,017323	1,192308	17,2848	-5,44	1,20445	18,41893	0,212978	18,7022	-0,17	26P	-0,17	-0,17
140	0,017004	1,17530	17,63597	-5,24	1,1175	18,7535	0,19760	18,951	-0,16375	28P	-0,166875	-0,164
150	0,016176	1,159123	17,9815	-4,92	0,98520	18,9667	0,1742	19,1409	-0,15375	30P	-0,15875	-0,154
160	0,014839	1,14428	18,30896	-4,4	0,787952	19,0969	0,13932	19,23625	-0,1375	32P	-0,145625	-0,1375
170	0,0129922	1,13128	18,60403	-3,76	0,57540	19,17943	0,101745	19,28118	-0,1175	34P	-0,1275	-0,1175
180	0,0110816	1,120198	18,8623	-3,20	0,416768	19,27915	0,073695	19,3528	-0,10	36P	-0,10875	-0,10
190	0,009171	1,11101	19,0809	-2,56	0,26673	19,3476	0,04716	19,3948	-0,08	38P	-0,09	-0,08
200	0,006878	1,10413	19,24776	-1,76	0,12607	19,3738	0,02229	19,39612	-0,055	40P	-0,0675	-0,055
210	0,00433	1,099799	19,354	0,96	0,03750	19,39151	0,00663	19,39814	-0,030	42P	-0,0425	-0,030
220	0,001783	1,09800	19,3982	0,16	0,00104	19,39929	0,000184	19,39947	-0,005	44P	-0,0175	-0,005
230	0,000764	1,098764	19,3795	0,378	0,004658	19,3748	0,000296	19,37192	+0,02	46P	0,0075	+0,02



BEHAMID

BEHAMID-R

87





## CARATERISTIQUE FINALE DU RESERVOIR D'AIR

L'examen de la troisième colonne du tableau montre que l'air peut occuper un volume maximale de  $1,25473 \text{ m}^3$  environ, au point de débit nul. Comme il faut qu'à ce moment, il reste encore de l'eau dans le reservoir il sera prévu une cloche d'une capacité totale de  $1,50 \text{ m}^3$  dans laquelle l'air, en marche normale, n'occupera que  $1 \text{ m}^3$ .

-TRONCON AIN-EL-KHEIR - RESERVOIR

données:  $Q=0,0222 \text{ m}^3/\text{s}$  ;  $\epsilon=6 \text{ mm}$   
 $D= 200 \text{ mm}$  ;  $L =220 \text{ m}$   
 $\Delta H_{\text{tr}} 0,69081$  ;  $V_0= 0,70 \text{ m/s}$   
 $H_0= 6,5 \text{ m}$  ;  $K = 4,4$   
 $H_g= 26,5 \text{ m}$

pour se tronçon qui à les mêmes caractéristique que le précédent en " diamètre ,debit " on aura :

- valeur de la celerite:  $a=709,014 \text{ m/s}$
- temps d'aller et retour de l'onde:

$$\theta = \frac{2L}{a} \quad \theta = \frac{2 \cdot 220}{709,014} \quad \theta = 0,6205 \text{ s}$$

• maximum du coup de belier

$$h_{\text{max}} = B = \frac{a V_0}{g} = 50,592 \text{ m} \quad h_{\text{max}} = 50,592 \text{ m}$$

. cas de la surpression

$$H_g + B = 77,092 \text{ m}$$

. cas de la dépression

$$H_g - B = -24,092 \text{ m}$$

-Perte de charge au niveau de la tuyère

. Montée de l'eau  $V_1 = 18,9 \text{ Vf}$   
 $\Delta h_1 = 0,0326 \text{ V}^2$

. Descente de l'eau  $V_2 = 32 \text{ Vf}$   
 $\Delta h_2 = 0,0407 \text{ V}_2^2$

- Perte de charge dans la conduite de refoulement  
On a la relation qui donne les pertes de charge au niveau de la conduite de refoulement:

$$\Delta H = \frac{\lambda L V_f^2}{D \cdot 2g} \quad \lambda = \frac{D_0 \cdot H_0 \cdot 2g}{1 \cdot V_0^2}$$

$$\lambda = \frac{0,2 \cdot 0,69081 \cdot 2 \cdot 9,81}{220(0,70)^2} = 0,0251459$$

$$\Delta H = \frac{\lambda L}{D} \frac{V_f^2}{2g} \rightarrow \Delta H = 1,41 \cdot V_f^2$$

.../...



Présion dans le reservoir d'air  
 - Variation du volume d'air

On a la relation:

$$Z = \frac{Z_0 + \delta_0}{U^{1,4}} \cdot U_0^{1,4}$$

$$Z_0 = H_0 + 10 = 6,5 + 10 = 16,5 \text{ m}$$

$$Z_0 + \delta_0 = 16,5 + 0,69081 = 17,19081$$

$$U_0 = 1 \text{ m}^3$$

$$Z = \frac{17,19081}{U^{1,4}}$$

- Pression dans la conduite avec perte de charge

. Montée  $Z - \Delta h_1$

. Descente  $Z + \Delta h_2$

- Pression dans la conduite sans perte de charge

. Montée  $Z - \Delta h_1 - H$

. Descente  $Z + \Delta h_2 + H$

- Determination de la pente de la droite a/gS

$$\frac{a}{gS} = 2300,57$$

. echelle des pressions

$$1 \text{ cm} = 1 \text{ m} \quad 2300,57 \text{ represente } 2300,57$$

. echelle des vitesses

$$1 \text{ cm} = 0,05 \text{ m/s} \quad Q' = V.S = 0.031415.0,05 = 0,001570$$

$$1 \text{ m}^3/\text{s} \text{ represente } 636,6387$$

$$q = 636,6387$$

$$\frac{b}{q} = \frac{a}{gS} = \text{tg} \alpha \Rightarrow \text{tg} \alpha = 3,6136 \Rightarrow \alpha = 74,53'$$

- Variation ~~du~~ volume reservoir d'air

$$\Delta U = S \cdot \theta \cdot V_m \quad ; \quad \theta = 96205 \text{ s}$$

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = 0,03142 \text{ m}^2; \quad \Delta U = 0,0195 \cdot V_m$$



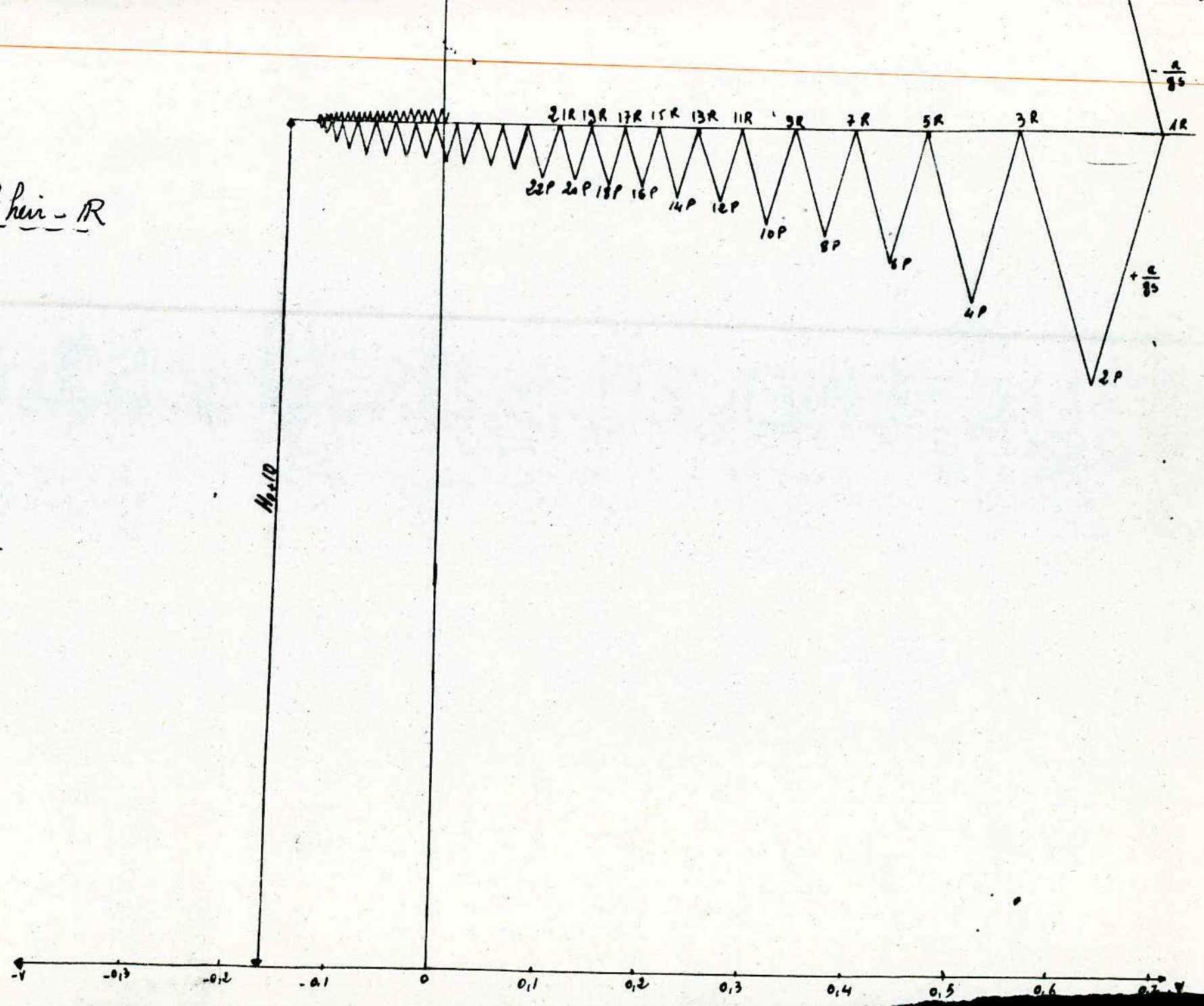
Intervalle de temps	variation du Volume d'air $\Delta U = 0,0195 \text{ Vm}$	volume d'air en $\text{m}^3$	Pression dans le réservoir d'air $Z = \frac{17,19081}{U^{1,2}}$	vitese dans la tubulure Montée $V_1 = 18,9 \text{ Vq}$ descente $V_2 = 3,2 \text{ Vq}$	Perte de charge dans la tuyerie Montée $\Delta h_1 = 0,0326 \text{ V}^2$ descente $\Delta h_2 = 0,0407 \text{ V}^2$	Pression dans la conduite avec Perte de charge Montée $Z - \Delta h_1$ descente $Z + \Delta h_2$	Perte de charge de refoulement $\Delta h = 1,44 \text{ Vq}^2$	Pression dans la conduite sans des Pertes de charge Montée $Z - \Delta h_1 - \Delta h$ descente $Z + \Delta h_2 + \Delta h$	vitese sur son le graphique $\text{Vq}$	Désignation du point	vitese moyenne $\text{Vm}$	Vitese finale choisie $\text{Vf}$
0		1	17,19081			17,19081	0,6909	16,49991	0,70	1R		
10	0,013	1,013	16,8829	11,9543	4,6587	12,2243	0,5641	11,6602	0,6325	2P	0,66625	0,6325
20	0,0112	1,0242	16,6251	9,7335	3,6886	13,5366	0,3740	13,1626	0,515	4P	0,57375	0,515
30	0,0093	1,0335	16,4166	8,2215	2,2035	14,2131	0,26681	13,9463	0,435	6P	0,475	0,435
40	0,00785	1,04135	16,2428	6,993	1,594	14,6486	0,19303	14,456	0,37	8P	0,4025	0,37
50	0,0067	1,04803	16,0981	5,9535	1,1555	14,943	0,1399	14,803	0,315	10P	0,3425	0,315
60	0,0057	1,05371	15,9767	5,0558	0,8333	15,143	0,1009	15,043	0,2675	12P	0,29125	0,2675
70	0,00483	1,0584	15,8748	4,2998	0,603	15,2721	0,073	15,20	0,2275	14P	0,2475	0,2275
80	0,0041	1,0625	15,7921	3,63825	0,4315	15,361	0,0522	15,308	0,1925	16P	0,21	0,1925
90	0,00344	1,06594	15,7207	3,024	0,2981	15,423	0,0361	15,387	0,16	18P	0,17625	0,16
100	0,00281	1,0687	15,663	2,4098	0,1893	15,474	0,023	15,451	0,1275	20P	0,14375	0,1275
110	0,0022	1,071	15,619	1,843	0,111	15,508	0,0134	15,495	0,0975	22P	0,1125	0,0975
120	0,0016	1,073	15,5835	1,323	0,0571	15,526	0,0069	15,520	0,07	24P	0,08375	0,07
130	0,00112	1,074	15,5533	0,8505	0,0236	15,5297	0,0029	15,527	0,045	26P	0,0575	0,045
140	0,000634	1,0746	15,5429	0,372	0,00466	15,5323	0,000564	15,538	0,020	28P	0,0325	0,020
150	0,00022	1,07481	15,53913	0,0473	0,00073	15,5391	0,000009	15,541	0,0025	30P	0,01125	0,0025
160	-0,000171	1,07465	15,5426	-0,64	0,0167	15,5592	0,000564	15,56	-0,02	32P	-0,0175	-0,02
170	-0,00054	1,0741	15,5534	-1,12	0,0511	15,6045	0,00173	15,61	-0,035	34P	-0,0275	-0,035
180	-0,00088	1,073	15,572	-1,76	0,1261	15,698	0,0043	15,702	-0,055	36P	-0,045	-0,055
190	-0,00127	1,07173	15,6018	-2,4	0,2344	15,8363	0,0079	15,8442	-0,075	38P	-0,065	-0,075
200	-0,00161	1,0701	15,6747	-2,88	0,3376	15,9723	0,0114	15,984	-0,09	40P	-0,0825	-0,09
210	-0,0019	1,0682	15,67413	-3,36	0,4595	16,1336	0,0155	16,1492	-0,105	42P	-0,0975	-0,105
220	-0,002121	1,0661	15,7178	-3,60	0,5275	16,2452	0,01785	16,2631	-0,1125	44P	-0,10875	-0,1125
230	-0,0023	1,0638	15,7643	-3,84	0,60015	16,3644	0,0203	16,3847	-0,12	46P	-0,11625	-0,12
240	-0,00236	1,0614	15,8146	-4,0	0,6212	16,4664	0,0222	16,50	-0,125	48P	-0,1225	-0,125



