

11/86
1EX
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

«0»

وزارة التعليم والبحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

«0»

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

«0»

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة - BIBLIOTHÈQUE
Ecole Nationale Polytechnique

Departement Hydraulique

«0»

PROJET DE FIN D'ETUES

en vue de L'obtention d'Ingenieur d'Etat en Hydraulique

SUJET

**Alimentation en Eau Potable
Station de Pompage et
Assainissement de la Z.H.U.N
de Birine Wilaya DJELFA**

Proposé par :

(D.H.E.F.)

DJELFA

Etudié par :

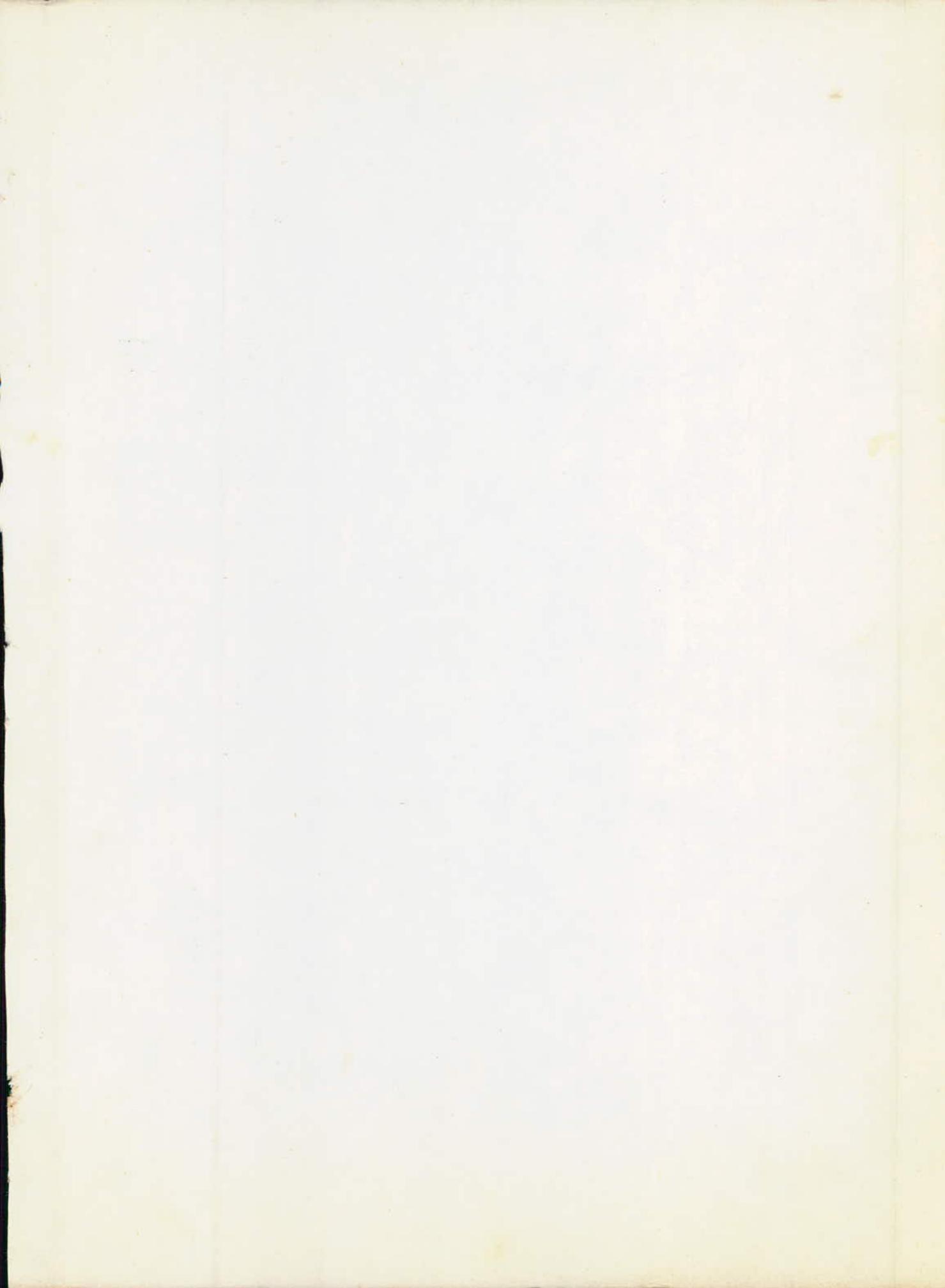
Amar, KEZRANE

A. BENLAHRECH

Dirigé par :

V. METREVELI

PROMOTION : Fevrier 1986



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

«0»

وزارة التعليم والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCINÉTIQUÉ

«0»

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات

ECOLE NATIONALE POLYTICHNIQUE

«0»

المكتبة - المكتبة
BIBLIOTHEQUE - المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Departement Hydraulique

«0»

PROJET DE FIN D'ETUES

en vue de L'obtention d'Ingenieur d'Etat en Hydraulique

SUJET

**Alimentation en Eau Potable
Station de Pompage et
Assainissement de la Z.H.U.N
de Birine Wilaya DJELFA**

Proposé par :

(D.H.E.F.)

DJELFA

Etudié par :

Amar, KEZRANE

A. BENLAHRECH

Dirigé par :

V. METREVELI

PROMOTION : Fevrier 1986

D E D I C A C E S

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance
et de respect:

- à la mémoire de mon grand père et ma grand mère.
- à mes parents qui ont fait tout leur possible pour que
je réussisse.
- à mes frères et soeurs.
- à toute la famille, et mes amis (es).
- mon maitre Atta.



A. BEN LARECH

Je dédie cet hmble et modèste travail:

- à mon père.
- à ma soeur, mattante, leur enfants et leur maris.
- à ma femme et mes enfants (Amina et Abderahmane).
- à tous mes frères dans lislam.

AMAR KEZRANE

- T A B L E A U DES M A T I E R E S -

1^{ère} Parties/ - Alimentation en eau potable :

Chapitre I : Présentation et Généralités

I.- Introduction

2.- Présentation de la ZHUN

2.1.- Situation géographique

2.2.- Situation Topographique

2.3.- Situation Climatique

Chapitre 2 : 1.- Habitat (données généraux)

2.- Démographie

2.1.- Evolution de la population

3.- Calcul des besoins en eau (dotation)

3.1.- Besoins domestique

3.2.- Besoins scolaire

3.3.- Besoins municipaux

b.- Besoins commerciaux

C.- Equipement et loisir

d.- Besoins administratifs

4.- Tableau récapitulatifs et majoration de 20%

5.- Etude des variations des débits

6.- Consommation journalière max et débit de pointe

7.- Caractéristiques des forages.

Chapitre 3 : Réservoir : (11)

1.- Rôle

2.- Détermination de la capacité du réservoir (Tableau)

3.- Dimensionnement du réservoir

3.1.- Calcul du diamètre du réservoir

.../...

- 4.-Choix au site d'implantation
- 5.-Détermination de la cote du radier
- 6.-Choix du type de réservoir
- 7.-Equipement du réservoir
 - a.-Conduite d'alimentation
 - b.-Conduite de distribution
 - c.-Conduite de trops plein
 - d.-Conduite de vidange
 - e.-Robinét floteur(commandé par ligne pilote)
 - f.-By-Pass
 - g.-Matérialisation de la réserve d'incendie
- 8.-Bache de reprise
 - 1.-Rôle de la bache de reprise
 - 2.-Capacité et dimenssionnement

Chapitre 4

-Distribution (18)

- 1.-Introduction
- 2.-Dimentionnement de la conduite de distribution
- 3.-Détermination des débit au noeud
- 4.-Calcul du réseau de distribution (méthode de H.CROSS)
 - a.-Loi des noeud
 - b.-Loi des mailles
- 5.-Calcul des pertes de charges
- 6.-Calcul du débit corréctif
- 7.-Programme de calcul du réseau maillé avec TI.59.
- 8.-Calcul des préssions au sol
- 9.-Equipement du réseau de distribution
 - a.-Nature des canalisations
 - b.-Système d'assembage
 - PROTECTION DES CONDUITES CONTRE LE COUPS DE BELIER
 - 1° PRSENTATION DU PHENOMENE
 - 2° Equipement et moyen de protection
 - 3° Réservoir d'air
 - 4° Principe de fonctionnement
 - 5° Principe de calcul du réservoir d'air
 - Methode de Bergeron

CHAPITRE I

PROBLEME DE POMPAGE(Adduction) (60)

- 1-Choix du Tracé
- 2-Choix du types de tuyaux
- 3-Etude technico-economique des diametres
- 4-Calcul de la Hauteur manometriques total
- 5-Characteristiques des Conduites

CHAPITRE II

CONSTITUTION ET PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UNE POMPE CENTRIFUGE

- 1-Généralités
- 2-Le Rotor(la roue),role
- 3-Principe de Fonctionnement
- 4-Characteristique du triangle des Vitesses
- 5-Role des cannaux de retour
- 6-Bache spirale(Volute)

CHAPITRE III

CARACTERISTIQUE DE FONCTIONNEMENT DES POMPES 74

- 1-Choix des pompes
 - .point de fonctionnement
 - .équation des caracteristiques d'une serie homologue (programme)
- 2-Aspiration des pompes centrifuges
- 3-Tuyauterie d'aspiration
- 4-Circuit d'aspiration
- 5-Pompes centrifuge (station de pompage)
 - .calcul de N.P.S.H_d
 - .calcul de N.P.S.H_r
 - verification de cavitation
- 6-Characteristique de fonctionnement de la pompe horzontale
 - .hauteur d'EULER H_{thz}
 - .hauteur d'EULER H_{th∞}
 - .tracés des courbes H_{thz} et H_{th∞}
 - .pompe horzontale(courbes)

CHAPITRE IV

PROTECTION DES POMPES

- 1-Phénomene hydraulique (desamorçage,coups de Belier,Volant,Reservoir d'air)
 - Calcul des pertes de charges hydraulique
 - Rendement hydraulique
 - Calcul des pertes de charges Volumétrique
 - Rendement Volumétrique
 - Calcul des pertes de charges Mécanique
 - .puissance utile
 - .puissance dissipée dans les paliers et les Presse -etoupes
 - .puissance dissipée par frottement liquide-parois
 - Rendement mecanique
 - Rendement global
 - Determination de la puissance absorbée par le groupe Moto-pompe
 - Tracé des Courbes caracteristiques

CHAPITRE V

CHOIX DU MOTEUR D'ENTRAINEMENT

1. Généralités
2. Genre et type
3. choix des moteurs



CHAPITRE VI

BATIMENT DE STATION DE POMPAGE

1. Généralités
2. Conception et organisation
 - .Salle des moteurs
 - .Salle des annexes
 - .Eclairage
 - .Ventillation et cauffage

PARTIE III

ASSAINISSEMENT

- I. Introduction
- I₁. Données de bases
- I₂. Etat actuel
- I₃. Choix du système évacuation
- I₄. Type d'eau à évacuer
- II . Dimensionnement des collecteurs
- II₁. Interprétation du tableau
- III . Element constitutif du réseau
- III₁. Ouvrages principaux
- III_{1.1} . Pose des canalisations
- III_{1.2} . Les Joints
- III₂ . Ouvrage annexe
 - a. Rôle
 - b. Emplacement

- C H A P I T R E : O I -

PRESENTATION ET GENERALITES



GENERALITES :

1°) - Introduction :

L'objet de notre étude consiste à la réalisation d'une station de pompage, et d'alimentation et d'assainir la ZHUN de Birine.

2°) - Présentation de la ZHUN :

2.1.- Situation géographique :

La Birine se situe au nord P/V Djelfa et au nord est de Ain - oussera à 32 kms.

La ZHUN de Birine est située au sud est par rapport à l'ancienne ville, et du côté est de la route vicinale n°:38 se dirigeant vers Had - sahy. Elle est limitée:

- Au Nord par l'habitation horizontale (lotissement).
- A l'ouest par la route Birine Had - Sahary
- A l'est par terrain agricole privé
- Au sud terrain vague.

2.2.- Situation Topographique :

Le relief n'est pas tellement accidenté du nord vers le sud se caractérisant par une pente moyenne variant de 3 à 5 %.

2.3.- Situation climatique :

Les données climatiques de la commune sont conformes au climat continental semiaride de la région. ^{il} Il n'y a pas de dérogation microclimatique spéciale. La quantité de précipitation annuelle n'atteint pas les 300 mm.

Le nombre des jours pluvieux par an est à peu près 39j les données de températures conformément au climat continental montre une grande alternance annuelle, le maximum moyen d'été est de 33,4°C, le minimum. Moyen d'hivers est de 2,5°C .

Pendant les mois d'hivers la gellée et la neige sont fréquentes. Sur le territoire de la commune, le vent d'ouest est dominant. Pendant l'été il y a en moyenne 20 jours de sirocco.

.../...

.../...

HABITAT (DONNEES GENERALES)

	N° de I l o t s					total
	A	B	C	D	E	
surface total	4,70	6,61	8,12	6,21	6,45	32,09 Ha
surface habitats	1,96	1,21	3,06	4,60	3,42	14,25 Ha
surface équipement	1,22	2,83	2,29	-	1,00	7,34 Ha
surface voirie	0,35	2,51	2,02	1,61	1,93	8,42 Ha
surface verte, et piétonnière	1,17	0,06	0,75	-	0,10	2,08 Ha
Nombre de logements	98	60	152	230	170	710
Nombre d'habitants	588	360	912	1380	1020	4.260
Densité brute	20,85	9,07	18,71lg/ha	37,03	26,35 lg/ha	22,12log/ ha
Densité nette	50,00	50log/ha	50log/ha	50,00	50,00log/ha	50,00log/ ha

Densité brute = $\frac{\text{nombre des logements}}{\text{surface total de ZHUN}}$

Densité nette = $\frac{\text{Nombre des logements}}{\text{surface nette pour l'habitant}}$

.../...

.../...

- C H A P I T R E : 02 -

DEMOGRAPHIE ET BESOINS

DEMOGRAPHIE :

Les causes principale de l'accroissement des besoins en eau sont :

- l'évolution du niveau de vie.
- croissance démographique
- l'industrialisation.

d'après les renseignements recueillis auprès de l'APC, le taux d'accroissement de la population est de 3,2%.

- Ayant le nombre de logement 710 log. et prenant comme densité 6 personnes par logement, nous aurons $P_n = 710 \times 6 = 4260$ habts

2.1.- Evolution de la population :

L'évolution démographique dans notre pays suit la loi des accroissements géométriques donnée par la relation des intérêts composés.

$$P_n = P_0 (1 + t)^n$$

P_n : population future à l'horizon voulu.

P_0 : population à l'année de référence

t : taux d'accroissement annuel de la population

n : nombre d'année séparant les deux horizons.

on prend comme année de référence 1985 et on étudie les besoins en eau pour l'horizon 2000.

$$P_{2000} = 4260 (1 + 0,032)^{15}$$

$$P_{2000} = 6833 \text{ Habts}$$

3°) - Calcul des besoins en eau : (dotation)

3.1.- besoins domestique : d'après le nombre d'habitant l'ans 2000.= 6833 habts
<10.000 habts l'estimation de la dotation et de 150 l/j/habts

nombre d'occupant	dotation l/j/habts	consommation m3/j
6833	150	1025,00

3.2.- besoins scolaires :

Designation	Nombre d'occupants	Dotation l/j/eleve	Consommation m3/j
1.C.E.M.	500	100	50
1.C.F.P.A.	300	100	30
2.Ecole Fondamental	1362	100	136,2
1.Créclu	200	25	5

total : 224,2

3.3.- besoins municipaux :

3.3.1.- a°) - besoins socioculturels :

Designation	Nombre d'occupants	Dotation	consommation
mosquées	2500 fidel	15	37,5

b°) - besoins commerciales :

café.	400 client	5l/j/client	2
divers	4160 m2	5l/j/m2	20,8

22,8

.../...

c°) - Equipement et loisir :

Designation	Nombre d'occupant et superficie	Dotation l/j/m2	Consommation
Aire de jeux	11700(m2)	5	58,5
Espace vert	6000(m2)	2	12
Jardin d'enfant	3200(m2)	5	16

86,5

d°) - besoins administratif :

Designation	Nombre d'occupant et superficie	Dotation l/j/m2	Consommation m3/j
équipement administratif	6.900	4	27,6

4°) - Tableau récapitulatif et majoration de 20 % :

Designation	Consommation m3/j	Majoration 20%	Total après majoration
Domestiques	1025	205	1230
Scolaires	224,2	44,84	269,04
Socioculturels	37,2	7,44	44,64
Commerciales	22,8	4,56	27,36
Loisirs	86,5	17,3	103,8
Administratifs	27,6	5,52	33,12
		Total:.....=	1707,96

La majoration de 20% traduit le pourcentage des pertes et fuites, en supposant que le réseau sera bien entretenu.

.../...

.../...

5°) - Etude des variations des débits :

Les différentes consommations mensuelles, journalière et horaires sont les causes principales de la variation du débit.

- Variations annuelles : dépend du niveau de vie de la population
- Variations mensuelles : selon l'importance de la ville.
- Variation journalière: selon le jour de la semaine
- Horaire : qui représente la variation la plus importante aux heures de pointe.

Ainsi on applique au débit moyen des coefficients correspondants. Afin d'obtenir le débit de pointe du jour le plus chargé de l'année.

5.1*- Coefficient d'irregularité de la consommation journalière k_j .

$$k_j = \frac{\text{consommation max. journalière}}{\text{consommation moy jour}} = \frac{Q_j \text{ max}}{Q_j \text{ moy}}$$

ce coefficient varie de 1,15 à 4,3 pour nous en prend

$k_j = 1,3$.

*- coefficient d'irregularité de la consommation horaire k_o

$$k_o = \frac{\text{consommation horaire max.}}{\text{consommation horaire moy.}}$$

k_o calculer d'après la formule suivante :

$k_o = \alpha \cdot B$ avec $1,2 < \alpha < 1,4$

et B déterminé en fonction de la population

population	1.000	1.500	2.000	6.000	1.0000	20.000	30.000
B	2	1,8	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15

pop = 6833 \Rightarrow B = 1,38

avec $\alpha = 1,25$

.../...

.../...

$$\text{donc : } k_o = 1,25 \times 1,38 = 1,725$$

$$\boxed{k_o = 1,725}$$

*- coefficient de pointe k_p

$$k_p = k_o k_j = 1,725 \times 1,3 = \boxed{2,24}$$

6.- Consommation Journalière maximale et debit de pointe :

$$Q_j^{\text{max}} = k_j Q_j^{\text{moy}} \quad (\text{avec le quel on dimensionne la conduite d'adduction})$$

$$Q_p = k_p \cdot Q_j^{\text{moy}} \quad (\text{avec le quel on dimensionne la conduite de distribution})$$

consommation moyenne jour.	K_j	consommation max. jour. m ³ /j	K_o	K_p	debit de pointe m ³ /j
1707,96	1,3	2220,00	1,725	2,24	3825,830

$$44,28 \text{ l/s}$$
$$0,0442 \text{ m}^2/\text{s}$$

7.- Caractiristique du forage :

forage F₁

debit $Q = 32 \text{ l/s}$

coordonnées

Rabatement : 12 m

$$x = 248,30$$

niveau dynamique : 34

niveau statique : 22 m

$$y = 543$$

cote du forage : 708

le forage disponible à un debit de 32 l/s soit : 2764,8 m³/j qui est largement suffisant pour l'horizon 2000

Forage : F₂ :

debit $Q = 25 \text{ l/s}$

Coordonnées $x = 247,80$

Rabatement : = 14

niveau dynamique = 32

" $y = 544,70$

niveau statique = 18 m

cote du terrain du forage = 715,06m

.../...

.../...

Le 2^{em}e forage est destiné actuellement pour le village de :
Ain - ben nor. 10% de l'eau est destinée pour l'alimentation en eau potable et 90%
pour l'irrigation .

On prend le 2^{em}e forage comme sécurité en cas d'accident du F₁ et on
aménage une conduite de refoulement du F₂ à la bache de reprise.

-CHAPITRE : III

RÉSERVOIR

1°) Rôle Il a essentiellement pour but de servir de régulateur aux variations de la consommation, pendant la période où la consommation excède la production. Il se vide et il se remplit par contre aux heures creuses, où la consommation est inférieure à l'apport;

En conclusion: Les réservoirs constituent un volant qui permet d'assurer, au heures de pointes les débits maximums demandés et de régulariser la pression dans le réseau ils permettent également de combattre efficacement les incendies.

Le réservoir doit être:

- étanche
- à l'abri de contamination d'eau superficielle ou souterraine.
- à l'abri de la lumière pour éviter le développement des algues.
- construit avec un matériau qui ne soit pas susceptible d'altérer l'eau.
- aménager de telle sorte que l'eau circule régulièrement afin d'éviter toute stagnation propice au développement des micro organismes.

2°) Détermination de la capacité du Réservoir

Le calcul est fait par la méthode Analytique puis représenté par un graphe.

La détermination de la capacité tient compte de la répartition journalière maximale du débit consommé, caractérisé par les coefficients horaires, le découpage en tranches horaires pendant les quelles le débit reste constant, se fait à l'aide d'un analyseur de débit. On peut admettre dans une première approximation la répartition des débits selon le coefficient a_h %. Ces coefficients sont en fonction de l'importance de la population et des heures de désertes.

(Voir tableau pour les calculs)

- COEFFICIENT DE VARIATION HORAIRE DE CONSOMMATION(AH) -

<u>HEURES</u>	P O P U L A T I O N				Algerie de titre Rural
	10.000	10.001 - 50.000	50.001 - 100.000	100.000	
0 - 1	1.0	1.5	3.0	3.35	0.75
1 - 2	1.0	1.5	3.20	3.25	0.75
2 - 3	1.0	1.5	2.50	3.30	1.0
3 - 4	1.6	1,5	3.60	3.20	1.0
4 - 5	2.0	2.5	3.50	3.25	3.0
5 - 6	3.0	3.5	4.10	3.40	5.50
6 - 7	5.0	4.5	4.50	3.85	5.50
7 - 8	6.5	5.5	4.90	4.45	5.50
8 - 9	6.5	6.25	4.90	5.20	3.50
9 - 10	5.5	6.25	5.60	5.05	3.50
10 - 11	4.5	6.25	4.80	4.85	6.0
11 - 12	5.5	6.25	4.70	4.60	8.50
12 - 13	7.0	5.0	4.40	4.60	8.50
13 - 14	7.0	5.0	4.10	4.55	6.0
14 - 15	5.5	5.5	4.20	4.75	5.0
15 - 16	4.5	6.0	4.40	4.75	5.0
16 - 17	5.0	6.0	4.30	4.65	3.50
17 - 18	6.5	5.5	4.10	4.35	3.50

.../...

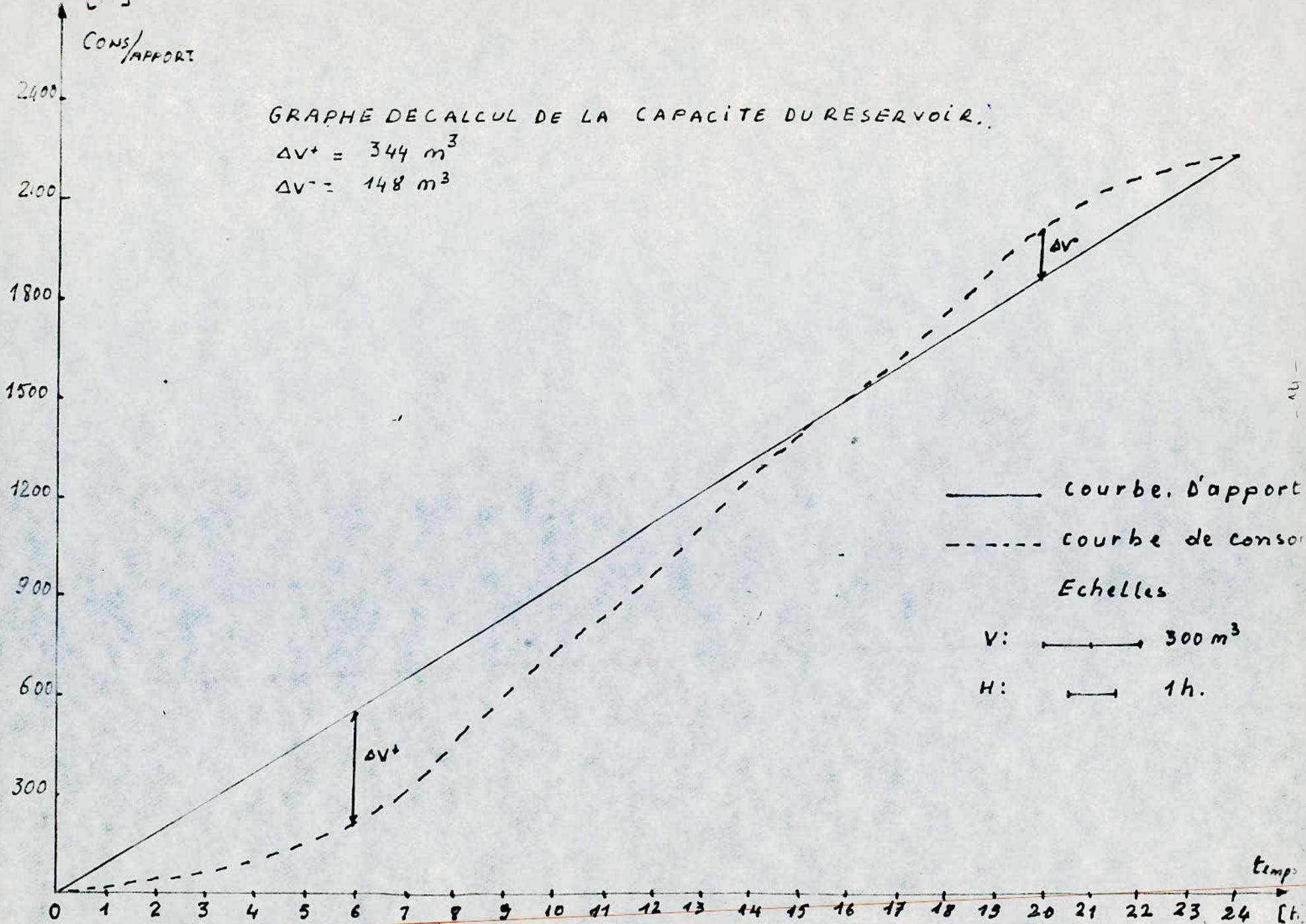
Dt-1H	An	volume m3		volume cumulé m3		Diffirence AV m3	
		Q.st	Q.st an 0,24	V Rapport	V.cumulé	ΔV^+	ΔV^-
0 - 1	1	92,50	22,20	92,50	22,20	70,30	
1 - 2	1	"	22,20	185,00	44,40	140,60	
2 - 3	1	"	22,20	277,50	66,60	210,90	
3 - 4	1,5	"	33,30	370,0	99,9	270,10	
4 - 5	2	"	44,40	462,50	144,3	318,20	
5 - 6	3	"	66,60	555,00	210,9	<u>344,00</u>	
6 - 7	5	"	111,00	647,50	321,9	325,60	
7 - 8	6,5	"	144,30	740,00	466,2	273,80	
8 - 9	6,5	"	144,30	832,50	610,50	222,00	
9 -10	5,5	"	122,10	925	732,60	192,40	
10 -11	4,5	"	99,90	1017,5	832,50	185,00	
11 -12	5,5	"	122,10	1110,00	954,60	155,40	
12 -13	7,0	"	155,40	1202,50	1110,00	92,50	
13 -14	7,0	"	155,40	1295,00	1185,40	29,60	
14 -15	5,5	"	122,10	1387,50	1387,50	00,00	00,00
15 -16	4,5	"	99,90	1480,0	1487,40		7,40
16 -17	5,0	"	111,00	1572,50	1598,40		25,90
17 -18	6,5	"	144,30	1665,00	1742,70		77,70
18 -19	6,5	"	144,30	1757,50	1887,00		129,5
19 -20	5	"	111,00	1850,00	1998		<u>148</u>
20 -21	4	"	88,80	1942,50	2086,8		144,3
21 -22	3	"	66,60	1035,00	2153,4		118,40
22 -23	2	"	44,40	2127,50	2197,80		70,3
23 -24	1	"	22,20	2220	2220		00,0

CONS/AFFORT

GRAPHE DE CALCUL DE LA CAPACITE DU RESERVOIR.

$$\Delta V^+ = 344 \text{ m}^3$$

$$\Delta V^- = 148 \text{ m}^3$$



Le volume du réservoir

$$V_r = \Delta V^+_{\max} + \Delta V^-_{\max} + V_{ri}$$

ΔV^+_{\max} et ΔV^-_{\max} : étant respectivement les excès et les déficits lors des différentes heures de la journée.