250	-0,0024	1,0589	15,8653	-3,92	0,6254	16,491	0,0212	16,513	-0,1225	50P	-0,12375	-0,1225
260	-0,00232	1,056	15,924	-3,795	0,59	16,515	0,0198	16,535	-0,115	52P	-0,11875	-0,115
270	-0,00219	1,053	15,983	-3,63	0,5403	16,52	0,01815	16,542	-0,11	54P	-0,1125	-0,11
280	-0,00209	1,050	16,05	-3,465	0,4923	16,54	0,0165	16,554	-0,105	56P	-0,1075	-0,105
290	-0,0020	1,048	16,107	-3,2	0,4465	16,554	0,015	16,57	-0,10	58P	-0,1025	-0,10
300	-0,00193	1,046	16,169	-3,218	0,425	16,5733	0,0143	16,60	-0,0975	60P	-0,09875	-0,0975
310	-0,00188	1,044	16,1911	-3,135	0,403	16,594	0,0135	16,61	-0,095	62P	-0,09625	-0,095
320	-0,00178	1,040	16,2802	-2,8875	0,342	16,623	0,0115	16,6344	-0,0875	64P	-0,09125	-0,0875
340	-0,00166	1,038	16,32	-2,723	0,304	16,6324	0,01021	16,6391	-0,0825	66P	-0,085	-0,0825
350	-0,0017	1,036	16,37	-2,558	0,2682	16,6373	0,009	16,65	-0,0775	68P	-0,08	-0,0775
360	-0,0014	1,034	16,413	-2,393	0,235	16,648	0,008	16,66	-0,0725	70P	-0,075	-0,0725
370	-0,00137	1,032	16,46	-2,228	0,204	16,660	0,00683	16,67	-0,0675	72P	-0,07	-0,0675
380	-0,00127	1,030	16,50	-2,063	0,1745	16,675	0,0059	16,681	-0,0625	74P	-0,065	-0,0625
390	-0,00115	1,028	16,55	-1,815	0,1351	16,6851	0,0045	16,69	-0,0550	76P	-0,05875	-0,0550
400	-0,00102	1,026	16,593	-1,650	0,1117	16,705	0,0034	16,701	-0,0500	78P	-0,0525	-0,0500
410	-0,000902	1,025	16,62	-1,483	0,081	16,706	0,00271	16,702	-0,0425	80P	-0,04625	-0,0425
420	-0,00076	1,024	16,64	-1,155	0,055	16,707	0,00184	16,704	-0,0350	82P	-0,03875	-0,0350
430	-0,00066	1,023	16,6611	-1,073	0,04721	16,708	0,00158	16,71	-0,0325	84P	-0,03375	-0,0325
440	-0,00054	1,022	16,684	-0,743	0,023	16,709	0,0076	16,714	-0,0225	86P	-0,0275	-0,0225
450	-0,00034	1,021	16,707	-0,4125	0,007	16,714	0,00234	16,72	-0,0125	88P	-0,0175	-0,0125
460	-0,00071	1,020	16,73	-0,165	0,0012	16,73112	0,00004	16,73116	-0,005	90P	-0,0175	-0,005
470	+0,02	1,040	16,723	+0,4725	0,0073	16,265	0,0009	16,2642	+0,025	92P	+0,01	+0,025

Ain-el-khair - R

93





## CARACTERISTIQUE FINALE DU RESERVOIR D'AIR

L'examen de la troisième colonne du tableau montre que l'air peut occuper un volume maximale de  $1,07482 \text{ m}^3$  environ, au point de débit nul. Comme il faut qu'a ce moment, il reste encore de l'eau dans le reservoir il sera prévu une cloche d'une capacité totale de  $1,20 \text{ m}^3$  dans laquelle l'air, en marche normale, n'occupera que  $1 \text{ m}^3$ .

-TRONCON MATMOURA-RESERVOIR

données:  $Q=0,0417 \text{ m}^3/\text{s}$  ;  $\xi = 6 \text{ mm}$   
 $D=250 \text{ mm}$  ;  $L= 180 \text{ m}$   
 ~~$\Delta H_0 = 6,3$~~  ;  $V_0=0,84 \text{ m/s}$   
 $H_0 = 6,3 \text{ m}$  ;  $K = 4,4$   
 $H_g=26 \text{ m}$  ;  $\Delta H_0 = 0,6114660$

-Valeur de la celerité

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K \frac{D}{e}}} \quad a=650,481 \text{ m/s}$$

-Temps d'aller et retour de l'onde

$$\theta = \frac{2L}{a} \quad \theta = 0,55$$

-Maximum du coup de bélier

$$h_{\text{max}} = B = \frac{aV_0}{g} = 55,6886 \text{ m}$$

- . Cas de surpression  $H_g + B = 26 + 55,6986 \text{ m}$
- . Cas de dépression  $H_g - B = 26 - 55,6986 = 29,6986 \text{ m}$

-Pertes de charge au niveau de la tuyère

. Montée de l'eau

Dans ce cas on a la valeur  $v_1$  en fonction de la vitesse finale  $V_f$ .

$$\frac{v_1}{V_f} = \frac{D^2}{(0,92 \cdot d)^2}$$

si on prend  $d=65 \text{ mm}$  la valeur de sera:

$$K=17,47 \quad 15 < K < 20$$

$$V_1 = K \cdot V_f \quad V_1 = 17,47 \cdot V_f$$

Les pertes de charge seront données par:

$$\Delta h_1 = \frac{c}{2g} \cdot v_1^2$$

$$m = \frac{d^2}{D_t^2} = \frac{(0,92 \cdot d)^2}{\left(\frac{D}{2}\right)^2} = 0,2288 \quad m=0,2288 \rightarrow c=0,63$$

$$\Delta h_1 = \frac{D^2}{2g} \cdot v_1^2 \rightarrow \Delta h_1 = 0,032 \cdot v_1^2$$



◆ Descente de l'eau

La vitesse  $V_2$  dans la tuyère en fonction de la vitesse finale sera:

$$\frac{V_2}{V_f} = \frac{D^2}{C \cdot d^2} \quad \begin{array}{l} C=0,5 \\ d=0,065 \\ D=250 \text{ mm} \end{array}$$

$$V_2 = 29,58 \cdot V_f$$

La relation qui donne les pertes de charge est:

$$\Delta h_2 = \frac{C' \cdot V_2^2}{2g} \quad m = C \frac{d^2}{D_t^2} = C \frac{d^2}{\left(\frac{D}{2}\right)^2} = 0,1352$$

$$m = 0,1352 \rightarrow C' = 0,79 \quad \Delta h_2 = \frac{C' \cdot V_2^2}{2g} \rightarrow \Delta h_2 = 0,04026 \cdot V_2^2$$

- Perte de charge dans la conduite de refoulement

$$\Delta H = \frac{\lambda l \cdot V_f^2}{D \cdot 2g} \quad ; \quad \lambda = \frac{D_o \cdot \Delta H_o \cdot 2g}{1 \cdot V_o^2} = \frac{0,25 \cdot 0,611 \cdot 2 \cdot 9,81}{180(0,84)^2}$$

$$\lambda = 0,02361 \quad \Delta H = \frac{\lambda l \cdot V_f^2}{D \cdot 2g} \rightarrow \Delta H = 0,8666 \cdot V_f^2$$

- Variation du volume d'air

$$\Delta U = S \cdot \emptyset \cdot V_m \quad ; \quad \emptyset = 0,55 \quad ; \quad S = \frac{D^2}{4} = 0,04908 \text{ m}^2$$

$$\Delta U = 0,027 \cdot V_m$$

- Pression dans le réservoir d'air

Elle sera donnée par :

$$Z = \frac{Z_o + \zeta_o}{U^{1,4}} \cdot U_o^{1,4}$$

$$Z_o = H_o + 10 = 6,3 + 10 = 16,3 \text{ m}$$

$$Z_o + \zeta_o = 16,3 + 0,611466 = 16,911$$

$$U_o = 1 \text{ m}^3$$

$$Z = \frac{16,911}{U^{1,4}}$$

- Pression dans la conduite avec perte de charge

. Montée  $Z - \Delta h_1$

. Descente  $Z + \Delta h_2$

- Pression dans la conduite sans perte de charge

. Montée  $Z - \Delta h_1 - \Delta H$

. Descente  $Z + \Delta h_2 + \Delta H$

- Determination de la pente de la droite a/gS

$$\frac{a}{g S} = 1350,811$$

comme  $\frac{b}{q} = \frac{a}{g S}$  avec b echelle verticale m  
q echelle horizontale m<sup>3</sup>/s

. echelle des pression

$$1 \text{ cm} = 0,5 \text{ m}; \quad 1350,811 \text{ represente } 2701,622$$

$$b = 2701,622$$

; . echelle des vitesses

on transforme l'echelle des vitesses on echelle  
des debits  $1 \text{ cm} = 0,025 \text{ m/s}$

$$q' = V.S = 0,001227 \quad ; \quad 1 \text{ m}^3/\text{s} \text{ represente } 814,8733$$