V_{ri} : volume de réserve d'incendie. $V_{ri} = 120 \text{ m}^3$.

$$V_r = 344 + 148 + 120 = 612,00 \text{ m}^3$$

prenons / $V_t = 650 \text{ m}^3$ /

3°) - Dimensionnement du réservoir :

3.1.- calcul du diamètre du réservoir :

Ayant $V_t = 650,00 \text{ m}^3$ et on prendra $h = 5 \text{ m}$.

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot h \quad \text{donc} \quad D = \sqrt{\frac{4V}{\pi h}}$$

$$D = 12,86 \quad \text{on prend} \quad \boxed{D = 13 \text{ m}}$$

4°) - Choix du site d'implantation :

Le choix du site d'implantation doit tenir compte :

- fondation (capacité portante du terrain)
- le point le plus bas et le plus haut
- pentes de charges dans les bâtiments
- pentes de charges à partir du réservoir jusqu'à au point le plus défavorable.
- satisfaire aux abonnés une pression suffisante au moment de la pointe.

5°) - Détermination de la cote du radier :

où calcul la cote du radier avec la formule suivante :

$$C_R = C_t + H + h_{wi} + h_{we} + P_s$$

C_t : cote du terrain du point le plus haut à alimenter

H : hauteur prise en fonction du nombre d'étage qu'on a.

h_{wi} : perte de charge singulière

h_{we} : perte de charge linéaire sur le tronçon reliant le réservoir au point le plus haut.

$$C_t : 87,5$$

$$H : R + 4 \text{ étage} = 15 \text{ m} \quad (\text{on prend } 3\text{m pour chaque étage})$$

$$P_s : 3 \text{ m}$$

$$h_{wi} : 3\text{m}$$

$$\boxed{C_R = 108,5 + h_{we}}$$

$$\boxed{h_{we} = J L}$$

.../...

L : longueur de la conduite reliant le réservoir au point le plus haut

J : Gradient de perte de charge en 1ere lieu ou determine C_R sans tenir compte Hwe.cela pour pouvoir fixer la longueur de la condu

$$C_R = 108,5 \text{ m} \quad I = 883 \text{ m}$$

*1.- Determination J ou faisant appel à la théorie de la longueur fluidodynamique de Monsieur LAPRAY . G de lequotion $Q = V A c$ détermine le diamètre de la conduite. $Q = V A = \frac{M D^2}{4} V$

$$\Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 Q}{M V}}$$

avec $V = 1 \text{ m/s.}$ et Q : debit de pointe $[\text{--- M}^3 \text{---}]$

$E = 10^{-3}$ rugosité absolue

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,0442}{3,14 \times 1}} = 0,237 \text{ m.}$$

ou prend un diamètre normalisé $[\text{--- } D = 250 \text{ mm} \text{---}]$

calcul de la vitesse pour $D = 250 \text{ mm.}$

$$V = \frac{4 Q}{M D^2} = \frac{4 \times 0,04428}{3,14 \times (0,25)^2}$$

$$\boxed{V = 0,90 \text{ m/s}}$$

on suppose que le regime est turbulent rugueux $\lambda = 1$ pour le profil circulaire plein de paramètre de forme.

$$\left. \begin{array}{l} E = \frac{h}{D} = 1 \\ \text{et } D = 0,3 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{abq}^{(9)} \\ \implies \end{array} \quad Do = 1,539$$

$$\Lambda = \frac{D}{Do} = \frac{0,25}{1,539} = 0,16244$$

de la formule suivante ou détermine J_R .

$$Q / \left(\sqrt{J_R} \right) = \Lambda^{2,5} (15,96 - 8,681 \frac{h E}{\Lambda})$$

.../...

.../...

$$J_r = \sqrt[2,5]{\frac{Q}{15,96 - 8,681 \text{ en } \frac{m^3}{s}}}$$

$$J_r = 0,004791$$

Verification du regime

$$R_r = V \frac{Dh}{J} = \frac{0,902 \times 0,25}{10^{-6}} = 2,25 \times 10^5$$

$$\frac{E}{Dh} = \frac{10^{-3}}{0,25} = 4 \times 10^{-3}$$

} Moody → le regime est en transition

en fonction R_r et $\frac{E}{Dh}$ nous tirons de Pabaque 17c, $\lambda_j^{5,3}$

$$\frac{E}{Dh} = 5 \times 10^{-3} \implies \frac{J}{J_r} = \lambda_j^{5,3} = 1,025$$

$$\frac{E}{Dh} = 2 \times 10^{-3} \implies \frac{J}{J_r} = \lambda_j^{5,3} = 1,04$$

$$\implies \lambda_j^{5,3} = 1,0$$

$$\frac{J}{J_r} = \lambda_j^{5,3} \implies J = J_r \times \lambda_j^{5,3}$$

$$J = 4,79 \times 10^{-3} \times 1,03$$

$$\boxed{J = 0,0049349}$$

perte de charge $\Delta H = J L_e$.

L_e : longueur équivalente $L_e = 1,15 L_g$

L_g : longueur géométrique.

$$L_e = 1,15 \times 883 = 1015,45 \text{ m.}$$

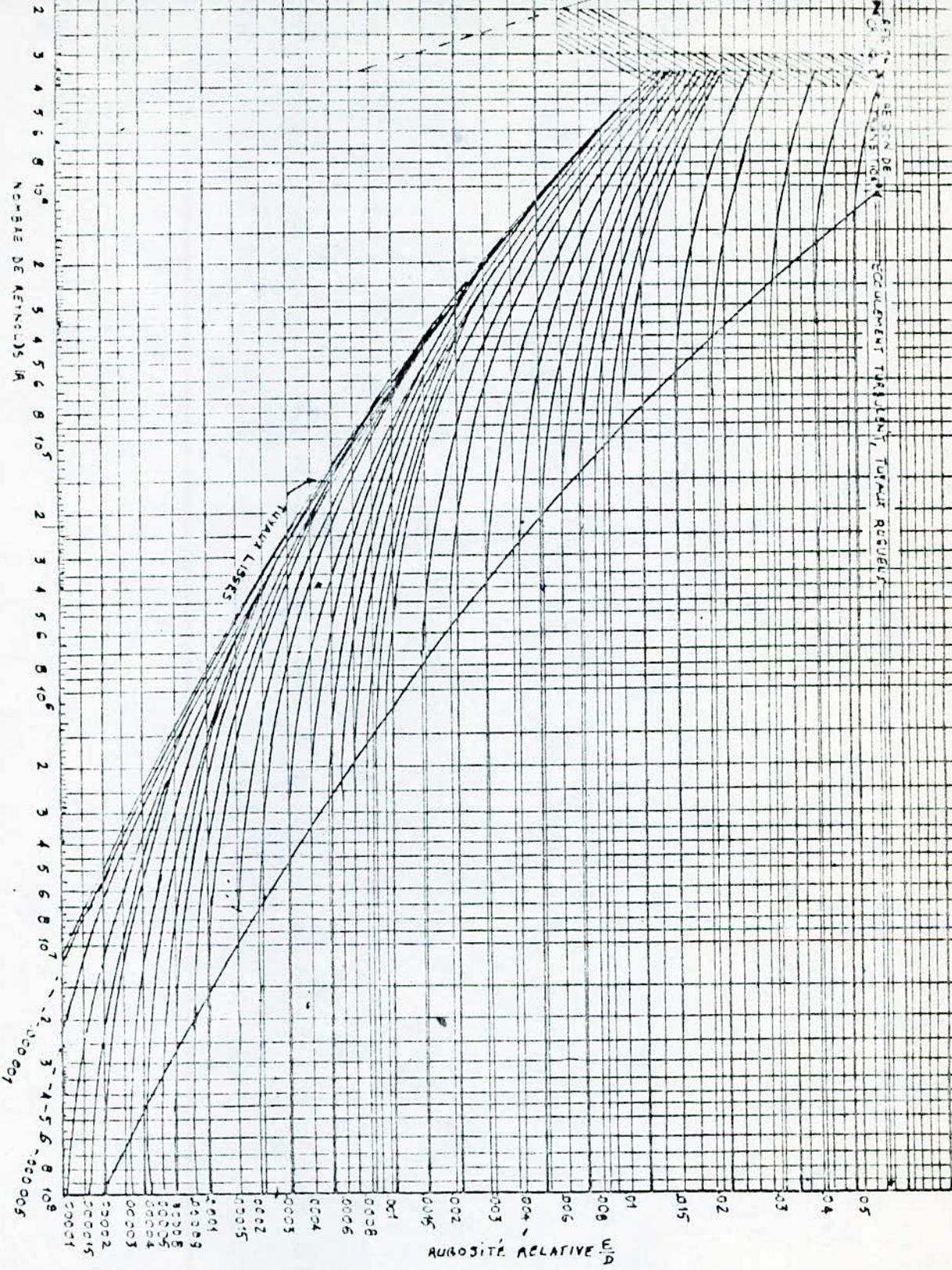
$$\Delta H = 5,01 \text{ m.}$$

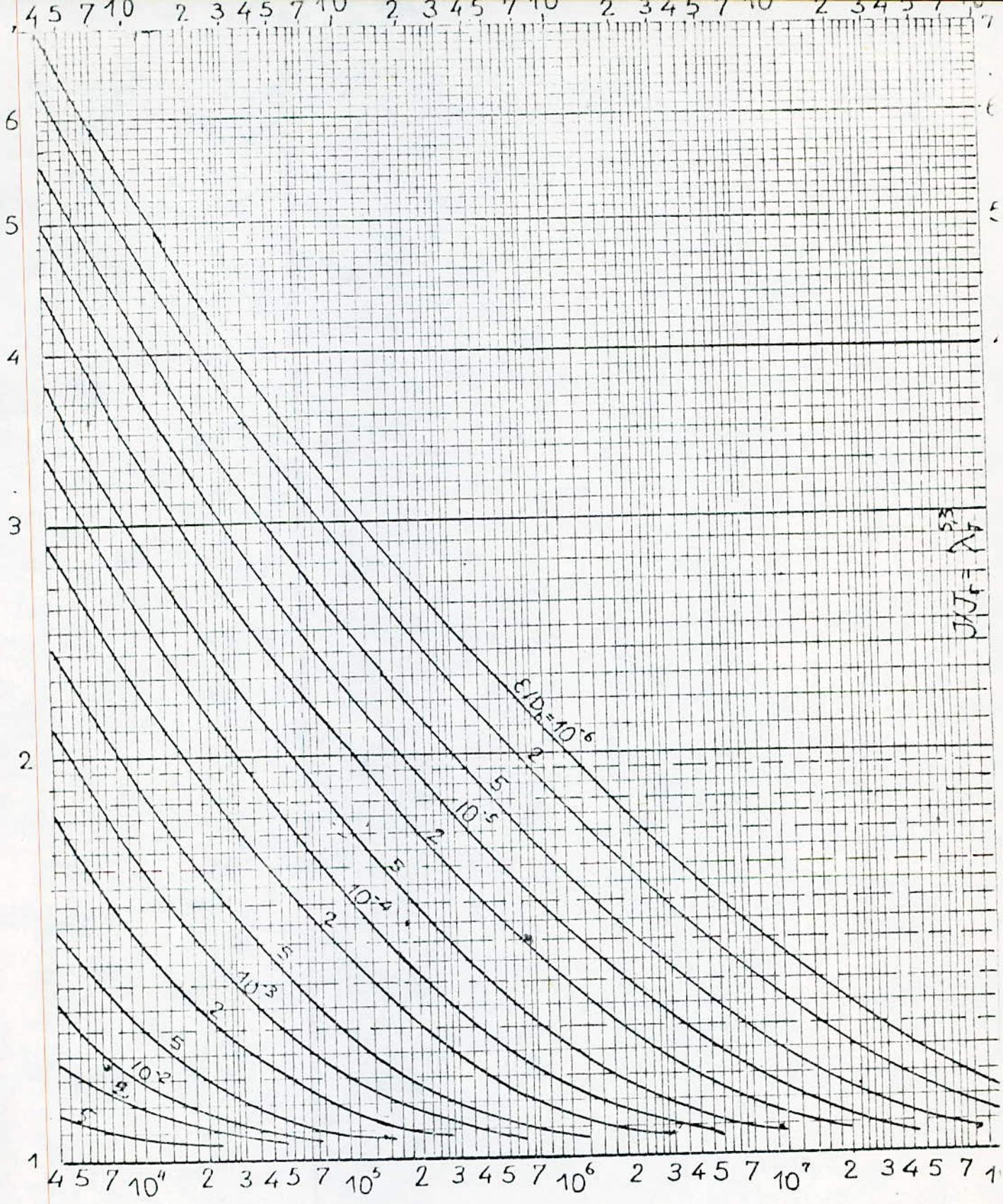
$$C_r = 108,5 + 5,01 = 113,51 \text{ m.}$$