$$q = 814,8733$$

$$\text{tg} \alpha = \frac{b}{q} = 3,3148 \quad \alpha = 73^\circ 21'$$



intervalle de temps	variation du volume d'air $\Delta V = 0,0271 \text{ Vm}$	volume d'air en $\text{m}^3$	pression dans le manomètre d'air $z = \frac{16,911466}{U^{1,4}}$	vitesse dans l'atmosphère Montée $V_1 = 17,47 \text{ Vp}$ descente $V_2 = 29,58 \text{ Vp}$	Perte de charge dans la tuyère Montée $\Delta h_1 = 0,032 \text{ V}_1^2$ descente $\Delta h_2 = 0,0408 \text{ V}_2^2$	Baromètre dans la conduite avec pente de charge Montée $Z - \Delta h_1$ descente $Z + \Delta h_2$	Perte de charge des deux volumes $\Delta h = 0,8666 \text{ Vp}$	Pression dans la conduite sans pente de charge Montée $Z - \Delta h_1 - \Delta h$ descente $Z + \Delta h_2 + \Delta h$	vitesse mesurée le graphique $\text{Vp}$	de signification des points	vitesse moyenne $\text{Vm}$	Vitesse finale choisie $\text{Vf}$
0		1	16,911466	-	-	16,911466	0,611472	16,2999	0,84	1R		
0	0,021561	1,02156	16,41386	13,1243	5,51194	10,9019	0,4890	16,41	0,75125	2P	0,795625	0,75125
20	0,018309	1,03986	16,01072	10,482	3,5159	12,4948	0,311976	12,1828	0,60	4P	0,675625	0,60
30	0,01473	1,05459	15,69859	8,516625	2,321052	13,37754	0,205952	13,17159	0,4875	6P	0,54375	0,4875
40	0,012015	1,0666156	15,4514	6,998	1,56262	13,888	0,138656	13,75019	0,40	8P	0,44375	0,40
50	0,00984	1,07645	15,2541	5,69958	1,03952	14,2145	0,09224	14,12	0,32625	10P	0,363125	0,326
60	0,007960	1,084410	15,09765	4,5640	0,66657	14,4316	0,05914	14,37195	0,26125	12P	0,29375	0,261
70	0,006266	1,09067	14,9763	3,51583	0,39555	14,5808	0,0356	14,5457	0,20125	14P	0,23125	0,201
80	0,00474	1,09541	14,88581	2,59866	0,21609	14,66971	0,019174	14,6505	0,14875	16P	0,175	0,14875
90	0,00338	1,09879	14,82164	1,76883	0,10012	14,7215	0,008884	14,7126	0,10125	18P	0,125	0,1012
100	0,0021	1,10089	14,78221	0,9390	0,02821	14,754	0,00250	14,751499	0,05375	20P	0,0775	0,0538
110	0,00079	1,10165	14,7672	0,08735	0,000244	14,7670	0,0000216	14,767	0,005	22P	0,029375	0,005
120	0,000508	1,10344	14,77692	-1,25715	0,06353	14,8404	0,001565	14,842	-0,0425	24P	-0,01875	-0,0425
130	0,001727	1,09867	14,8094	-2,5143	0,25413	15,0636	0,00626	15,0698	-0,085	26P	-0,06375	-0,085
140	0,00276	1,09667	14,8617	-3,5126	0,49600	15,3577	0,01222	15,3699	-0,11875	28P	-0,101875	-0,11875
150	0,003539	1,09313	14,9293	-4,21515	0,71425	15,6435	0,01759	15,6611	-0,1425	30P	-0,130625	-0,1425
160	0,004065	1,08906	15,00741	-4,65885	0,87253	15,8799	0,02149	15,9014	-0,1575	32P	-0,15	-0,1575
170	0,004386	1,08467	15,09255	-4,91767	0,97217	16,0647	0,02395	16,0886	-0,16625	34P	-0,161875	-0,16625
180	0,004564	1,08010	15,18198	-5,04768	1,02401	16,20008	0,025229	16,23123	-0,170625	36P	-0,168437	-0,170
190	0,00463	1,07546	15,2737	-5,06557	1,03153	16,30586	0,025414	16,3306	-0,17125	38P	-0,170937	-0,171
200	0,00459	1,07086	15,36561	-4,95465	0,986851	16,3524	0,02419	16,3787	-0,1675	40P	-0,169375	-0,1675
210	0,004488	1,06637	15,45647	-4,843725	0,943159	16,39959	0,02323	16,4228	-0,16375	42P	-0,165625	-0,164
220	0,004386	1,06198	15,5459	-4,7328	0,90045	16,44638	0,022169	16,4685	-0,16	44P	-0,161875	-0,16
230	0,004260	1,05771	15,6338	-4,5849	0,84505	16,4789	0,02082	16,4997	-0,155	46P	-0,1575	-0,155
240	0,004158	1,05359	15,7194	-4,4000	0,7728	16,4977	0,01917	16,5169	-0,14875	48P	-0,151875	-0,149
250	0,003946	1,049643	15,8023	-4,21515	0,714253	16,5166	0,01759	16,5342	-0,1425	50P	-0,145625	-0,1415
260	0,003760	1,04587	15,8820	-3,9933	0,64104	16,52310	0,01579	16,5388	-0,135	52P	-0,13875	-0,135
270	0,003556	1,04231	15,95819	-3,77145	0,571798	16,5299	0,014087	16,5440	-0,1275	54P	-0,13125	-0,1275



300	-0,0027181	1,03281	16,1641	-3,08741	0,38319	16,5473	0,01096	16,5558	-0,1125	58P	-0,11625	-0,1125
310	-0,002498	1,030091	16,22389	-2,8270	0,32585	16,5497	0,00944	16,5567	-0,104375	60P	-0,108437	-0,104
320	-0,002278	1,027591	16,27917	-2,60673	0,27316	16,5523	0,008028	16,5577	-0,09625	62P	-0,10031	-0,096
330	-0,002042	1,02531	16,32987	-2,36641	0,2251	16,5549	0,006730	16,5590	-0,088125	64P	-0,092187	-0,088
340	-0,001812	1,02326	16,37573	-2,0927	0,17606	16,5550	0,005546	16,5608	-0,08000	66P	-0,08406	-0,08
350	-0,001609	1,02138	16,4189	-1,88572	0,14294	16,5550	0,004337	16,5608	-0,07075	68P	-0,075375	-0,071
360	-0,0013719	1,01977	16,4560	-1,6269	0,10640	16,56184	0,00352	16,5643	-0,06375	70P	-0,06725	-0,064
370	-0,001134	1,01832	16,4878	-1,3680	0,07534	16,5624	0,00262	16,56500	-0,055	72P	-0,059375	-0,055
380	-0,00089	1,01716	16,5159	-1,10925	0,04950	16,56314	0,001953	16,56509	-0,04625	74P	-0,05062	-0,046
390	-0,000652	1,01620	16,5322	-0,85071	0,02946	16,5644	0,001518	16,56591	-0,0375	76P	-0,041875	-0,037
400	-0,000404	1,01551	16,5492	-0,57311	0,01323	16,56516	0,000816	16,56597	-0,02875	78P	-0,033125	-0,028
410	-0,000177	1,015144	16,5699	-0,31439	0,004983	16,5754	0,000325	16,57500	-0,019375	80P	-0,02406	-0,019
420	-0,000177	1,014967	16,5633	-0,07395	0,0002198	16,5748	0,000178	16,57506	-0,010625	82P	-0,015	-0,010
						16,56358	0,00006541	16,5035	-0,0025	84P	-0,00656	-0,0025



## CARACTERISTIQUE FINALE DU RESERVOIR D'AIR

L'examen de la troisieme colonne du tableau montre que l'air peut occuper un volume maximale de  $1,10166 \text{ m}^3$  environ, au point de débit nul. Comme il faut qu'a ce moment, il reste encore <sup>l'eau</sup> dedans le reservoir il sera prévu une cloche d'une capacité totale de  $1,30 \text{ m}^3$  dans laquelle l'air, en marche normale n'occupera que  $1 \text{ m}^3$ .

- TRONCON SENONIEN - RESERVOIR

. Données :  $Q=0,0417 \text{ m}^3/\text{s}$  ;  $E=6 \text{ mm}$   
 $D=250 \text{ mm}$  ;  $L=170 \text{ m}$   
 $H_0=7 \text{ m}$  ;  $V_0=0,84 \text{ m/s}$   
 $\Delta H_0=0,577495 \text{ m}$  ;  $K=4,4$   
 $H_g=27 \text{ m}$

Pour ce tronçon qui a les mêmes caractéristiques que le précédent "diamètre, vitesse, débit" on aura :

. Valeur de la célérité  $a = 650,481 \text{ m/s}$

. Temps d'aller et retour de l'onde

$$T = \frac{2L}{a} \quad T = 0,5226 \text{ s}$$

. Perte de charge au niveau de la tuyère

. Montée de l'eau  $V_1 = 17,47 \cdot V_f$   
 $\Delta h_1 = 0,032 \cdot V_1^2$

. Descente de l'eau  $V_2 = 29,58 \cdot V_f$   
 $\Delta h_2 = 0,0402 \cdot V_2^2$

. Maximum du coup de bélier

$$h_{\max} = B = \frac{aV_0}{g} = 55,6986 \text{ m}$$

. Cas de surpression

$$H_g + B = 82,6986 \text{ m}$$

. Cas de la dépression

$$H_g - B = 28,6986 \text{ m}$$

. Perte de charge dans la conduite refoulement

$$\Delta H = \frac{\lambda L}{D} \cdot \frac{V_f^2}{2g}$$

$$\lambda = \frac{D_0 \cdot \Delta H_0 \cdot 2g}{L \cdot V_0^2} = \frac{250 \cdot 0,577495 \cdot 2 \cdot 9,81}{170 \cdot (0,84)^2} = 0,02361$$

donc :

$$\Delta H = 0,8184 \cdot V_f^2$$

.....



. Variation du volume d'air

$$\Delta U = S \cdot \varnothing \cdot V_m \quad ; \quad \varnothing = 0,52 \text{ s}$$

$$S = \pi \frac{D^2}{4} = 0,049087 \text{ m}^2 \quad ; \quad \Delta U = 0,0256 \cdot V_m \quad ;$$

. Pression dans le reservoir d'air

$$Z = \frac{Z_0 + \delta_0}{U^{1,4}} \cdot U_0^{1,4}$$

$$Z_0 = H_0 + 10 = 17$$

$$Z_0 + \delta_0 = 17 + 0,57795 = 17,677495 \text{ m}$$

$$U_0 = 1 \text{ m}^3$$

$$Z = \frac{17,6774}{U^{1,4}}$$

. Pression dans la conduite avec pertes de charge

. Montée  $Z - \Delta h_1$

. Descente  $Z + \Delta h_2$

. Pression dans la conduite sans perte de charge

. Montée  $Z - \Delta h_1 - \Delta H$

. Descente  $Z + \Delta h_2 + \Delta H$

. Determination de la pente de la droite  $a/gS$

Puisque  $(a,S)$  ne change pas pour ces deux derniers tronçons; on prend la même échelle que pour les précédents on aura donc:

$$\alpha = 73^\circ 21'$$



intervalle de temps	variation du volume d'air $\Delta U = 0,0256 V_m$	volume d'air en $m^3$	Pression dans le réservoir d'air $Z = \frac{17,577495}{U^{1,4}}$	vitesse dans la tubulure Montée $V_1 = 17,47 V_f$ descende $V_2 = 29,58 V_f$	Perte de charge dans la tuyère Montée $\Delta h_1 = 0,032 V_1^2$ descende $\Delta h_2 = 0,0402 V_2^2$	Pression dans la conduite avec perte de charge Montée $Z - \Delta h_1$ descende $Z + \Delta h_2$	Perte de charge de réservoir $\Delta h = 0,8184 V_f^2$	Pression dans la conduite sans perte de charge Montée $Z - \Delta h_1 - \Delta h$ descende $Z + \Delta h_2 + \Delta h$	vitesse sur le graphique $V_f$	débit sur le pont	vitesse moyenne $V_m$	Vitesse finale corrigée $V_f$
0		1	17,577495	/	/	17,57749	0,5770	17,0000	0,84	1R		
0	0,02035	1,02035	17,0911	13,1025	5,4936	11,5974	0,46035	11,1371	0,75	2P	0,795	0,795
20	0,017216	1,037566	16,6954	10,395	3,456	13,238	0,2897	12,9481	0,595	4P	0,6725	0,795
30	0,0138	1,0514	16,39	8,473	2,2973	14,092	0,19251	13,90	0,485	6P	0,54	0,481
40	0,0112	1,0626	16,147	6,6386	1,4103	14,7371	0,1245	14,613	0,39	8P	0,4375	0,39
50	0,0091	1,0716	15,956	5,5904	1,00	14,956	0,084	14,8721	0,32	10P	0,355	0,32
60	0,00729	1,079	15,807	4,3675	0,6104	15,1965	0,0512	15,1454	0,25	12P	0,285	0,25
70	0,0058	1,0848	15,6861	3,5211	0,4104	15,2757	0,0344	15,2311	0,205	14P	0,2275	0,205
80	0,0046	1,089	15,594	2,6642	0,22713	15,3673	0,019033	15,3483	0,1525	16P	0,17875	0,1525
90	0,00326	1,0923	15,537	1,791	0,10261	15,43	0,0086	15,4255	0,1025	18P	0,1275	0,1025
100	0,00202	1,094	15,496	0,961	0,0295	15,466	0,00248	15,464	0,055	20P	0,07875	0,055
110	0,00080	1,0948	15,4693	0,13103	0,00055	15,4858	0,0046	15,486	0,0075	22P	0,03125	0,0075
120	0,000384	1,094	15,494	-1,1093	0,0495	15,5435	0,001151	15,5450	-0,0375	24P	-0,015	-0,0375
130	-0,00147	1,0925	15,5315	-2,2925	0,2113	15,7428	0,00492	15,748	-0,0775	26P	-0,0575	-0,0775
140	-0,0024	1,0900	15,5806	-3,3278	0,4452	16,026	0,0104	16,0361	-0,1125	28P	-0,095	-0,1125
150	-0,00326	1,0867	15,6475	-4,2152	0,7143	16,3618	0,01662	16,3784	-0,1425	30P	-0,1275	-0,1425
160	-0,003808	1,0829	15,7253	-4,5849	0,8451	16,5704	0,0197	16,59005	-0,155	32P	-0,14875	-0,155
170	-0,004096	1,0788	15,8088	-4,8807	0,9576	16,7664	0,02228	16,78871	-0,165	34P	-0,16	-0,165
180	-0,00429	1,0745	15,8973	-5,029	1,0165	16,91382	0,02365	16,9375	-0,17	36P	-0,1675	-0,17
190	-0,00438	1,070	15,998	-5,1026	1,04665	17,045	0,02435	17,07	-0,1725	38P	-0,17125	-0,1725
200	-0,004368	1,0656	16,08306	-4,9916	1,0016	17,085	0,02331	17,10801	-0,16875	40P	-0,170625	-0,16875
210	-0,004256	1,0613	16,1741	-4,8437	0,9438	17,1173	0,021945	17,13921	-0,16375	42P	-0,16625	-0,16375
220	-0,00414	1,0571	16,264	-4,7696	0,9145	17,1643	0,02095	17,1853	-0,16	44P	-0,161875	-0,16
230	-0,0040	1,0530	16,361	-4,5479	0,832	17,193	0,01940	17,2121	-0,15375	46P	-0,156875	-0,15375
240	-0,00384	1,0491	16,447	-4,3275	0,7550	17,2017	0,01750	17,220	-0,14625	48P	-0,15	-0,14625
250	-0,0036	1,045	16,5378	-4,0686	0,6676	17,2055	0,01547	17,221	-0,1375	50P	-0,141875	-0,1375
260	-0,0034	1,0415	16,624	-3,848	0,5997	17,2241	0,0138	17,246	-0,13	52P	-0,13375	-0,13
270	-0,0032	1,038	16,699	-3,626	0,530	17,2280	0,01228	17,2616	-0,1225	54P	-0,12625	-0,1225



290	-0,0028	1,0312	16,859	-3,108	0,3903	17,2493	0,00903	17,25831	-0,105	58P	-0,109375	-0,105
300	-0,00256	1,027	16,9551	-2,812	0,3195	17,275	0,0074	17,282	-0,095	60P	-0,1	-0,095
310	-0,00232	1,024	17,02	-2,554	0,2635	17,2825	0,00609	17,29	-0,08625	62P	-0,09062	-0,08625
320	-0,002096	1,0219	17,084	-2,294	0,2126	17,2964	0,0049	17,3013	-0,0775	64P	-0,08187	-0,0775
330	-0,00187	1,0200	17,128	-2,036	0,1674	17,2963	0,0039	17,305	-0,06875	66P	-0,07312	-0,06875
340	-0,00165	1,0183	17,177	-1,776	0,1275	17,305	0,0029	17,3075	-0,06	68P	-0,06437	-0,06
350	-0,00142	1,016	17,212	-1,518	0,0931	17,310	0,0021	17,310	-0,05125	70P	-0,05562	-0,05125
360	-0,00117	1,014	17,2505	-1,184	0,0567	17,3172	0,00131	17,319	-0,04	72P	-0,04562	-0,04
370	-0,00088	1,013	17,292	-0,8513	0,0293	17,3208	0,00068	17,3215	-0,02875	74P	-0,03437	-0,02875
380	-0,000608	1,012	17,309	-0,5552	0,0125	17,3214	0,000014	17,322	-0,01875	76P	-0,02375	-0,01875
390	-0,00034	1,0116	17,3264	-0,22185	0,0020	17,32840	0,000046	17,32845	-0,0075	78P	-0,013125	-0,0075
400	-0,000064	1,0115	17,3295	-0,074	0,00022	17,3297	0,000005	17,3297	0,0025	80P	-0,0025	0,0025
410	0,000256	1,0118	17,2946	0,3057	0,003	17,2917	0,000251	17,2914	0,0175	82P	+0,01	0,0175

## CARACTERISTIQUE FINALE DU RESERVOIR D'AIR

L'examen de la troisième colonne du tableau montre que l'air peut occuper un volume maximale de  $1,0948 \text{ m}^3$  environ, au point de débit nul. Comme il faut qu'à ce moment il reste encore de l'eau dans le réservoir il sera prévu une cloche d'une capacité totale de  $1,20 \text{ m}^3$  dans laquelle l'air, en marche normale n'occupera que  $1 \text{ m}^3$ .



- Conduite reliant la station de relevement au réservoir sur-élevé

Vue que la longueur de la conduite n'est pas importante ( environ 30 m ), l'installation d'un réservoir d'air s'avère non rentable, il est préférable l'installation d'un volant d'inertie qui permet l'augmentation de l'inertie de la pompe et de prolonger la durée de la période d'arrêt en cas de coupure d'alimentation du moteur.

- Conduite de Distribution

Pour diminuer l'effet du coup de bélier, il suffit ordinairement de disposer un robinet-vanne manœuvré lentement pour limiter, comme on le désire, la surpression à des valeurs convenables.

## B) Demarrage

Le coup de belier est plus dangereux à l'arrêt brusque qu'au démarrage et surtout si ce dernier est réalisé à vanne fermée. On a étudié le coup de belier au démarrage en cas où la mise en marche se fait à vanne ouverte.

Soit  $H_0$  la hauteur géométrique de refoulement au droit de la prise de l'anti-belier sur la conduite et supposons non négligeable la hauteur  $h_0$  du plan d'eau dans le réservoir d'air au-dessus de l'axe de la conduite de refoulement, l'installation étant à l'arrêt de sorte qu'au départ, avant que l'eau contenue dans la conduite ne se mette en mouvement, la pression effective de l'air en

ou, encore, en pression absolue

$$Z_0 = (H_0 - h_0) + 10$$

Nous considérons les situations à tous les aller-retour d'onde de choc à chaque instant, le débit fourni par la pompe se divise en deux:

- $q_c$ : qui est avalé dans la conduite de refoulement en donnant une perte de charge  $\Delta h$  au passage de l'organe d'étranglement

$$\text{on a donc } Q_p = q_c + q_r$$

Pour une hauteur piézométrique choisie arbitrairement au départ on calculera le volume d'eau de remplissage (ou de vidange) du réservoir d'air en fonction du débit moyen. On admettra que le débit  $q_m$  est la moyenne arithmétique des débits  $q_r$  à l'origine et à la fin de l'intervalle.

Il en résultera une diminution (ou une augmentation) correspondante du volume d'air égal à:

$$\Delta U = q_m \delta$$

Le volume d'air  $U$  emprisonné dans le réservoir, compte

.../...



tenu du volume  $U_0'$  de l'air initial ( $U_0'$  est le volume occupé par l'air dans l'installation au repos, en régime de marche, ce volume devient  $U_0 < U_0'$  en raison des pertes de charge à vaincre dans la conduite on a donc :

- $U = U_0' - \Delta U$  lorsque le réservoir se remplit.
- $U = U_0' + \Delta U$  lorsque le réservoir d'air se vide

La pression en résultant dans le réservoir d'air compte tenu d'une évolution adiabatique de l'air:

$$Z = \frac{Z_0 \cdot U_0'^{1.4}}{U^{1.4}}$$

La vitesse de l'air dans la tuyère en fonction de  $q_r$  et

$$V = \frac{q_r}{S}$$

- vidange du réservoir  $V = \frac{q_r}{S}$  avec  $S = \frac{(\mu \cdot d)^2 \cdot \pi}{4}$
- remplissage du réservoir  $V = \frac{q_r'}{S}$  avec  $S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot C$

perte de charge au passage de la tyère

$$\Delta h = C \frac{V^2}{2g}$$

La pression absolue dans la conduite, y compris les pertes de charge dans cette dernière:

$$Z + h_0 + \Delta h$$

Dans notre cas on a fait l'étude de l'effet du coup de bélier au démarrage sur un seul tronçon "BEHAMID-RESERVOIR"

- Données :  $H_0 = 8,5$  m ;  $H_g = 28,5$  m/s  
 $a = 709,0143$  m/s ;  $\varnothing = 3,24$  s  
 $D = 200$  mm ;  $Z_0 = 6,5$  m  
 $U = 3,24$  s ;  $Z = \frac{16,5}{U^{1,4}}$
- vidange du réservoir  $V = 601,72 \cdot q_r$
  - Remplissage "  $V = 1018,591636 \cdot q_r$

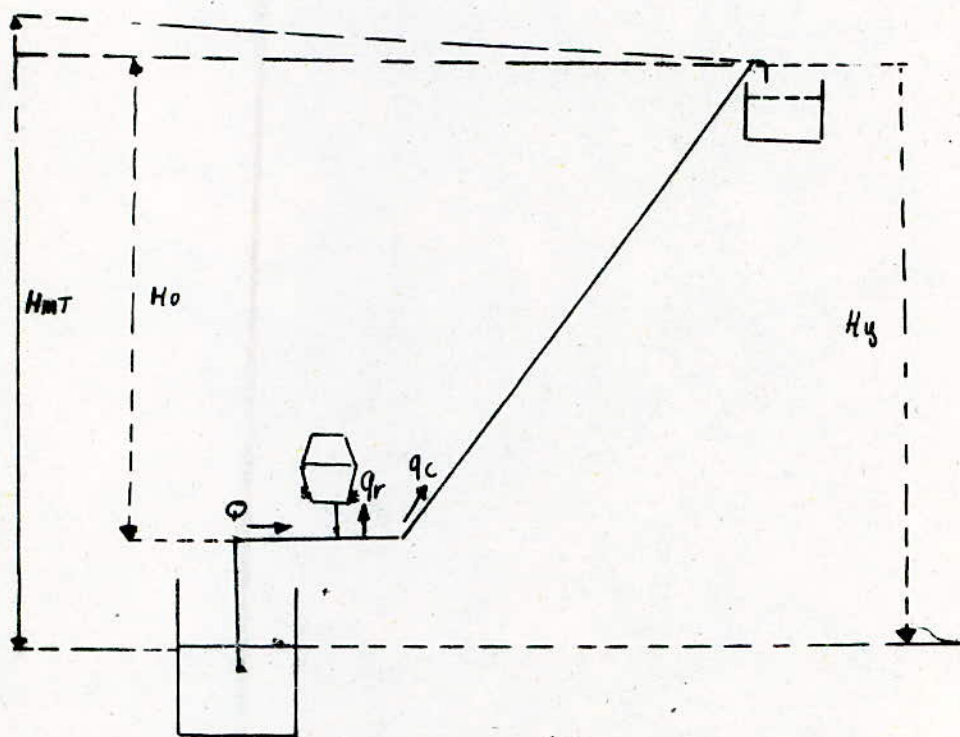
.../...