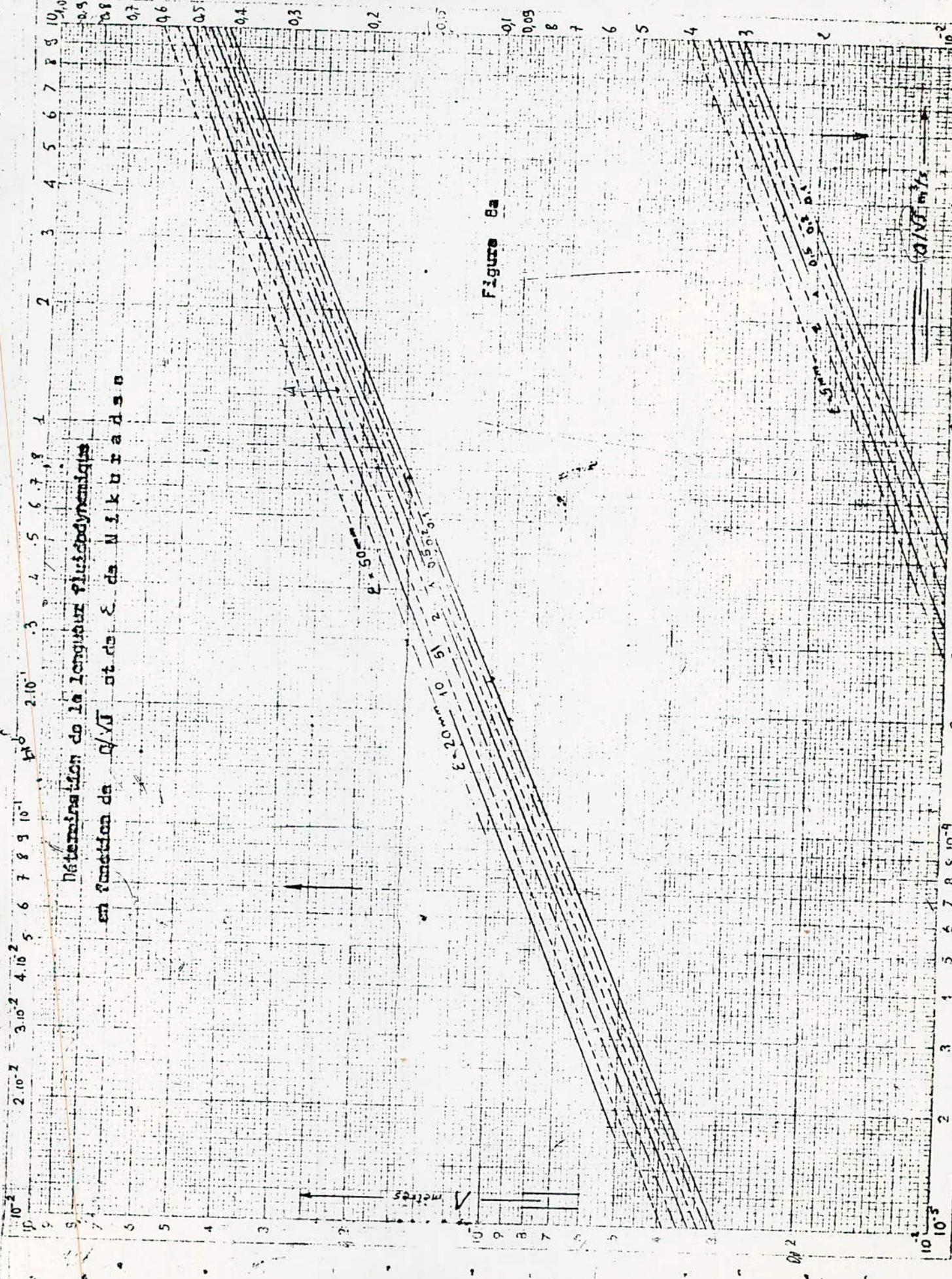
pour des raisons de sécurité on prend comme cote de radier.

$$C_r = 119,50 \text{ m} \quad \text{avec } L_g = 1280 \text{ m.}$$

.../...







Détermination de la longueur fluidodynamique

en fonction de Q/V et de ϵ de Mikuradze

Figure 8a

10²
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.09
8
7
6
5
4
3
2
1
0.1
10⁻⁵

10²
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.09
8
7
6
5
4
3
2
1
0.1
10⁻⁵

mètres

Q/V m/s

$\epsilon = 20\text{mm}$
 $\epsilon = 30\text{mm}$
 $\epsilon = 50\text{mm}$
 $\epsilon = 55\text{mm}$

$\epsilon = 50\text{mm}$
 $\epsilon = 55\text{mm}$

6°) - Choix du type de réservoir :

On choisit le réservoir SEMI - ENFERRE.

Il présente les avantages suivantes :

- Economie sur les frais de construction
- Etanchéité, facile à réaliser
- Architecture très simplifiée
- Conservation de la température constante de l'eau emmagasinée.

7°) - Equipements du réservoir. (voir schéma)

Le réservoir est muni d'une :

- Conduite d'alimentation (Adduction)
- Conduite de distribution
- Conduite de trop plein
- Conduite de vidange

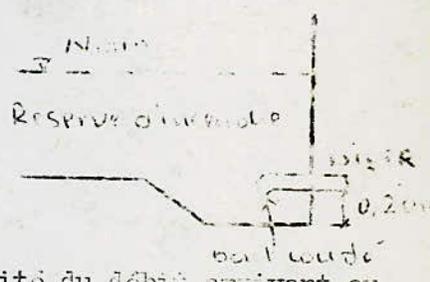
a°) - Conduite d'alimentation :

L'arrivée de l'eau dans le réservoir s'effectue par surverse, noyée pour éviter de détruire l'équilibre carbonique de l'eau et empêcher la précipitation du calcium. Pour éviter le vidange par siphonage on prévoit une clapet du non retour.



b°) - Conduite de distribution :

Pour faciliter le brassage de l'eau et empêcher la pénétration des boeufs qui pourraient éventuellement se déposer sur la conduite au départ de la conduite de distribution sera prévu à l'opposé de l'arrivée, à 20cm au dessus du radier.



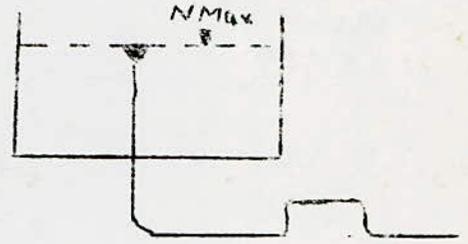
6°) - Conduite de trop plein :

Elle est destinée à évacuer la totalité du débit arrivant au réservoir dépassant le niveau maximum.

.../...

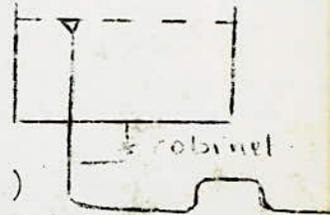
.../....

Un siphon est prévu pour éviter l'introduction d'animaux ou insectes dans le réservoir.



d°)- Conduite de

Elle part du point bas du réservoir et se raccorde sur la canalisation du trop plein, elle comporte une robinet vanne.



e°)- Robinet flotteur (commandé par ligne pilote)

un interrupteur à flotteur va être disposé sur la partie haut du réservoir. Il est relié au contacteur du moteur de la pompe, qui en cherche de dernier par un niveau d'eau inférieur et se déclenche pour un niveau supérieur.

f°)- By - Pass :

Il arrive souvent de nettoyage où de vidanger le réservoir pour ne pas arrêter ^{la distribution} pour que cette dernière sorte continue, on relie la conduite de distribution avec la conduite d'adduction par un By - Pass.

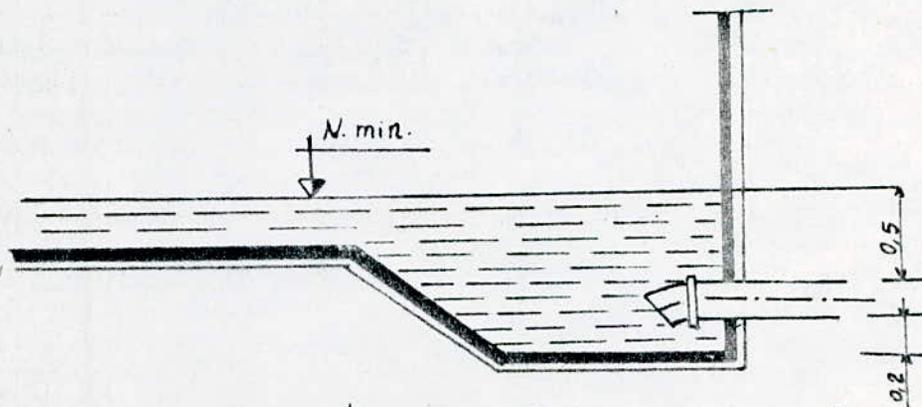
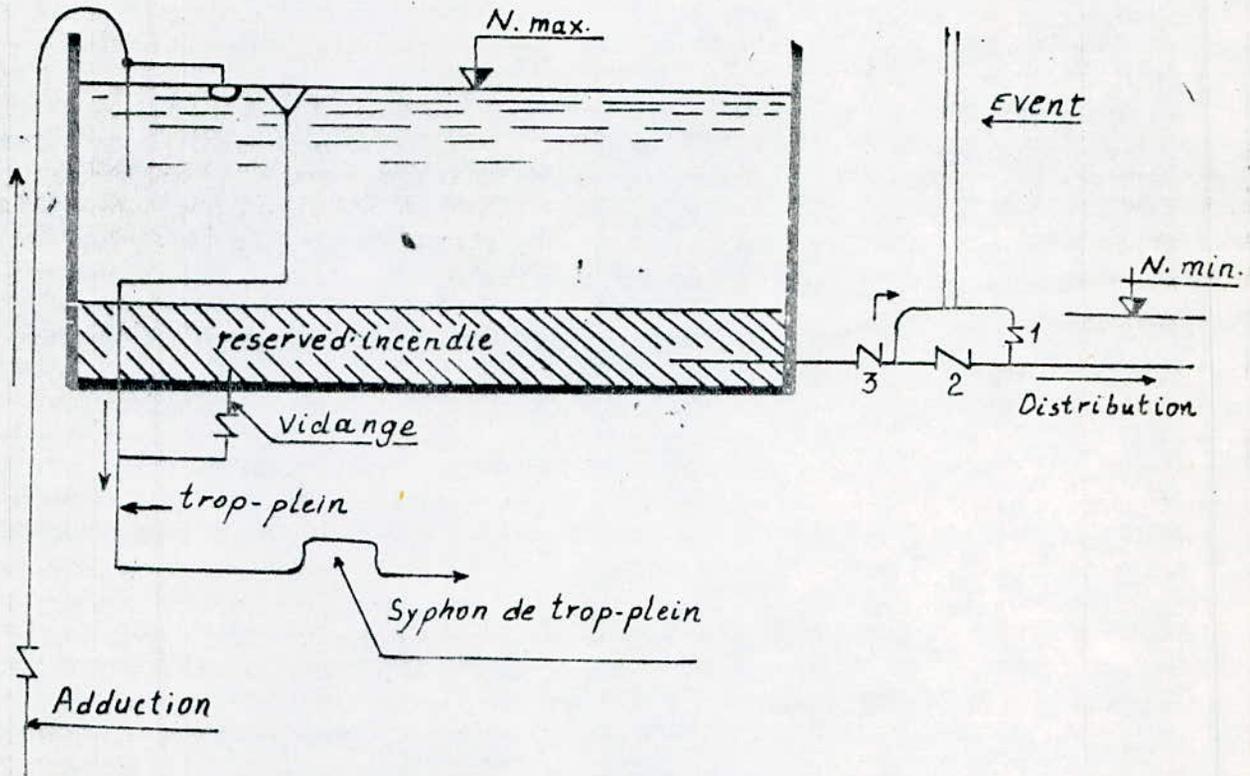
g°) - Matérialisation de la reserve d'incendie :

Le volume d'eau réservé est stocké dans le réservoir pour l'extinction de l'incendie. Il ne devrait pas être repris qu'en cas de nécessité et renouvelé de temps à autre.

Afin éviter que ce dernier ne passe pas par le réseau de distribution et empêcher toute stagnation dans les cuves. On préconise le dispositif suivant (voir fig)

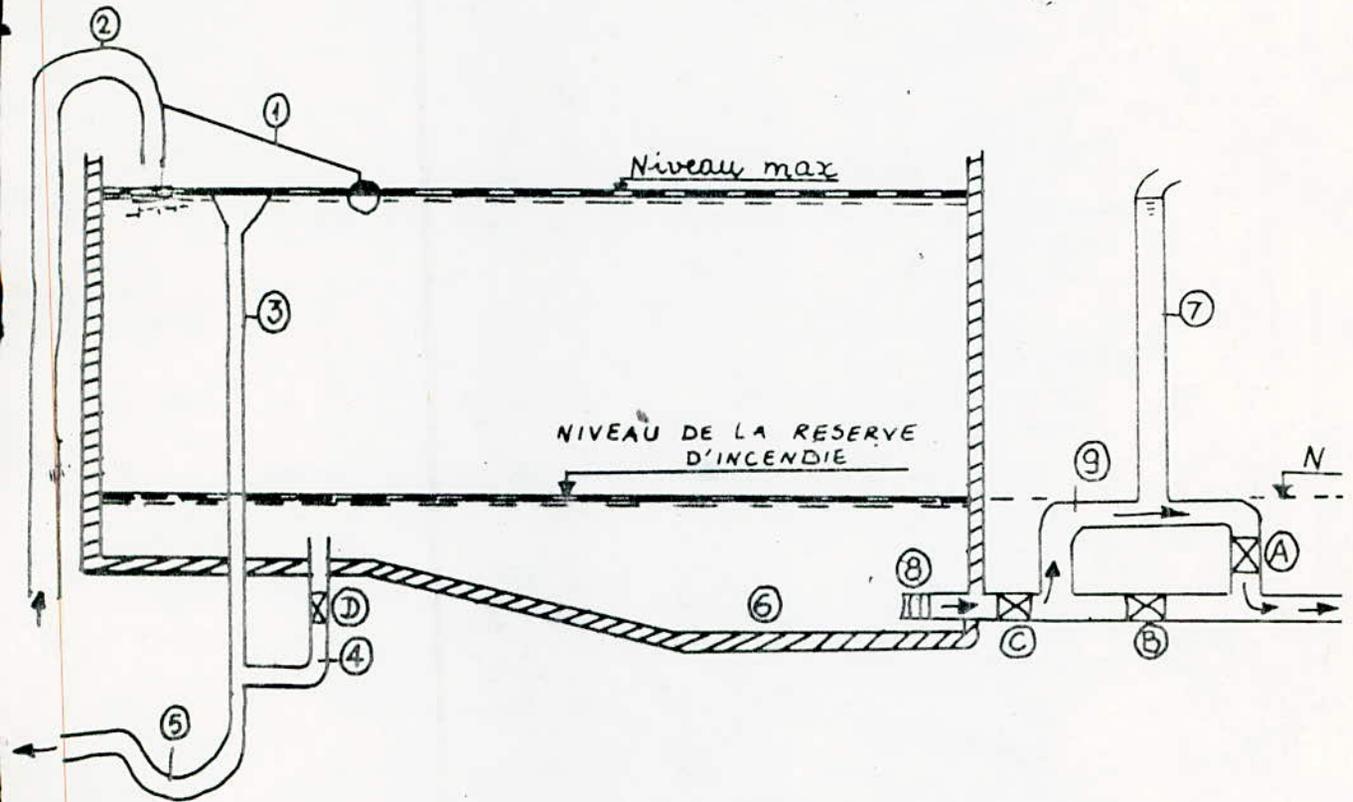
.../...