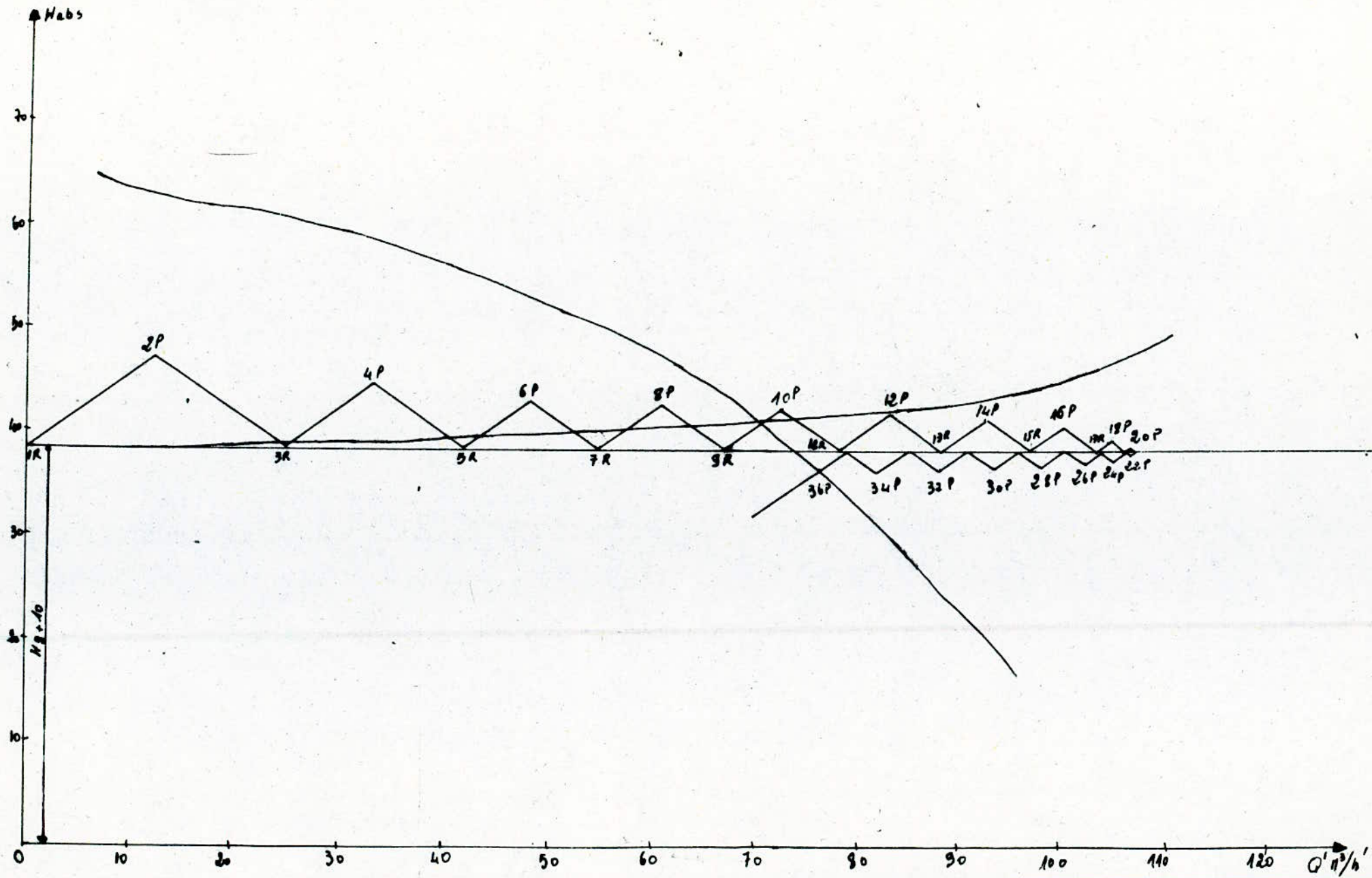
intervalle de temps	debit de la pompe $Q_p$	debit dans la conduite $Q_c$	debit entrant ou sortant du reservoir d'air $Q_r$	debit moyen entrant ou sortant du reservoir d'air $Q_m$	variation du volume d'air $\Delta U = 3,249m$	volume d'air $V$ en $m^3$	pression dans le reservoir $Z = \frac{16,5}{U^{1,4}}$	vitesse dans la tuyere remplissage $V_1 = 1018,69r$ $V_2$ de charge $V_2 = 601,729r$	Perte de charge dans la tuyere remplissage $\Delta h_1 = 0,0326 V_1^2$ $V_2$ de charge $\Delta h_2 = 0,0607 V_2^2$	hauteur piezometrique chargee arbitrairement $H$	$H - 20$	pression dans la conduite remplissage $Z + \Delta h_1 + \Delta h_2$ $V_1$ de charge $Z - \Delta h_1 - \Delta h_2$
0	0	0	0	0	0	1	16,5	0	0	38,5	28,5	28,5
0	0,017083	0,00333	0,01375	0,006875	0,022275	0,982	17,02866	14,100575	6,39484	47	27	27,03
20	0,018333	0,009166	0,0091666	0,01145	0,037125	0,93987	17,9964	9,337166	2,842155	44,5	24,5	24,4
30	0,01888	0,01333	0,00555	0,007361	0,02384	0,916025	18,65578	5,65888	1,04395	43	23	23,3
40	0,0190277	0,016875	0,021527	0,0038513	0,012478	0,903546	19,01749	2,192819	0,156755	42,75	22,75	22,75
50	0,0191666	0,020069	-0,000902	0,000624	0,002024	0,90557	18,958	-0,54321	0,01201	42,5	22,5	22,55
60	0,0193055	0,023055	-0,00375	-0,00232	-0,007536	0,91306	18,73931	-2,25645	0,20468	42	22	22,14
70	0,01965	0,025694	-0,006041	-0,004895	-0,01586	0,9285	18,2929	-3,63539	0,53789	41,5	21,5	21,3
80	0,0197916	0,02777	-0,007986	-0,007013	-0,02272	0,95165	17,68533	-4,8054	0,93984	40,5	20,5	20,3
90	0,0201388	0,029077	-0,00988	-0,00843	-0,02733	0,9789	16,99793	-5,34862	1,16433	39,5	19,5	19,4
100	0,020416	0,02958	-0,00916	-0,00962	-0,02924	1,00816	16,31359	-5,51576	1,23824	38,75	18,75	18,68
110	0,020625	0,029583	-0,008952	-0,00905	-0,02935	1,0373	15,6742	-5,390	1,18259	38	18	18,1
120	0,020833	0,029097	-0,008263	-0,0086	-0,02788	1,06518	15,10379	-4,9725	1,00637	37,5	17,5	17,1
130	0,02090	0,028333	-0,00743	-0,00784	-0,02542	1,0905	14,6148	-4,4721	0,8136	37,25	17,25	17,1
140	0,02097	0,02722	-0,00625	-0,00682	-0,02216	1,11260	14,2093	-3,76075	0,5762	37	17	17,1
150	0,02111	0,025972	-0,004861	-0,0055	-0,018	1,13064	13,69408	-2,92502	0,34822	36,75	16,75	16,8
160	0,021186	0,02444	-0,003262	-0,00406	-0,013	1,14380	13,27075	-1,9694	0,25698	36,50	16,50	16,8
170	0,02125	0,02271	-0,00152	-0,00239	-0,0077	1,15	13,10	-0,91	0,08976	36,25	16,25	16,8
180	0,021180	0,02111	+0,000069	-0,00145	-0,00469	1,1453	13,345	0,04151	0,7028	36,50	16,50	16,8



## Schema de l'installation



$H_{MT}$  : hauteur manométrique  
 $H_g$  : hauteur géométrique de refoulement  
 $H_o$  : hauteur géométrique de refoulement  
à l'endroit de l'anti-bélier





## CONCLUSION GENERALE SUR L'ETUDE DU COUP DE BELIER

On remarque que les conduites ne nécessitent pas une protection anti-bélier ( conduites d'adduction résistant à une pression de 20 bars ), mais vu les conséquences du coup de bélier, nous avons prévu un système de protection pour chaque conduite .

## C H A P I T R E

### POSE DES CONDUITES

#### I) - POSE DES CONDUITES

. La conduite sera posée sur un lit de sable de 0,25 m d'épaisseur, et doit être bien nivellé.

La profondeur de la tranchée de 0,90 m à partir de la génératrice de la conduite. Les joints seront exécutés dans la tranchée où les conduites seront maintenues par des bois disposés en travers de la tranchée.

Les joints seront soumis aux essais de pression avant même le remblaiement, la pression sera égale à 1,5 fois la pression à laquelle la conduite est soumise réellement.

#### . Butées

Les butées ont pour rôle de s'opposer aux efforts auxquelles la conduite est soumise. Elles seront placées dans les changements de directions et dans les branchements ou la pression exercées par l'eau conduit à un déboitement des joints, ces butées seront construites en béton.

#### . Traversée Des Routes

Il faut introduire la conduite dans des buses de diamètre supérieures, à chaque traversée d'une route afin de protéger la conduite surtout des vibrations dû aux mouvements des voitures.

#### . Désinfection De La Conduite

Il est toujours recommandé de procéder à la désinfection du réseau, avant d'alimenter les abonnés, cette désinfection peut se faire soit au chlore, soit au permanganate de potassium, suivant les installations du laboratoire agréé.



2

II)- ORGANISATION DE LA CONSTRUCTION D'UN SYSTEME DE DISTRIBUTION D'EAU

a)- Determination de la Profondeur de la Tranchée

$$Ht_{max} = h1 + D_{max} + h2$$

où:

$Ht_{max}$  = profondeur de la tranchée maximale.

$h1$  = profondeur de la génératrice supérieur de la conduite à la surface du terrain; dans notre cas  $h1 = 0,9$  m

$h2$  = épaisseur du lit de pose =  $0,20$  m

Le diamètre max dans le reseau est  $D_{max} = 0,450$  m

$$Ht_{max} = 0,90 + 0,450 + 0,20 = 1,550$$

b)- Determination de la largeur du fond de la tranchée.

$$b = D_{max} + 0,3 = 0,450 + 0,300 = 0,750$$

c)- Determination du coefficient des Talus " m "

Le coefficient " m " est donnée par un tableau en fonction de la nature du sol et la profondeur de la tranchée.

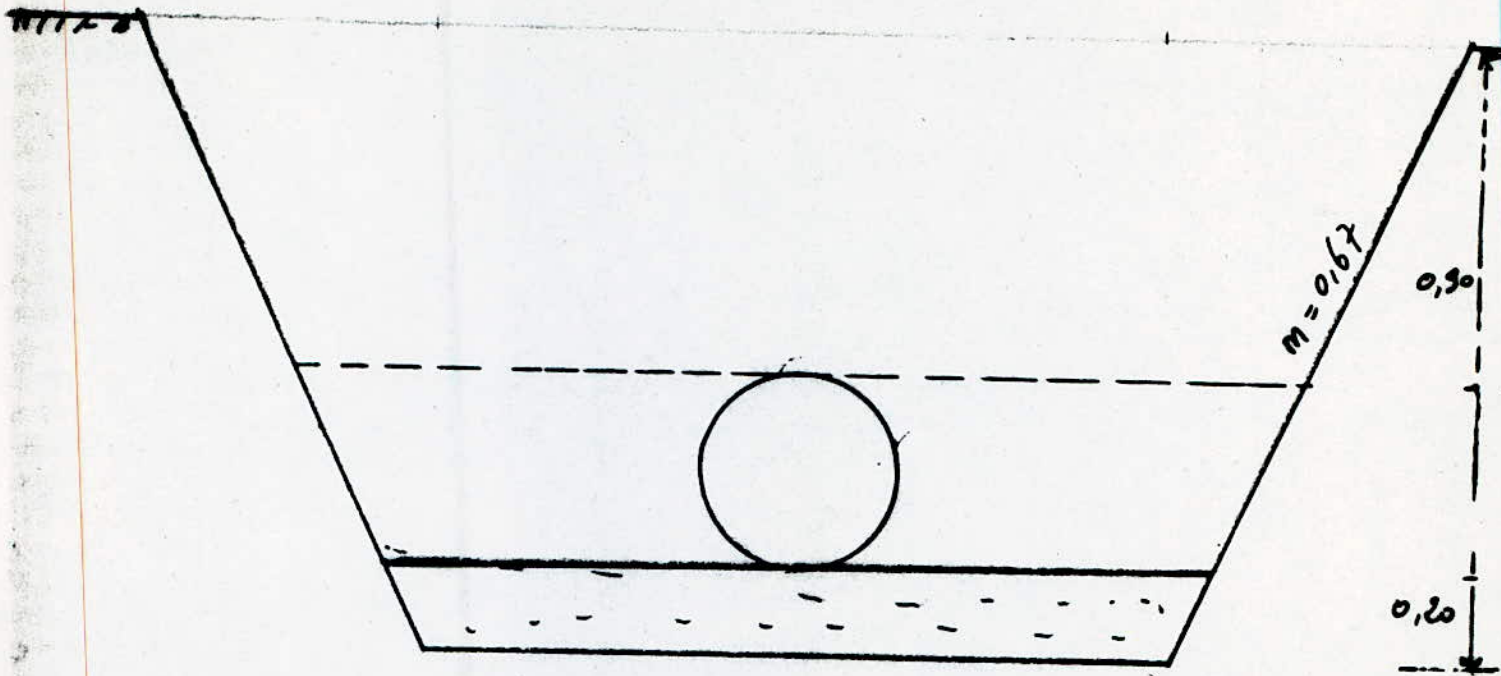
Type de sol	Profondeur de la Tranchée	
	Jusque à 1,5 m	Jusque à 3 m
Sable	$m = 0,5$	$m = 1,0$
Limon sableux	$m = 0,25$	$m = 0,67$
Limon argileux	$m = 0$	$m = 0,5$
Sol argileux	$m = 0$	$m = 0,5$

Pour notre sol limon sableux et la profondeur de la tranchée  $Ht_{max} = 1,55$  m; on a un coefficient de talus  $m = 0,67$ .