FONTAINERIE D'EQUIPEMENT



DEPART DE LA CONDUITE DE distribution

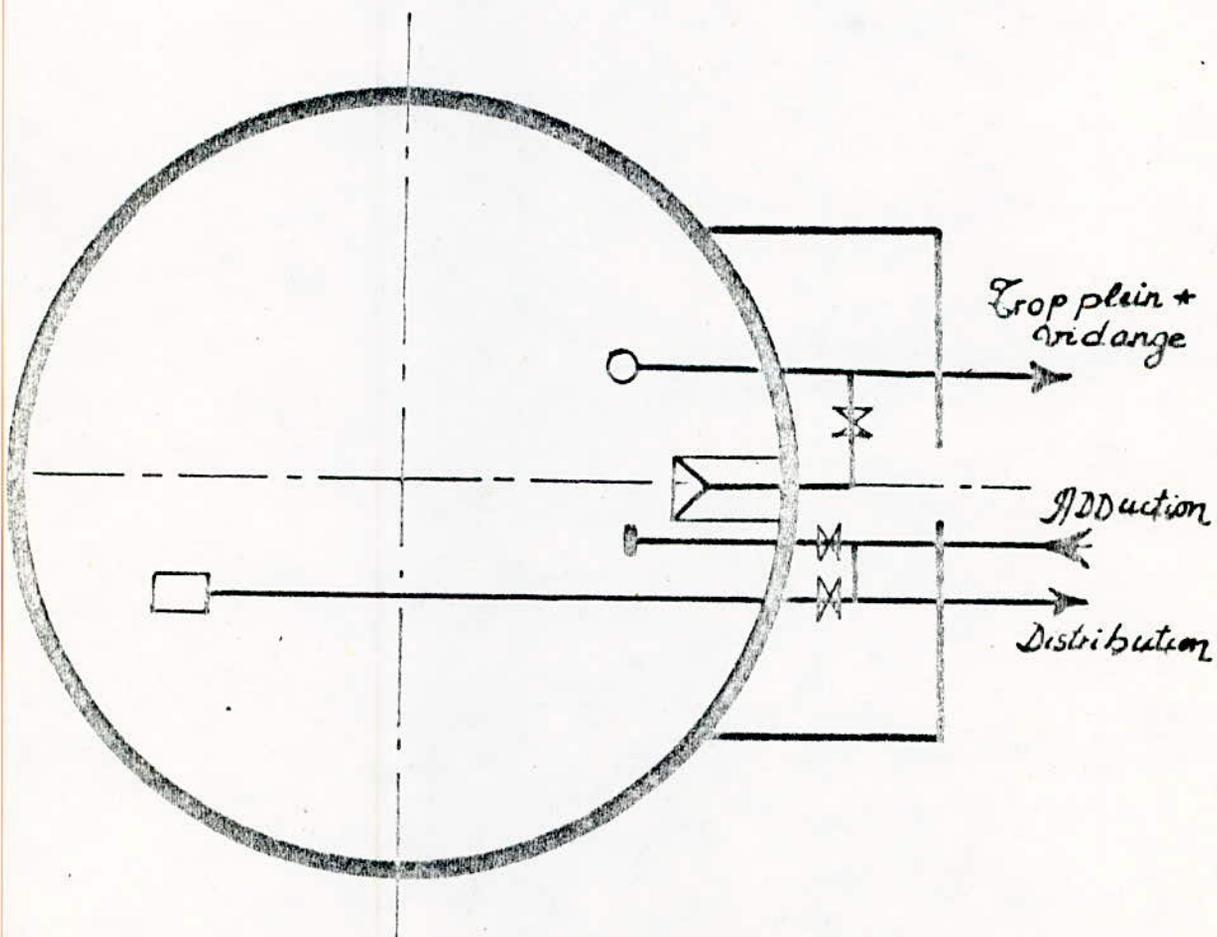
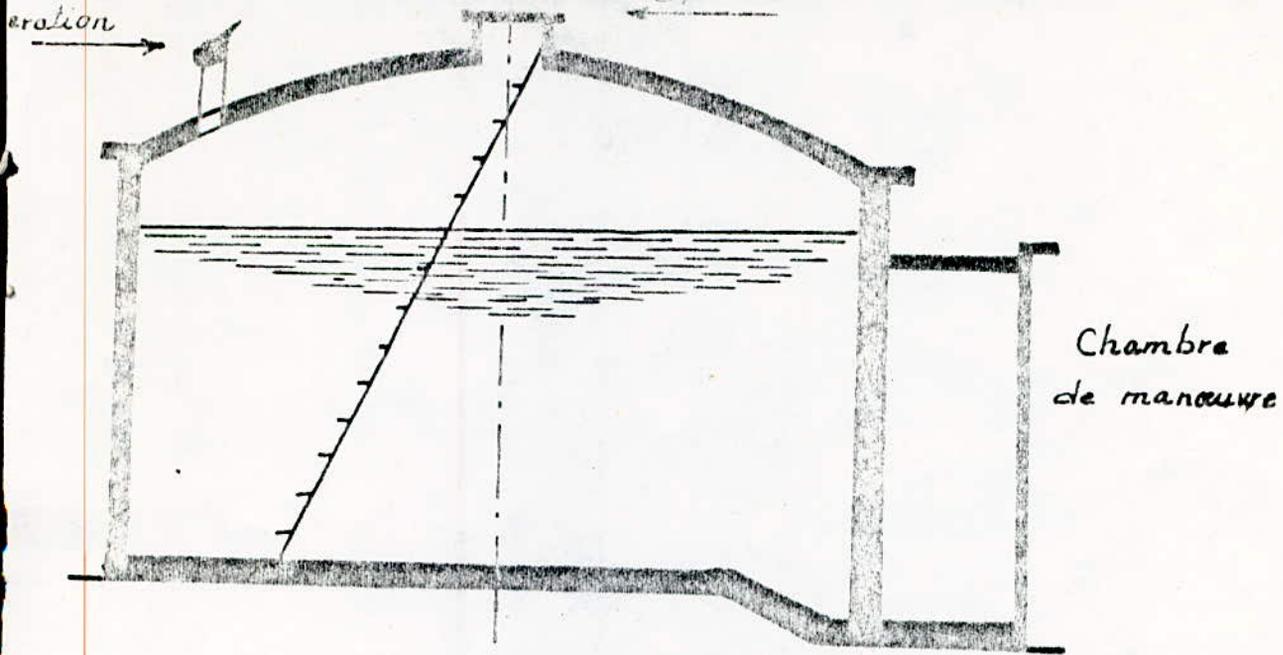
Équipements du réservoir



Un siphon ⑨, qui grâce à l'évent ⑦ ouvert à l'air libre, se desamorce une fois que le niveau d'eau descend en N

En cas de service normal le robinet A est ouvert ; B est fermé. En cas de sinistre, il suffit d'ouvrir B. Il est toujours bon de prévoir un autre robinet vanne C qui permet la repartition de B et A en cas de besoin

1. FLOTTEUR
 2. ARRIVÉE D'ADDUCT
 3. trop-plein
 4. VIDANGE
 5. SIPHON trop pl
 6. PUISARD
 7. EVENT
 8. CREPINE
 9. SIPHON
- A, B, C, D ROBINETS
VANNE
→ sens d'écoulement



Schema en plan d'un reservoir projeté

$$Q_r = 92,50 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$t_r = 24/24$$

Temps	Δt (h)	temps de refoulement (h)	Volume (m ³)	Volume cummulé (m ³)
0-4	4	4	370	370
4-10	6	8	555	925
10-16	6	6	555	1480
16-20	4	4	370	1850
20-24	4	4	370	2220

RECAPITULATIF DES CALCULS :

Temps	0-4	4-10	10-16	16-20	20-24
Volume pompé cumulé total (m ³)	460,8	1036,8	1612,8	1958,4	2304
Volume Refoulé Cumulé (m ³)	370	925	1480	1850	2220
$\Delta V = V_c - V_r$	90,8	111,8	132,8	108,4	84

La plus grande différence en valeur absolue enregistré pendant la journée entre le pompage et le refoulement est 132,8 m³ et pour des raisons de sécurité on prend le volume de 150 m³, et la hauteur de la bache h=4m

$$V = A \cdot h = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot h$$

$$\Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot h}} = \sqrt{\frac{4 \times 150}{3,14 \times 4}} = 6,91$$

ON prend D=7m

ON prévoit une lame d'air d'épaisseur 0,5m la hauteur total de la bache devient.

$$H_t = H + 0,5 = 4 + 0,5 = 4,5 \text{ m}$$

BACHE DE REPRISE:

1) Role de la bache de reprise:

La bache de reprise a pour but de regulariser la variation qui est due au differente duree de pompage des forrages et de la station de pompage

2) Capcite et dimenssionnement:

La capacite de la bache de reprise sera determiner en fonction des differences eventuelles entre le debit de l'alimentation et le debit de pompages

* Debit de pompage:

$$F_1 \dots \dots \dots ; Q_p = 321/s = 115,2m^3/h$$

Debit de refoulement vers le reservoir

$$Q_r = 25,70m^3/s = 92,50m^3/h$$

=====> Le volume de refoulement

$$V = 92,50 \times 24 = 2220m^3$$

Calcul du temps de pompage

$$t_p = \frac{V_r}{Q_p} = 2220 : 115,2 = 19,25h$$

$$t_p = 19,25h$$

Après majoration on prend $t_p = 20h$

Le calcul de volumique pompe est refoulé se fera à la base d'un découpage en tranche horaire en prenant en consideration les heures de pointes.

Ce temps dec refoulement est pris 24/24h

Forrage F_1

$$Q_p = 115,2m^3/h$$

$$t_p = 20h$$

Temps	Δt (h)	Temps de pompage(h)	Volume (m^3)	Volume cummulé (m^3)
0- 4	4	4	460,80	460,80
4-10	6	5	576	1036,80
10-16	6	5	576	1612,80
16-20	4	3	345,6	1958,4
20-24	4	3	345,6	2304

1°) - Introduction :

Le réseau de distribution de la ZHUN de Birine est choisie du type maillé. Suivant le plan de voirie, on le décompose en 3 mailles

2°) - Dimensionnement de la conduite de distribution (réservoir - ZHUN):

$$Q = 44,281/s = 0,0442 \text{ m}^3/s$$

$$\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/s$$

$$\epsilon = 10^{-3}$$

on propose une vitesse de 1 m/s de $Q = V A = \frac{\pi D^2}{4} V$

on détermine D. $D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$

$$\left(\sqrt{\frac{4 \times 0,0442}{\pi \times 1,3}} = 0,237 \text{ m} \right.$$

ou prend une diamètre normalisé D = 250 mm

vitesse réelle :

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \times 0,0442}{3,14 \times 0,25^2} = \underline{0,90 \text{ m/s}}$$

détermination du gradient de perte de charge J ou suppose que le Re^{-3} regime est turbulent rugueux $\lambda = 1$

pour le profil circulaire pelin de $\xi = \frac{h}{D} = 1$

Do 1,538723

La longueur fluïdo dynamique $l = \frac{D}{Do} = \frac{0,25}{1,538} = 0,16244$

de l'eau $Q/(\sqrt{J_r}) = \lambda^{2,5} (15,96 - 8,681 \ln \frac{\epsilon}{\lambda})$

$$J_r = \frac{Q}{\left(\lambda^{1,5} (15,96 - 8,681 \ln \frac{\epsilon}{\lambda}) \right)^2}$$

$$\underline{J_r = 4,791 \times 10^{-3}}$$

Y enfication du regime.

$$\frac{\epsilon}{Dh} = \frac{10^{-3}}{0,25} = 4,0 \times 10^{-3}$$

$$Me = \frac{V D}{\nu} = \frac{0,902 \times 0,25}{10^{-6}} = 2,25 \times 10^5$$

} \Rightarrow (Moodus) rég transition

.../...

.../...

$$\begin{aligned} \frac{E}{Dh} = 5 \times 10^{-3} &\Rightarrow J^{+5,3} = 1,025 \\ \frac{E}{Dh} = 2 \times 10^{-3} &\Rightarrow J = 1,04 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \frac{E}{Dh} = 5 \times 10^{-3} \\ \frac{E}{Dh} = 2 \times 10^{-3} \end{aligned}} \right\} \Rightarrow \text{après interpolation avec la baque 17A} \\ \frac{J}{J} = \sqrt[5,3]{j} = 1,03$$

$$D \Rightarrow J = J_r \sqrt[5,3]{j} = 1,03 \times 4,791 \times 10^{-3}$$

$$\underline{\underline{J = 4,9349 \times 10^{-3}}}$$

Verification pour doncy w

$$fr = (1,14 - 0,86 \ln \frac{E}{Dh})^{-2} = 2,8840 \times 10^{-2}$$

$$fc = \sqrt{-0,86 \ln \left(\frac{E}{3,7 Dh} + \frac{2,51}{\sqrt{fr}} \right)^{-2}}$$

$$fc = 2,9493$$

$$J = \frac{fc Y^2}{Dh \times 2g} = \underline{\underline{4,897 \times 10^{-3}}}$$

perte de charge totale

$$Dh = J l e = 1,15 Lg \times J = 1,5 \times 1160 \times 4,93 \times 10^{-3}$$

$$\underline{\underline{\Delta h = 6,57 \text{ m}}}$$

3°) Détermination des debit au noeuds :

La surface desservie par chaque noeud sera déterminée par la méthode des médiatrices.

- Ayant la densité de la surface desservie ou déterminé le nombre de la population desservie.

$$d_i = \frac{N_i}{S_i} \Rightarrow N_i = d_i S_i$$

Les densité sont prises (calculées) suivant la répartition de la population. D'après le plan d'urbanisation de la ZHUN se compose d'une façon générale de densité différentes (voir fig).

.../...

.../...

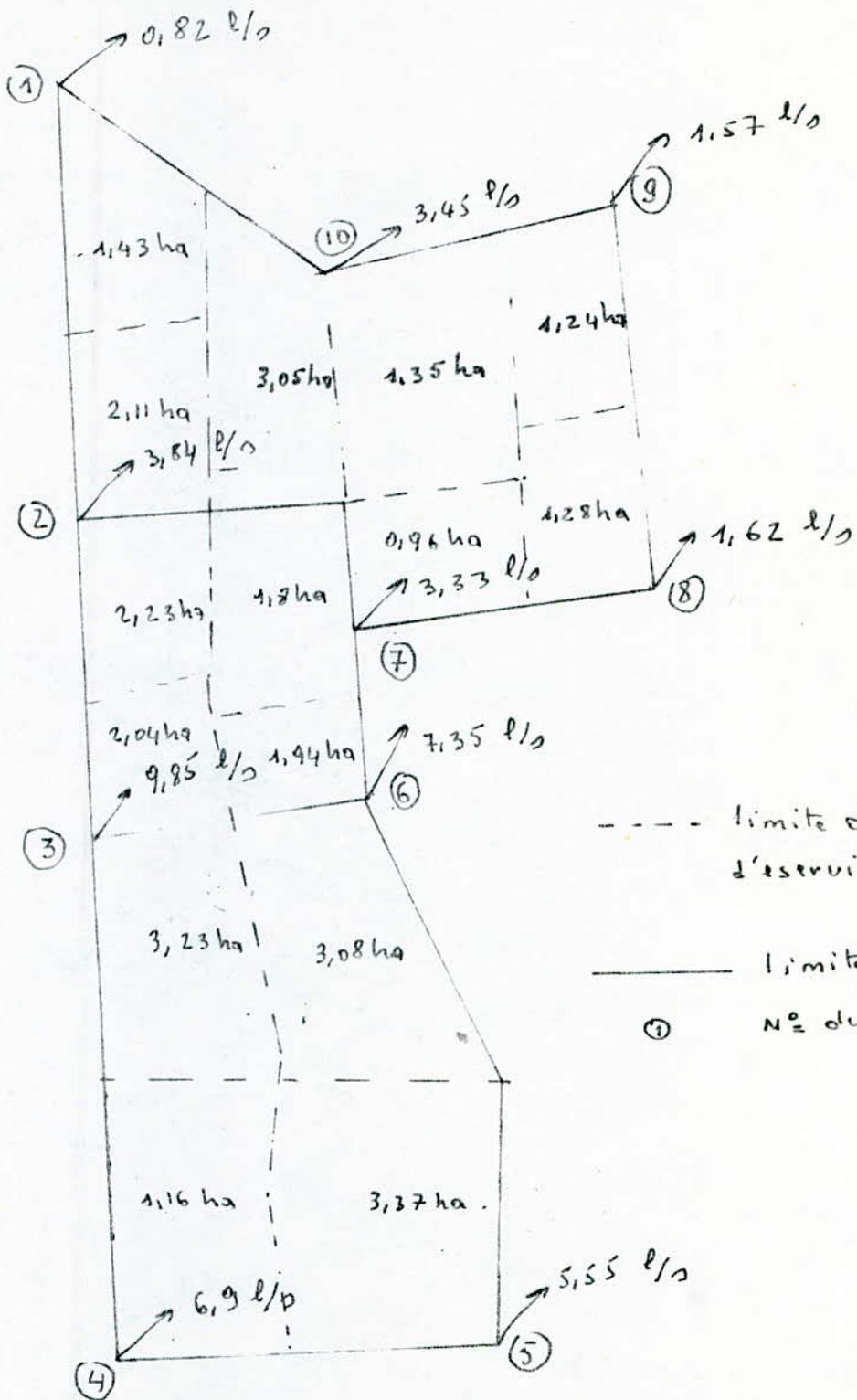
Ayant le debit specifique et le nombre d'habitant deservie
ou déterminé le debit soutirés.

$$q_{sp} = \frac{Q_{\text{moy. jour}}}{N_j} \quad (\text{m}^3/\text{j}/\text{habts} \text{ ou } (\text{l}/\text{j}/\text{habts}))$$

$$q_{sp} = \frac{1707,96}{6833} = 0,25 \text{ m}^3/\text{j}/\text{habits} = 250 \text{ l}/\text{j}/\text{habts}.$$

debit soutérie $\implies Q_j = q_{sp} \times N_j \cdot k_p$

le debit soutiré est majorer pour $k_p = 2,24$ Coef de pointe



----- limite de la surface d'essuie par le noeud

_____ limite de la ZHU

① N° du noeud.

n° du noeud	n° de la (ha)	surface (ha)	consommation spécifique (m ³ /j/hab)	Densité (hab/hd)	population par noeud (hab)	consommation par noeud (m ³ /j)	coefficient de pointe k _p	debit soutirés (m ³ /j)	debit soutirés (en l/s)
1.	I.	1,43	0,250	88	126	31,5	2,24	70,56	0,82
2	I	2,11	"	88	186	46,5	"	104,16	3,84
	II	2,23	"	182	406	101,5	"	227,36	
3	II	2,04	"	182	371	92,75	"	207,76	9,05
	III	3,23	"	356	1150	287,5	"	644	
4	III	2,98	"	356	1062	265,5	"	594,72	6,9
5	VII	3,37	"	254	856	214	"	479,36	5,55
6	III	3,08	"	254	782	195,5	"	437,92	7,35
	II	1,94	"	182	353	88,25	"	197,68	
7	II	1,8	"	182	327	81,75	"	183,12	3,33
	I ₂	0,96	"	196	188	47	"	105,28	
8	I	1,28	"	196	251	62,75	"	140,58	1,62
9	I ₂	1,24	"	196	243	60,75	"	136,08	1,57
10	I ₁	3,05	"	88	268	67	"	150,08	3,45
	I ₂	1,35	"	196	264	66	"	147,84	

E = 32,09

E = 6 8 3 3

E = 44,28

.../...

4°) - Calcul du réseau de distribution : (Méthode de H.Cross)

Le calcul du réseau de distribution (maillé) s'effectue par approximation successive suivant la méthode de Hardy cross

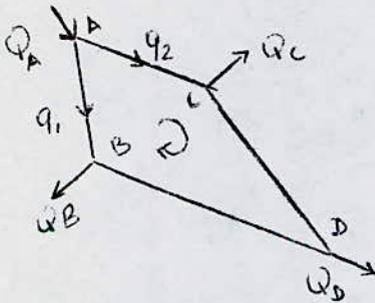
Cette loi repose sur 2 lois fondamentales.

a°) - 1er loi :

En un noeud quelconque du réseau, la somme des débits entrants est égale à la somme des débits sortants en ce noeud.

b°) - 2er loi :

Le long d'un parcours orienté est fermé la somme algébrique des pertes de charges est nulle.



$$Q_A = q_1 + q_2 \quad (\text{1er loi})$$

$$H_2 - H_1 = 0 \quad (\text{2eme loi})$$

La Méthode de Hardy cross, consiste à fixer dans chaque maille une répartition des débits suivant un sens d'écoulement. toute en respectant la 1er loi (ex. sens des aiguilles d'une montre)

5°) - Calcul des pertes de charges :

$$\text{perte de charge total: } \Delta H_t = \Delta H_e + H_s$$

ΔH_l : perte de charge linéaire (dûe au frottement exprimé pour l'eau de Darcy W.)

L_g : longueur géométrique

V : vitesse d'écoulement

f : coef de frottement

$$\Delta H_e = f \cdot \frac{L_g}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

.../...

.../...

ΔH_s : perte de charge singulière

exprimé par.

$$\Delta H_s = f \cdot \frac{L_{eq}}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad \text{avec } L_{eq} : \text{longueur équivalente.}$$

$$L_{eq} = 0,15 L_g$$

la longueur total : $L_t = L_g + L_{eq}$ avec

$$L_t = L_g + 0,15 L_g = 1,15 L_g$$

$$\underline{\underline{L_t = 1,15 L_g}}$$

$$\text{Donc : } \Delta H_t = 1,15 \frac{f}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} L_g \quad (1)$$

et d'après l'équation de continuité $Q = V A$ (2)

$$(1) \text{ et } (2) \implies \underline{\underline{\Delta H_t = 1,15 L_g \frac{f}{D} \cdot \frac{Q^2}{A^2 \cdot 2g}}}$$

En faisant appel à la longueur fluidodynamique, on introduit les pertes de charge débitantes (H_Q) qui sont provoquées par le passage d'un débit unitaire.

$$\Delta H_Q = \frac{\Delta H_t}{Q^2} = \frac{f \cdot 1,15 L_g}{2g A^2}$$

Le gradient de perte de charge

$$JQ = \frac{\Delta H_Q}{L} \implies JQ = \frac{\Delta H}{L Q^2} = \frac{J}{Q^2}$$

$$JQ = \frac{\Delta H_Q}{L} = \frac{f}{2g A^2 D} \quad \left[\text{m}^6 \cdot \text{s}^2 \right]$$

pour une conduite de profil circulaire avec $\bar{\mu} = 3,14$ et $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ $\implies JQ = 0,0828 \frac{f}{D^5}$

Les pertes de charge deviennent (pour R.T.R.) régime turbulent rugueux.

$$\Delta H = J \cdot L = JQ \cdot Q^2 \cdot L = \Delta H_Q \cdot Q^2$$

.../...

.../...

Le coef de frottement est calculer de la formule

$$f_c = \sqrt[4]{1 - 0,86 \ln \left(\frac{E}{3,7Dh} + \frac{2,51}{R(\frac{E}{3,7Dh})^{1/4}} \right)}^{-2}$$

ou prend comme 1ere Approximation la valeur de f sous la racine de la formule de NIKURA

$$f = \sqrt[4]{1 - 0,86 \ln \frac{E}{Dh}}^{-2}$$

On procede au calcul par iteration, jusqu'a la valeur exacte du de f, avec laquelle on calcul les pertes de charges finales.

6°)- Calcul du debit correctif :

On a $\Delta H = r Q^2$ r: resistances des conduites

Les premiers debits Q_0 sont supposes de facon a satisfaire la 1ere loi des debits.

Après une 1ere Approximations les débits Q_0 sont corrigés pour une debit ΔQ_0

Le nouveau debit sera $Q_1 = Q_0 + \Delta Q_0$ et on a une perte de charge $H = rQ_1^2$

$$\text{don } \Delta H = r (Q_0 + \Delta Q_0)^2$$

$$E \Delta H = Er (Q_0 + \Delta Q_0)^2$$

$$E \Delta H = Er (Q_0 + \Delta Q_0)^2 = 0$$

pour que la deuxième loi satisfait il faut que

$$E \Delta H = Er (Q_0 + 2Q_0 \Delta Q_0 + \Delta Q_0^2) = 0$$

ΔQ_0 étant très petit P/r a Q_0 / élevé au carré et ΔQ_0^2 sera plus petite encore doù on neglige ΔQ_0^2 et l'equation devient :

$$\Delta H = r (Q_0^2 + 2 \Delta Q_0 Q_0) = 0$$

$$\Delta H = r Q_0^2 + 2r Q_0 \Delta Q_0 = 0$$

$$2r Q_0 \Delta Q_0 = - r Q_0^2$$

$$\Rightarrow \Delta Q_0 = - \frac{(r Q_0^2)}{2r Q_0}$$

.../...

.../...

sous forme Générale

$$DQ_i = - \frac{\zeta r Q_i^2}{2 \zeta l r Q_{il}}$$

à l'aide de cette formule, nous effectuerons les corrections des débits.

Il existe deux sortes de corrections:

- correction propre à la maille prise avec son signe.

- correction à la maille adjacente prise avec le signe contraire.

ou effectue les approximations jusqu'à ce que la valeur de Q 0,4

et les perte de charge sur le contour soient inférieures à

0,5 environ.