### III - CARACTERISTIQUES DES POSES TUBES

Les conduites en amiant-ciment sont posées dans les tranchées par tuyaux séparés et assemblés dans cette dernière. Les joints entre tuyaux sont du type à manchon et joint caoutchouc ou du type Gibault; les pièces spéciales de raccordement sont en général en fonte ou en acier.





schema de la tranchée 'section transversale'

## CONCLUSION

. Nous esperons après cette étude avoir touche ou presque touche au but.

Nous aurions souhaité avoir plus de temps pour faire une étude plus complete et plus détaillé que celle que nous vous presentons .

D'autres part il manque un point non moins important dans l'étude de la faisabilité d'un projet, c'est l'étude économique. mais comme nous disposons pas des prix exacts des differents equipement et accessoires ; Nous avons jugé inutile d'intégrer ce chapitre à la presnte etude.



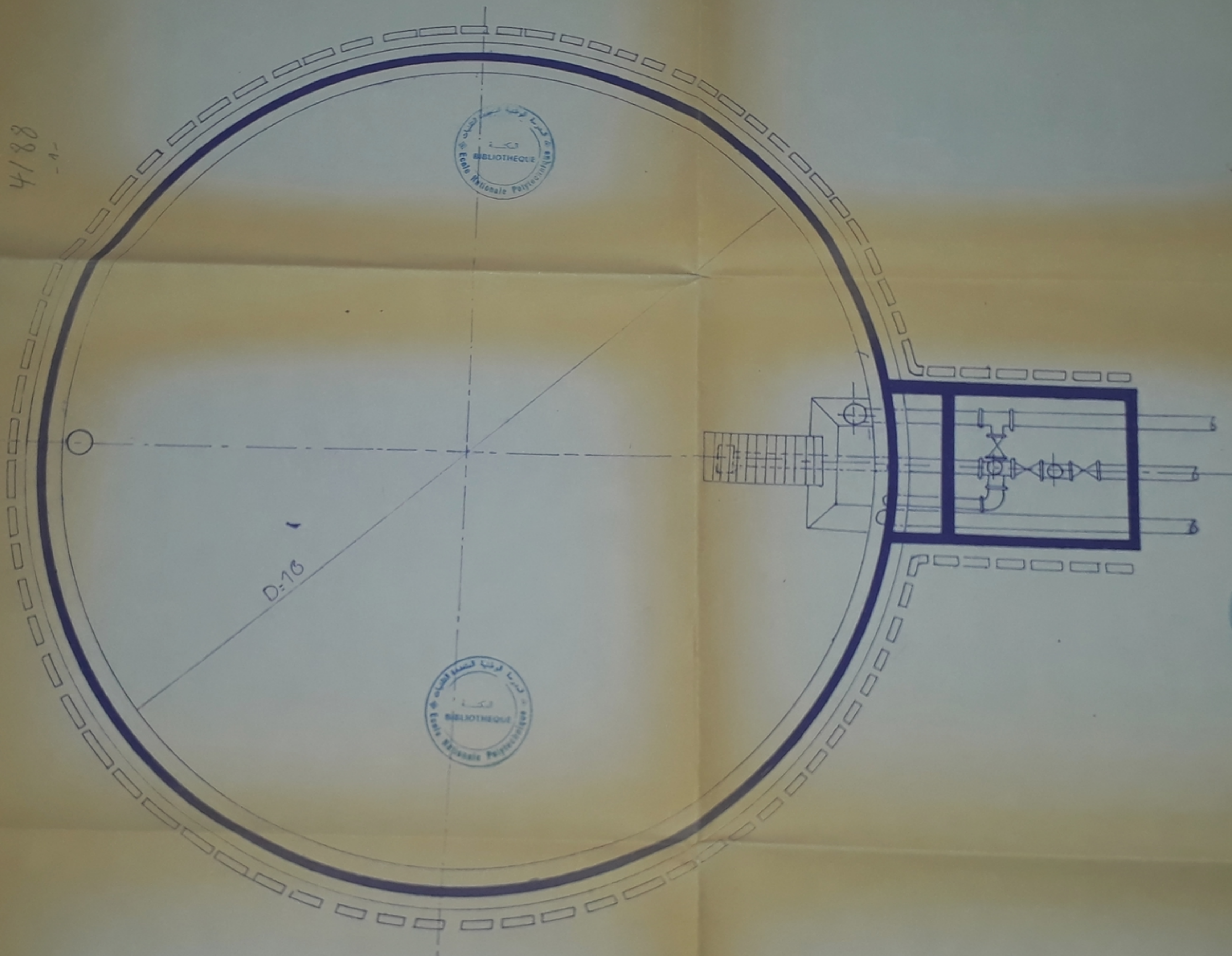
## B I B L I O G R A P H I E

- A.DUPONT ( TOME II et III ) Hydraulique Urbaine
- M.CARLIER Hydraulique generale & appliquée
- A.LENCASTER Manuel. d'hydraulique generale
- J.BONNIN Alimentation en eau potable des agglomerations
- CATALOGUES
  - POMPES A AXE HORIZONTALE  
JEUMONT-SCHNEIDER
  - POMPES SUBMERSIBLES  
BOMBAS-ITUR

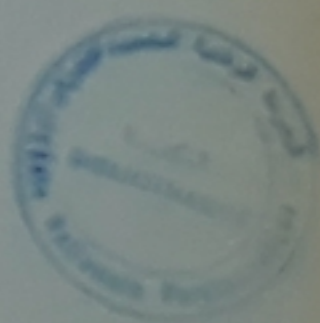


VUE EN PLAN DE LA R. DE STOCKAGE

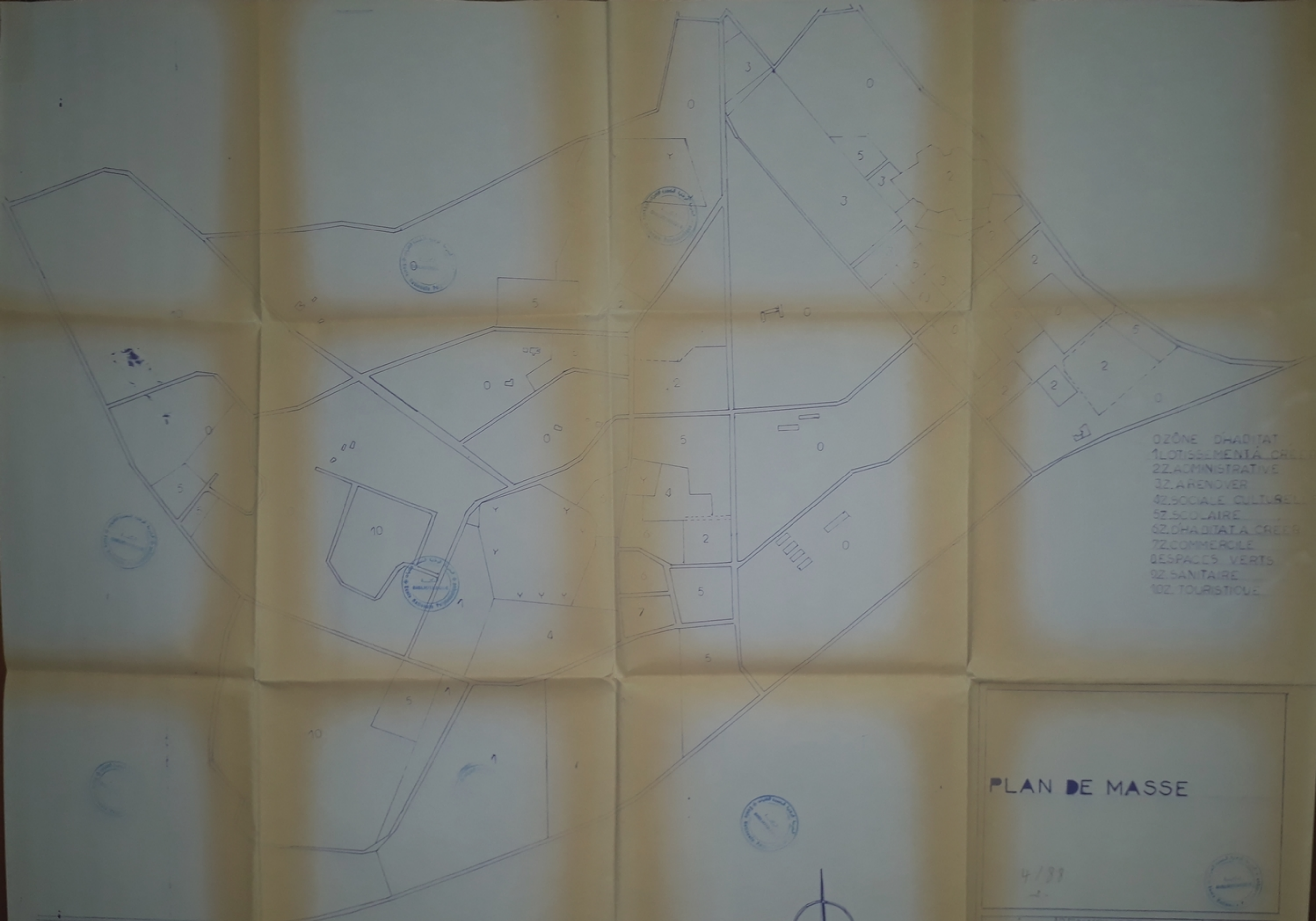
echelle 1:50



4188  
-A-







- 0ZÔNE DHADITAT  
 1LOTISSEMENT À CREER  
 2Z ADMINISTRATIVE  
 3Z A RENOVER  
 4Z SOCIALE CULTUREL  
 5Z SCOLAIRE  
 6Z DHADITAT A CREER  
 7Z COMMERCILE  
 8ESPACES VERTS  
 9Z SANITAIRE  
 10Z TOURISTIQUE