(voir le tableau n°:AB)

7°) - PROGRAMME DE CALCUL DU RESEAU MAILLE AVEC TI.59 :

LRN

2

Programme de calcul pour le reseau maillé sur TI 66

```

LRN
LBL
A
2nd Stf 08
Rcl 03
 $\div$ 
Rcl 00
=
2nd log
x
2
+/-
+ 1
.
1
4
=
x2
1/x
Sto 05
LbL
=
2
.
5
1
x
Rcl 00
x
2nd  $\pi$ 
x
Rcl 04
 $\div$ 
4
 $\div$ 
Rcl 01
    
```

```

2nd |x|
 $\div$ 
Rcl 05
 $\sqrt{x}$ 
+
Rcl 03
 $\div$ 
3
.
7
 $\div$ 
Rcl 00
=
2nd log
x
2
+/-
=
x2
1/x
Sto 06
-
Rcl 05
=
2nd |x|
INV
2nd x >= t
x2
Rcl 06
Sto 05
GTO
=
LbL
x2
Rcl 06
x
    
```

```

8
x
Rcl 01
x2
 $\div$ 
2nd  $\pi$ 
x2
 $\div$ 
9
.
8
 $\div$ 
Rcl 00
=
yx
5
=
Sto 07
R/S
x
Rcl 02
=
Sto 08
Sum 09
R/S
 $\div$ 
Rcl 01
=
Sto 10
Sum 11
R/S
LbL
B
Rcl 09
R/S
 $\div$ 
    
```

```

Rcl 11
R/S
 $\div$ 
2
=
+/-
Sto 12
Rcl 09
+/-
Sum 09
Rcl 11
+/-
Sum 11
Rcl 12
R/S
LRN
    
```

Introduction

\emptyset (m) \rightarrow Sto 00
 Q (m³/s) \rightarrow Sto 01
 L_c (m) \rightarrow Sto 02
 E_i (m) \rightarrow Sto 03
 ν (m²/s) \rightarrow Sto 04
 Precision $x \neq t$ 0.0001

Resultats

A \rightarrow J
 R/S \rightarrow $\frac{\partial H_i}{\partial t}$
 R/S \rightarrow $\frac{\partial H_i}{\partial t}$

repetier la même chose pour les
 (n) troncons puis appuyer sur

B \rightarrow $\sum \frac{\partial H_i}{\partial t}$
 R/S \rightarrow $\sum \frac{\partial H_i}{\partial t}$
 R/S \rightarrow $\sum \frac{\partial H_i}{\partial t}$

Remarque

- si Q < 0: l'introduire avec le signe (-) et aussi la longueur L_c = 1,15 L_g
- ne jamais utiliser la touche CLR

M	ady	tronçon	Le	φ	Q	1ere Approximation		1ere Correction				2eme approximation		
						H	r Q	C P M	C M-A	total	Q	H	r Q	C P M
I	II	1-2	36,8	175	- 23,59	- 3,317	140,613	- 0,268	- -	0,268	-23,858	-3,3922	142,1863	0,081
		2-7	339,25	80	- 3,26	- 3,815	1170,37	- 0,268	-0,121	0,389	- 3,649	-4,769	130,807	"
		7-8	195,5	150	13,23	1,263	95,477	- 0,268		-0,268	12,962	1,213	93,582	"
		8-9	396,75	150	3,222	217,014	- 0,268	- 0,268		"	14,582	3,108	213,169	"
		9-10	172,5	150	16,42	1,710	104,150	- 0,268		"	16,152	1,655	102,478	"
		10-1	299	175	1,917	96,510	- 96,510	- 0,268		"	19,602	1,866	95,232	"

0,981 1824,38

Q = 0,268

- 0,317 1953,455

0,081

II	2-3	402,5	150	- 16,49	-4,024	244,036	+ 0,121		-0,21	-16,369	-3,965	242,274	-0,397
	3-6	218,5	40	- 0,54	-2,830	5241,840	+ 0,121	+0,327	-0,448	- 0,092	-0,0940	1022,360	"
	6-7	218,5	150	13,16	1,397	106,157	+ 0,121		+0,121	13,281	1,422	107,113	"
I	7-2	339,25	80	3,26	3,815	1170,371	+ 0,121	+0,268	0,389	3,649	4,768	1306,807	"

- 1,642 6762,40

0,121

2,131 2678,576

- 0,397

II	3-4	4,4	100	- 6,1	- 4,927	807,772	- 0,327		0,327	- 6,427	-5,4644	850,233	-0,122
	4-5	212,75	40	5,981	7477,38	"	"		"	0,473	2,124	4491,940	"
	5-6	431,25	100	6,35	5,557	875,245	"		"	6,023	5,005	831,013	"
	6-3	218,5	40	0,54	2,830	5241,840	"	-0,121	-0,448	0,092	0,094	1022,380	"

9,442 14402,24

-0,327

1,759 7195,67

- 0,122

2eme correction			3eme Approximation		3eme correction			4eme Approximation		4eme correction			
C M A	total	Q	Δ H	r Q			Q	Δ H	r Q	C P M	C M A		
+0,397	0,081	-23,777	-3,369	141,711	-0,263	-	-0,263	-24,040	-3,443	143,254	0,064		0,064
	0,478	-3,171	-3,612	1139,153	-0,263	-0,052	-0,032	3,486	-4,356	1249,639	0,064	0,139	0,203
	0,081	13,043	1,228	94,155	0,1263		-0,263	12,78	1,179	92,295	0,064		0,064
	0,081	14,663	3,142	214,330	-0,1263			14,14	2,924	206,824	0,064		"
	0,081	16,233	1,671	102,983	-0,263			15,97	1,618	101,342	0,064		"
	0,081	19,683	1,882	95,618	-0,263			19,42	1,8325	94,364	0,064		"

0,942 1787,952
- 0,263

-0,2450 1887,720
+ 0,064

0,122	-0,397	-16,766	4,158	248,054	+0,052		0,052	-16,714	4,133	247,297	-0,139		0,139
	0,275	-0,367	1,327	3618,426	+0,052	+0,094	+0,146	0,221	0,496	2245,474	"	0,072	0,141
	0,397	12,884	1,339	103,975	+0,052		0,052	12,936	1,350	104,386	"		0,139
0,081	0,478	3,171	3,612	1139,153	+0,052	+0,263	+0,315	3,486	4,356	1249,639	"	0,064	0,203

-0,534 5109,610
+ 0,052

1,077 3846,798
0,139

+0,397	-0,122	6,549	5,671	866,075	-0,094		-0,094	-6,643	5,834	878,280	0,002		0,002
	"	0,351	1,185	3376,89	-0,094		"	0,257	0,646	2516,481	"		"
	"	5,901	4,806	814,511	-0,094		"	5,807	4,656	801,795	"		"
	0,275	0,367	1,327	3618,426	-0,094	-0,052	-0,146	0,221	+0,496	2245,474	"	+0,139	0,141

1,6477 8675,904
- 0,094

0,0354 6442,03
0,00274

			5eme Correction				6eme Approximation		6eme Correction				
ΔH	$r Q$		C P H	C M A		Q							
-3,976	-3,425	142,878	-0,088		0,088	-24,064	-3,450	143,395	0,0175		0,0175	24,046	0,009363
-3,283	-3,868	1178,438	-0,088	-0,029	-0,117	-3,4	-4,146	1219,476	"	+0,054	0,071	-3,329	0,01172
12,844	0,191	92,747	-0,088		-0,088	12,756	1,175	92,125	"		0,0175	12,773	0,00602
14,204	2,950	207,743	-0,088		"	14,116	2,914	206,480	"		0,0175	14,133	0,00736
16,034	1,631	101,741	-0,088		"	15,946	1,613	101,192	"		0,0175	15,963	0,00937
19,484	1,844	94,669	-0,088		"	19,396	1,828	94,250	"		0,0175	19,413	0,00612

0,323 1818,216
-0,088

-0,0653 1856,920
+0,0175

-16,853	-4,201	249,321	-0,029		0,029	-16,824	-4,187	248,898	-0,054		0,054	-16,878	0,01047
-0,362	-1,292	9571,471	+0,029	0,049	0,078	-0,078	-0,806	2838,498	-0,054	-0,006	-0,060	-0,344	0,00535
12,797	1,321	103,287	+0,029		0,029	12,826	1,327	103,516	-0,054		0,054	12,772	0,00602
3,283	3,868	1178,438	+0,029	+0,088	0,117	3,40	4,146	1219,476	-0,054	-0,017	-0,071	-3,329	0,0117

-0,304 5102,519
0,0297

0,480 4410,390
-0,054

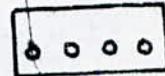
-6,644	-9,830	878,020	-0,049		-0,049	-6,69	-5,916	884,383	+0,006		+0,006	-6,684	0,01426
0,259	0,656	2534,80	-0,049		"	0,21	0,437	2085,419	+0,006		+0,006	0,216	0,00217
5,809	4,659	802,066	-0,049		"	5,76	4,581	795,437	+0,006		+0,006	5,766	0,0106
0,362	1,292	357,471	-0,049	-0,029	0,078	0,284	0,806	2838,498	+0,006	+0,054	0,06	0,344	0,00535

0,777 7786,36
-0,049

0,090 6603,731
+0,0068

ZHUN DE BIRINE

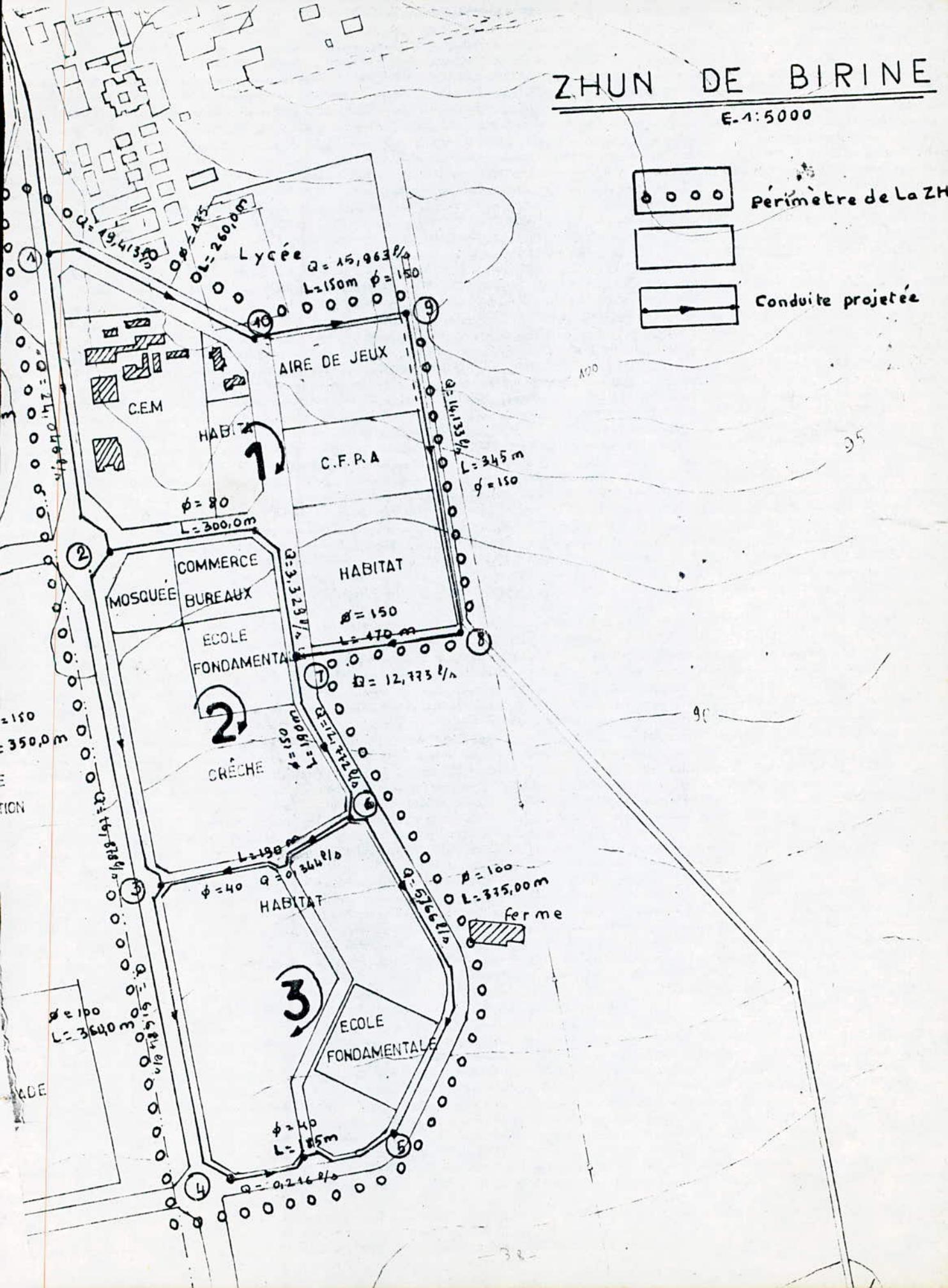
E-1:5000



Perimetre de La ZH



Conduite projetée



8°) - Calcul des pressions au sol :

Connaissant les côtes du terrain en chaque noeud du réseau et celle du radier du réservoir ainsi que toutes les pertes de charges le long de chaque tronçon on peut déterminer les côtes piézométriques de tous les noeuds ainsi que la pression au sol.

Cette dernière tient compte de la hauteur des immeubles; Elle ne devra pas être inférieure à 10 mètres (1 Bar) et ne dépassant 50m (5 bars).

D'abord on calcul le côté piézométrique du point de raccordement du réseau, qui est égale.

$$C_{P_1} = C_R - \Delta H_{R-1}$$

C_P : Côte piézométrique du point 1

C_R : Côte du radier du réservoir

ΔH_{R-1} : perte de charge le long de la conduite (Réservoir - point 1).

Il en est de même pour tous les points du réseau.

$$P_i = C_{pi} - C T i$$

$C T i$: côte du terrain

les résultats de calcul sont portés dans les tableau suiv

.../...

- Calcul des pressions au sol -

n° de la maille	Tronçon	Altitudes (m)		P à C. $\Delta H = \frac{V^2}{2g}$ (m)	Côte piézométrique		Pression au sol	Vitesse V m/s
		Amonts	Avaies		Amonts	Avaies		
I	R - 1	119,5	93,70	+ 6,57	119,5	112,93	19,23	0,99
	1 - 2	93,70	92,80	- 3,44	112,93	116,37	23,57	0,99
	2 - 7	92,80	91,25	- 3,97	116,37	120,34	29,09	0,66
	7 - 8	91,25	91,3	1,18	120,34	119,16	27,86	0,722
	8 - 9	91,3	98,75	2,92	119,16	116,24	17,49	0,799
	9 - 10	98,75	96,50	1,61	116,24	114,63	18,13	0,90
	10 - 1	96,50	93,70	1,83	114,63	112,80	19,1	0,80
II	2 - 3	92,80	88,95	- 4,21	116,37	120,58	31,63	0,95
	3 - 6	88,95	89	- 1,170	120,58	121,75	32,75	0,27
	6 - 7	89	91,25	1,31	121,75	120,44	29,19	0,722
	7 - 2	91,25	92,80	3,97	120,44	116,47	23,67	0,66
III	3 - 4	88,95	84,3	- 5,90	120,58	125,48	41,18	0,851
	4 - 5	84,3	84	0,46	125,48	125,02	41,02	0,172
	5 - 6	84	89	4,59	125,02	120,43	31,43	0,720
	6 - 3	89	88,95	1,17	120,43	119,26	30,31	0,27

Conclusion :

d'après les vitesses on constate que les conduites 6 - 3 et 4 - 5 ont une vitesse faible, ce qui explique, que le diamètre pris n'est pas économique.