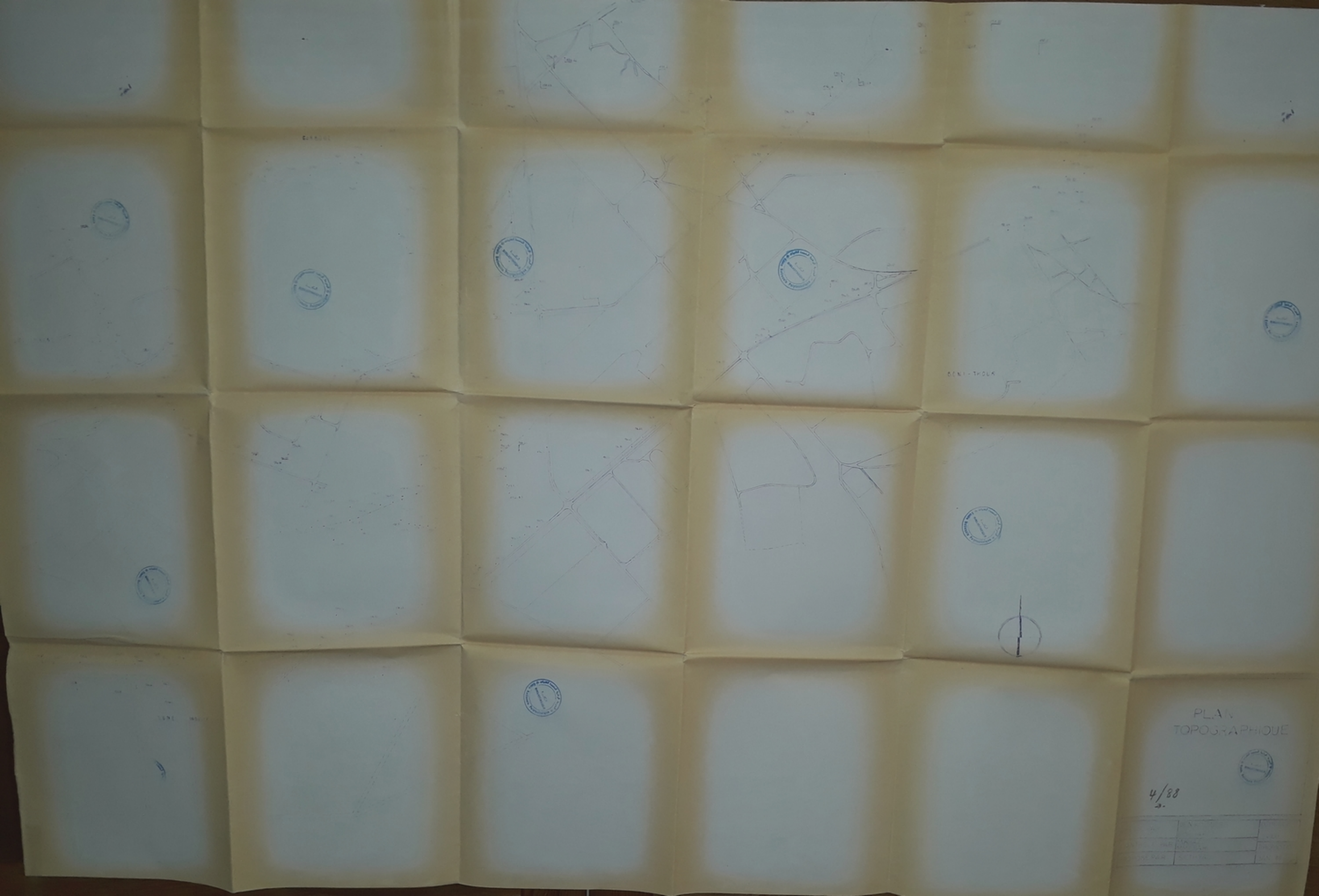
**PLAN DE MASSE**

4/88  
2



DESINÉ PAR	DENKOU DER S DOKHARI	ECHELLE	1/600
CONTROLES	M. KHAZED M. MESARLI	PROMOTION	
PROPOSE	SE TH YAL	AN	88



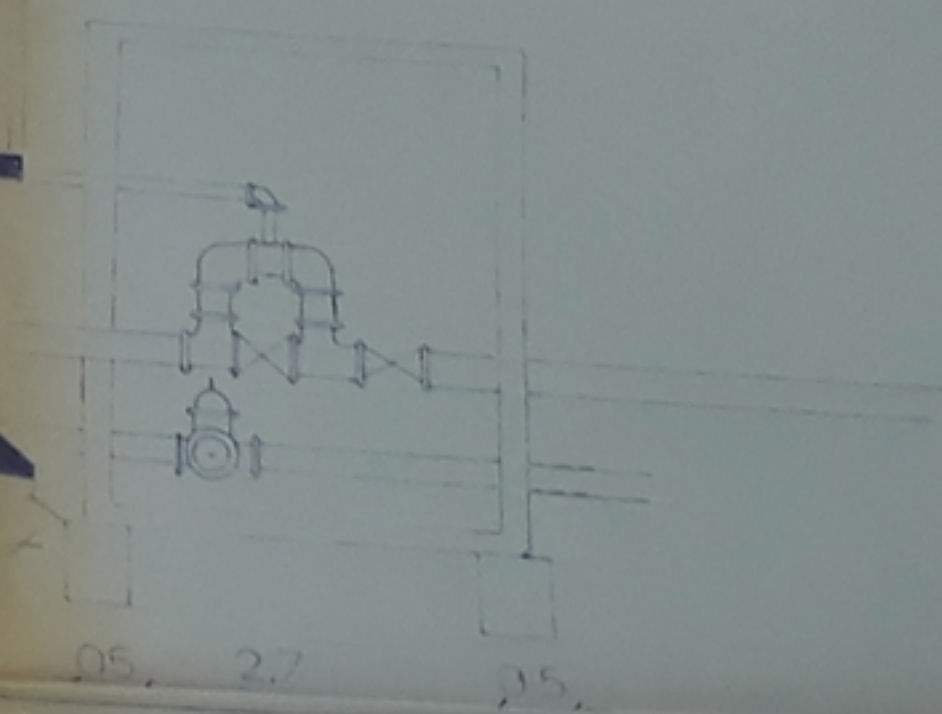
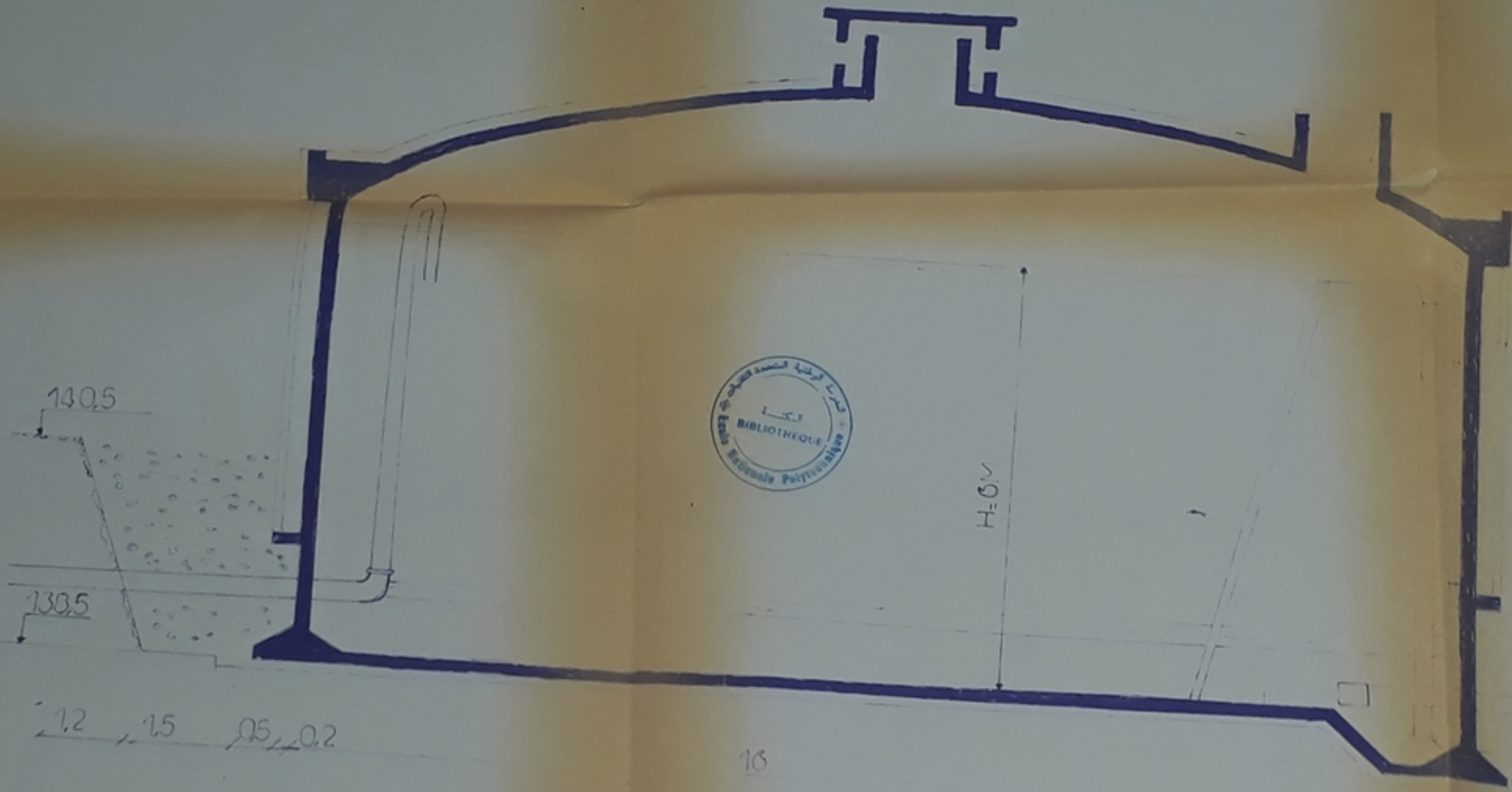


GENE - THOUK

PLAN  
TOPOGRAPHIQUE

4/88



RESERVOIR DE STOCKAGE

{ BACHE DE REPRISE }

RESERVOIR DE

STOCKAGE

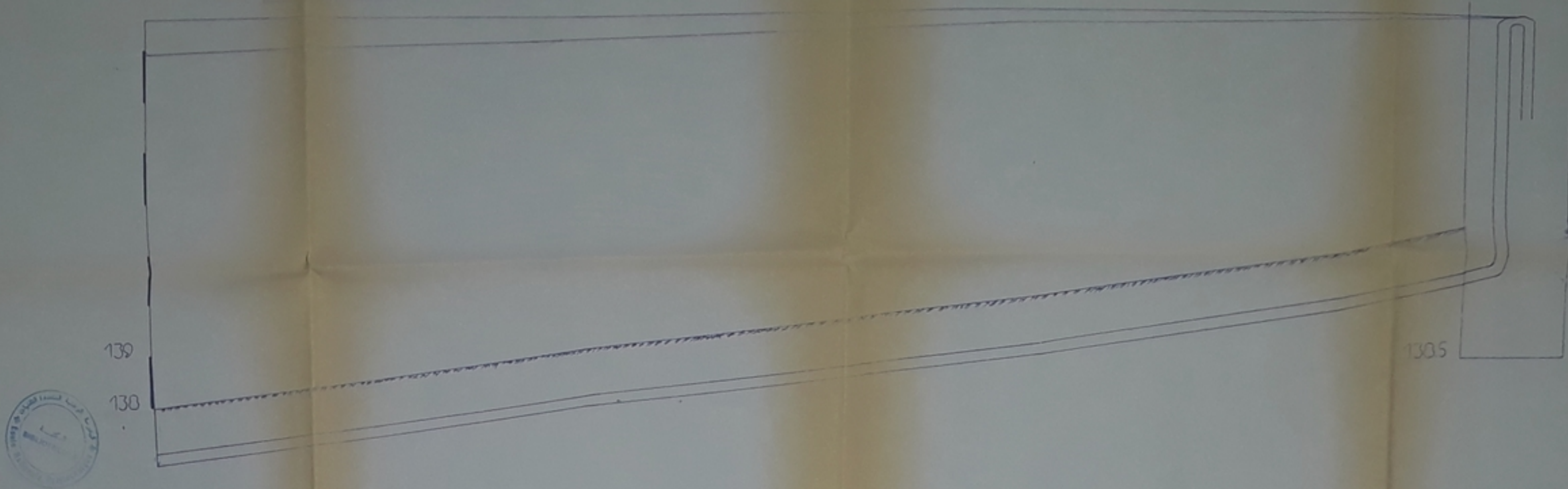


4/88

DRESSE PAR	DENKOUIDERS DOKHARLI	ECHELLE	1/50
CONTROLES PAR	MKHAZED MMESAFILI	PROMO	
PROPOSE PAR	SE THYAL	JAN B	

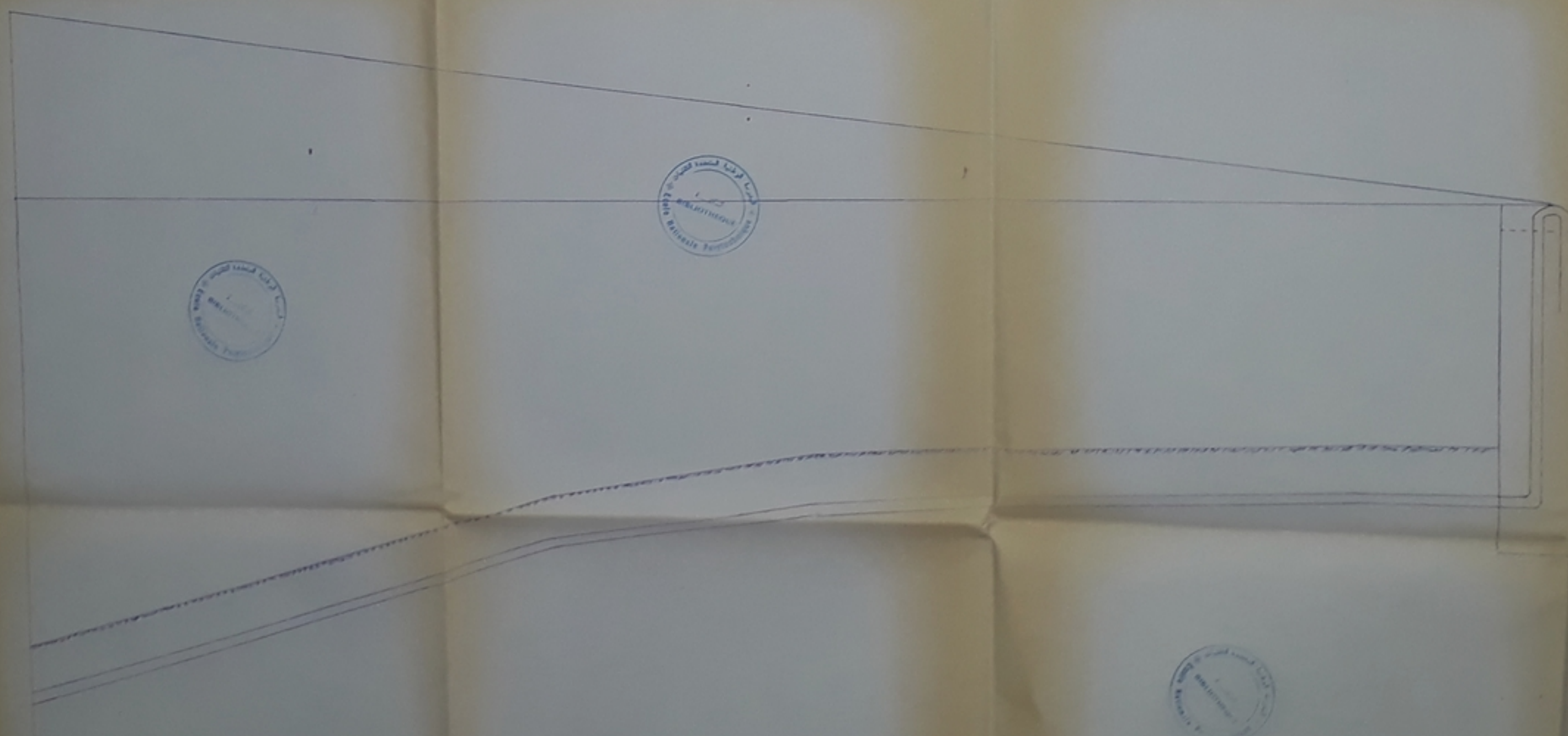


PROFIL EN LONG DE L'ADDUCTION



N. DU NOEUD		1		2		3		4
DISTANCE M	70		70		45		20	
D. CUMULE	70		140		105		205	
CÔTE D'UTER	139		139		140,25		140,5	
CDU PROJET	137,1		130,1		139,35		139,3	
CPEZOMETR	145,65		145,375		145,2		145,0	
DIAMETRE	200		200		200		200	
PENTE	0,11		0,11		0,13		0,20	

AIN EL KHEIR — BACHE DE REPRIN — ECHELLE — 1CM = 10M



		2		3		4		5
	335		335		335		335	
	335		335		335		335	
	139		139,25		140		140,5	
	137,1		130,35		139,35		139,3	
	145,65		145,375		145,2		145,0	
	200		200		200		200	
	0,11		0,11		0,13		0,20	

PROFIL EN LONG DE LA CONDUITE D'ADDUCTION

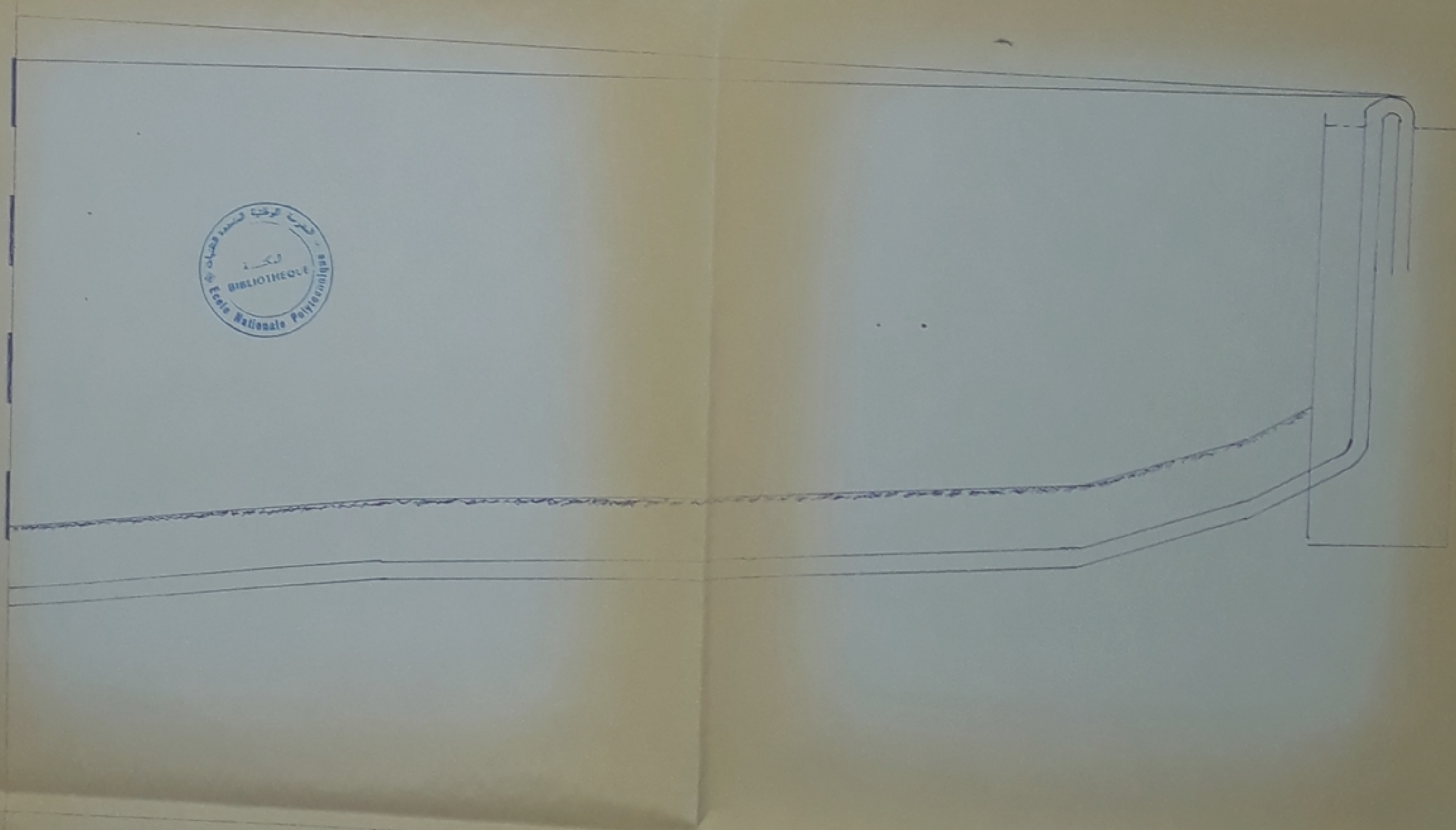
AIN EL KHEIR — BACHE DE REPRIN — ECHELLE — 1CM = 10M



N. DU NOEUD		1	2	3	4
DISTANCE	60				
D. CUMULE	60		45	15	
CÔTE. DUT. H.M.	1375	13075	140	155	
" " PRO	1358	13005	13075	1405	1405
PIEZOMETR.	1355	13005	13005	1395	1395
DIAMETRE	250	1353	1352	1451	135075
PENT.	0,160		250	250	
			013	0	

SENONIEN ——— D. ——— RSE

ECHELLE HOR 1CM. — 1M  
VER 1CM. — 05M



N. DU NOEUD		1	2	3	4
DISTANCE	60				
D. CUMULE	60		45	15	
CÔTE. DUT. H.M.	1372	13075	159	155	
" " PRO	1373	13705	13925	140	1405
PIEZOMETR.	1353	1354	13036	1391	1395
DIAMETRE	250		1357	135	1445
PENT.	01		250	250	
			031	05	

MATMOURA ——— D. ——— RSE 4/98 -6-



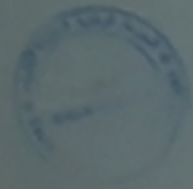
PROFIL EN LONG DE LA CONDUITE D'ADDUCTION

PROFIL EN LONG

DRESSE PAR	DENKOUDEH.S DOKHARI	ECHELLE	HOR 1CM. — 1M VER 1CM. — 05M
CONTROLE	M. KHAZED M. NESARLI	PROMOTION	
DATE	SETH YAL		JAN 00



# PROFIL EN LONG DE LA DISTRIBUTION



130  
130

N. DU NOEUD	0	2
DISTANCE	30	40
CUMULE	30	00
COTE DU TERRAIN	1370	
PROJET	1369	
PROFIL	1320	
PROFONDEUR	259	
DIAM. TUB.	500	500
PENTE	002	00003

3	4
60	
160	
	137
	1361
	10266
	2654
500	
0033	

ECHELLE HOR 1CM...1M  
VER 1CM...1M

# PROFIL EN LONG DE DISTRIBUTION

4/83



DRESSE PAR	BENKOUDELS BOUKHARU	ECHELLE	HOR 1CM...1M VER 1CM...1M
CONTROLE	MASZET MAGLUN	PREPARE	
POSEUR	SI THYAL	DATE	JAN 83







No		Date		Description		Debit		Credit		Balance		Total		Remarks	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1	1988	01	1000	1000										
1	2	1988	02	1000	1000										
1	3	1988	03	1000	1000										
1	4	1988	04	1000	1000										
1	5	1988	05	1000	1000										
1	6	1988	06	1000	1000										
1	7	1988	07	1000	1000										
1	8	1988	08	1000	1000										
1	9	1988	09	1000	1000										
1	10	1988	10	1000	1000										
1	11	1988	11	1000	1000										
1	12	1988	12	1000	1000										
1	13	1988	13	1000	1000										
1	14	1988	14	1000	1000										
1	15	1988	15	1000	1000										
1	16	1988	16	1000	1000										
1	17	1988	17	1000	1000										
1	18	1988	18	1000	1000										
1	19	1988	19	1000	1000										
1	20	1988	20	1000	1000										
1	21	1988	21	1000	1000										
1	22	1988	22	1000	1000										
1	23	1988	23	1000	1000										
1	24	1988	24	1000	1000										
1	25	1988	25	1000	1000										
1	26	1988	26	1000	1000										
1	27	1988	27	1000	1000										
1	28	1988	28	1000	1000										
1	29	1988	29	1000	1000										
1	30	1988	30	1000	1000										
1	31	1988	31	1000	1000										
1	32	1988	32	1000	1000										
1	33	1988	33	1000	1000										
1	34	1988	34	1000	1000										
1	35	1988	35	1000	1000										
1	36	1988	36	1000	1000										
1	37	1988	37	1000	1000										
1	38	1988	38	1000	1000										
1	39	1988	39	1000	1000										
1	40	1988	40	1000	1000										
1	41	1988	41	1000	1000										
1	42	1988	42	1000	1000										
1	43	1988	43	1000	1000										
1	44	1988	44	1000	1000										
1	45	1988	45	1000	1000										
1	46	1988	46	1000	1000										
1	47	1988	47	1000	1000										
1	48	1988	48	1000	1000										
1	49	1988	49	1000	1000										
1	50	1988	50	1000	1000										
1	51	1988	51	1000	1000										
1	52	1988	52	1000	1000										
1	53	1988	53	1000	1000										
1	54	1988	54	1000	1000										
1	55	1988	55	1000	1000										
1	56	1988	56	1000	1000										
1	57	1988	57	1000	1000										
1	58	1988	58	1000	1000										
1	59	1988	59	1000	1000										
1	60	1988	60	1000	1000										
1	61	1988	61	1000	1000										
1	62	1988	62	1000	1000										
1	63	1988	63	1000	1000										
1	64	1988	64	1000	1000										
1	65	1988	65	1000	1000										
1	66	1988	66	1000	1000										
1	67	1988	67	1000	1000										
1	68	1988	68	1000	1000										
1	69	1988	69	1000	1000										
1	70	1988	70	1000	1000										
1	71	1988	71	1000	1000										
1	72	1988	72	1000	1000										
1	73	1988	73	1000	1000										
1	74	1988	74	1000	1000										
1	75	1988	75	1000	1000										
1	76	1988	76	1000	1000										
1	77	1988	77	1000	1000										
1	78	1988	78	1000	1000										
1	79	1988	79	1000	1000										
1	80	1988	80	1000	1000										
1	81	1988	81	1000	1000										
1	82	1988	82	1000	1000										
1	83	1988	83	1000	1000										
1	84	1988	84	1000	1000										
1	85	1988	85	1000	1000										
1	86	1988	86	1000	1000										
1	87	1988	87	1000	1000										
1	88	1988	88	1000	1000										
1	89	1988	89	1000	1000										
1	90	1988	90	1000	1000										
1	91	1988	91	1000	1000										
1	92	1988	92	1000	1000										
1	93	1988	93	1000	1000										
1	94	1988	94	1000	1000										
1	95	1988	95	1000	1000										
1	96	1988	96	1000	1000										
1	97	1988	97	1000	1000										
1	98	1988	98	1000	1000										
1	99	1988	99	1000	1000										
1	100	1988	100	1000	1000										

CALCUL DU RESEAU DE DISTRIBUTION

4/88  
- 9 -  
DRESSE PAR DENKOUIDERS  
CONTROLE PAR BOKHARI  
PROPOSE PAR MR  
SE THYAL