PROTECTION DES CONDUITES CONTRE LE COUPS DE BELIER

PRESENTATION DU PHENOMENE

Le coups de bélièr est un phénomène oscillatoire causé par des variation du régime découlement

Causés

- arrêt brusque du groupe électro-pompe(par digenction)
- fermeture ou ouverture instantanéé(brusque) d'une vanne
- dqémarrage simultanée ou séparé d'un ou plusieurs groupes électro-pompes

Le coups de bélièr peut dans de nombreux cas provoquer une rupture de la canalisation soit par:

Encrasement;;.....suite a une forte^{dé}préssion
eclatementsuite a une forte surpréssion

Ces variation de pression peuvent aussi donner lieu a:

-un déboitement de la conduite

-une rupture de joints

une détérioration des accessoirs (robinèterie)donc une perte d'eau considirable.

Les onde de dépréssion et de surpréssion sont caractérisé par une vitesse de propagation donnée par la formule:

$$C = \frac{\left\{ \frac{K}{\rho} \right\}^{1/2}}{(1 + KD/CE)^{1/2}}$$

C: célérité de l'onde en(m/s)

K: coef de compressibilité de l'eau = $2,15 \cdot 10^9$ Pa

ρ : masse volumique de l'eau = 1000 Kg/m^3

D: diamètre interieur de la conduite en(m)

e: épaisseur de la conduite en (m)

E: module délastisité de la conduite pour l'acier

$$E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$$

EQUIPEMENT ET MOYEN DE PROTECTION

Supprimer totalement les effets du coups de Belier est impossible mais il convient de rechercher leur limitation à une valeur compatible avec la resistance des instalations. Ces équipement anti-Belier ont pour effet de limiter la dépréssion et la surpression .

Ces appariels sont nombreuses on les détermine, ou bien choisir en fonction de la protection voulue des paramètre hydrauliques et géométriques des instalations .

Parmis eux nous citons:

Volan d'inertie

Lié a l'arbre de la pompe , il permet l'alimentation de la veine liquide malgré l'arrêt de la pompe donc il prolonge le temps d'arrêt ce qui permet une réduction de la dépression;

Souape de décharge

C'est un organe qui ouvre dèsque la préssion une valeur déterminée, onde de préssion positif (surpréssion); elle nécessite un entretien et une surveillance continue , de plus elle implique de considirable perte d'eau.

Cheminées d'équilibre

C'est un réservoir cuvert a l'air libre dont, la cote maximale est superieur à la surpression maximale. Cette cheminée va injecter de léau dans la conduite en cas de dépression, et recevra l'eau en cas de surpression. On ne peut l'établir Economiquement que pour les hauteur géométriques très faible.

Réservoir a'air

Il protège les instalations aussi bien contre les surpression que contre les dépréssion .

Pour notre cas, nous avons choisi le dernier dispositive

(voir figure)

Principe de fonctionnement

Pendant l'exploitation il contient de l'air et de l'eau, à une pression sensiblement identique à celle du fonctionnement normale;

A la disjonction du groupe, la pompe ne fournissant aucune énergie, le clapet se ferme, une partie de l'eau est chassée dans la conduite, en effet à ce moment là, la pression de l'air dans la cloche est encore supérieure à celle qui s'exerce à l'entrée du bout de la conduite au réservoir.

Après diminution progressive, puis annulation de sa vitesse l'eau de la conduite revient dans la cloche, en augmentant 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 dispositif, détrangement entre le réservoir et la conduite qui donnera lieu à une perte de charge, plus importante à l'entrée et à la sortie de l'eau.

Pour notre étude, on place se procéder sur les tronçons :

F₁ Fâche de Reprise

F₂ Bache de Reprise

Principe de calcul du réservoir d'air :

Le réservoir d'air sera d'eterminer par la méthode GRAPHIQUE DE BERGERON /

Méthode de BERGERON:

Elle consiste à d'eterminer par approximation successives les vitesses de l'eau dans la conduite de refoulement au niveau du réservoir d'air pendant les oscillations d'intervalle de temps entre deux vitesses successives (le temps d'aller et de retour d'une onde) est:

$$t_r = \frac{2L}{C}$$

Ayant:

109

$$C = \frac{(K/\rho)^{0.5}}{(1 + K \cdot D/E \cdot e)^{0.5}}$$

2°) Unité de temps: $t = \frac{L}{C}$

L: longueur de la conduite en (m)

3°) Valeur maximales du coups de bélier

$$b = \pm \frac{C}{g} V_0$$

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$

V_0 : Vitesse d'écoulement en régime permanent

4°) Les abscisses seront graduées selon les vitesses.

-Les regimes seront considerées à rythme entier ou $\frac{2L}{a}$ en prenant $1/a$ comme unité de temps .

. Au temps Zero, survient la disjonction et commence le regime transitoire.

. Au temps UN, au resrvoir le regime est encore à l'etat initial et le point 1R est obtenu par l'interaction de la vitesse V_0 et de l'horizontale passant par $Z = H_0 + I_0$

. De ce point on trace la droite de Pente $+a/gA^0$. A, atant la section de la conduite, l'intersection de celle-ci avec l'horizontal qui represente la pression dans la conduite et donne le point 2P qui sera trouvé comme suit:

Le calcul se fait par approximation succécives en choisissant une vitesse V_1 arbitrairement telle que: $V_{f1} < V_{f1}^{\text{air}}$

5°) On fixe un volume U_0 arbitraire. dans le resrvoir d'air

6°) On dimensionne la tuyere; son diametre interieur "d" sera choisi de telle façon que le rapport V_1/V_f

soit compris entre 15 et 20.

On choisi le diametre de la tubulure D_t , pour notre cas

F ₁	d=0,08m	= 0,07 m	D _t =0,1m
F ₂	d=0,05m		D _t =0,08m 0,07 m .

Signalant que la montée de l'eau, la tuyere aura un coefficient de debit egal à 0,92

On aura: $k = \frac{V_1}{V_f} = \left(\frac{D}{0,92d}\right)^2$ entre 15 et 20

7°) On calcul les pertes de charges au niveau de la tuyere: Ces pertes de charges varient suivant que l'eau monte ou qu'elle descende:

A) A LA MONTEE. ΔH_1

Ces pertes sont calculées en fonction du rapport rapport m_1 des sections de la veine contractée (Voir Fig) et de la tubulure

$$m_1 = \frac{d'}{D_t} = \left(\frac{0,92 d}{D_t}\right)^2$$

Ayant m_1 et à l'aide de l'abaque donnant le coefficient de perte de charge dans une tuyere (voir page suivant) "C" etant tiré, on calcule les pertes de charges à la montée ΔH_1

$$\Delta H_1 = C \frac{V_1^2}{2g} \quad V_1: \text{Vitesse dans la tubulure m/s}$$

B) aA LA DESCENTE ΔH_2

A la descente de l'eau, la tuyère de diamètre d incorporée dans la tubulure de diamètre D_t , agit comme un agitage de BORDA avec un coefficient de contraction 0,5

LE RAPPORT:

Des vitesses : $V_2/V_f = \frac{\sqrt{77} \cdot D^2/4}{0,5 \cdot \pi \cdot d^2/4} = \frac{2 D^2}{d^2} = k'$

$V_2 = k' \cdot k$ (avec $k = \frac{V_1}{V_f}$)

V_2 : Vitesse de l'eau dans la tuyère lors de la descente

On aura donc:

$m_2 = \frac{d^2}{2D_t^2}$

Ayant m_2 et moyennement l'abaque donne C .
on tire C_2 et enfin les pertes de charges seront

$\Delta H_2 = C_2 \frac{V_2^2}{2g}$ (voir fig)

8) Variation du Volume d'air dans le reservoir

$\Delta V = \pm S \cdot V_m \cdot \delta$ Avec $\delta = \frac{2l}{c}$

V_m = vitesse moyenne egale à la moyenne arithmetique des vitesses au debit et à la fin de chaque intervalle.

$V_{mi} = \frac{V_{2i-1p} + V_{2ip}}{2}$ en premier temps $V_m = \frac{V_o + V_{f1}}{2}$

V_o : Vitesse de l'ecoulement avant la disjonction

V_f : Vitesse à la fin de l'intervalle

Le volume d'air dans le reservoir:

$U_i = U_{i-1} + \Delta U$! $+\Delta U$, lorsque le reservoir d'air se vide
! $-\Delta U$, lorsque le reservoir se remplit

9) On calcule la pression dans le reservoir d'air par:

$Z_i = \frac{Z_o \cdot U_o^{1,4}}{U_i^{1,4}}$

$Z_o = H_o - h_o + \Delta H + I O$, pour notre cas nous avons pris: $h_o = 0$

H_o : hauteur Geometrique de refoulement au dela de la prise de l'anti-Bélier

IO) On calcule les pertes de charges dans le refoulement ζ .

$$=k \cdot V^2 \quad \text{avec } k = \frac{f}{D} \cdot \frac{1}{2g} \cdot L_e \quad L_e = 1,151g$$

$$f: \text{par Nikuradsé: } f = (1,14 + 0,86 \text{en} \frac{E}{D_h})^{-2}$$

II) LA PRESSION FINALE ABSOLUE dans la conduite en Aval du diagramme fictif (tenant compte des pertes de charges)

$$Z - \Delta H_1 - \zeta$$

ζ - montée

$$Z + \Delta h_2 - \zeta'$$

ζ' - descente

C'est par cette pression qu'il faut mener l'horizontale qui coupe la droite $+c/gA$ en un point tels que, 2P; 4P; 6P.....

ON cherche ensuite V_{fi} qui doit être égale à V_{fi} choisie (environ) si non avec d'autres vitesses, on refait les approximations jusqu'à trouver V_{fi} correspondante.

Afin d'éviter la répétition des étapes énumérées ci-dessus pour les trois (03) forages; les calculs sont rapportés dans le tableau: puis les calculs détaillés: (voir tableau).

Tableau des données pour le calcul du réservoir d'air (Arrêt brusque)

Forage		F ₁	F ₂
débit	Q (m ³ /n)	0,032	0,026
diamètre de la conduite.	D (mm)	250	200
Longueur de la conduite.	L (m)	1700	1450
Hauteur géométrique	H _g (m)	74	58,94 ≈ 59
Diamètre de la tubulure	D _t (mm)	100	70
Diamètre de la tuyère	d (mm)	70	50
Vitesse d'écoulement.	$v_0 = \frac{4Q}{\pi D^2}$ (m/s)	0,65	0,83
Volume d'air choisie.	U ₀ (m ³)	2	2
Matière de la conduite.		Acier	Acier
épaisseur de la conduite.	e (mm)	6	5
coef de compressibilité	K (Pa)	2,15 × 10 ⁹	2,15 × 10 ⁹
Module d'élasticité	E	2 × 10 ¹¹	2 × 10 ¹¹
Masse volumique.	ρ (kg/m ³)	1000	1000
Rugosité de la conduite (abs)	ε (mm)	1	1
célérité	$a = c = \left(\frac{K/\rho}{1 + K\rho/g_0} \right)^{0,5}$ (m/s)	1218,564	1226,171
temp ₀ = $t_0 \times \frac{2L}{a}$		2,79	2,36
valeur max du C.B.	$B = \frac{a v_0}{g}$	80,82	103,84
rapport des vitesses	$k_1 = \frac{v_1}{v_0} = \left(\frac{\rho}{0,92d} \right)^2$	15,06	18,90
$m_1 = \left(\frac{d'}{D_t} \right)^2 = \left(\frac{0,92d}{D_t} \right)^2$		0,414	0,431
$m_1 \xrightarrow{\text{abaque}} C_1$		1,30	1,22
Perte de charge de la tuyère $\Delta H_1 = C_1 v_1^2 / 2g$ (m)		0,06632 v ₁ ²	0,06224 v ₁ ²
rapport des vitesses	$k_2 = \frac{v_2}{v_1} = \frac{2D^2}{d^2}$	25,51	32
$m_2 = \left(\frac{d}{2D_t} \right)^2$		0,1225	0,1275
$m_2 \xrightarrow{\text{abaque}} C_2$		2,40	2,42

Perte
= 1

TRACE DE LA DROITE a/gs

-Forage F1---B.R

Echelle pour l'axe des ordonnées

$$a/gs = 2533,0949 = H/Q \quad Q=1m^3/s$$

$$2533,0949m \dots\dots\dots y$$
$$5 m \dots\dots\dots 1cm \quad d'ou y = 506,618cm$$

Echelle pour l'axe des absises

$$Q=VA \quad V=1m^2/s \quad Q = \frac{\pi D^2}{4} \times 1 = 0,04906$$

$$0,1 \times 0,04906 \dots\dots\dots 2cm$$
$$1 \dots\dots\dots X \quad d'ou X = 407,633cm$$

$$tg \alpha = \frac{506,87}{407,63} = 1,24 \dots\dots\dots \alpha = 51^\circ$$

-FORAGE(F2)---B.R

Echelle pour l'axe des ordonnées

$$a/gs = 3984,469 = H/Q \quad Q=1m^3/s$$

$$3984,469 \dots\dots\dots y$$
$$5 \dots\dots\dots 1cm \quad d'ou y = 796,939$$

Echelle pour l'axe des absises

$$Q=VA \quad V=1m^2/s \quad Q = \frac{\pi D^2}{4} \times 1 = 0,0314 m^3/s$$

$$0,1 \times 0,0314 \dots\dots\dots 2cm$$
$$1 \dots\dots\dots X \quad d'ou X = 636,942$$

$$tg \alpha = \frac{796,939}{636,942} = 1,25 \dots\dots\dots \alpha = 51^\circ$$

-Bache de reprise-----Reservoir

Echelle pour l'axe des ordonnée

$$a/gs = 3984,697 = H/Q \quad Q = 1m^3/s$$

$$3984,697 \dots\dots\dots Y$$
$$5 \dots\dots\dots 1cm \quad d'ou Y = 796,939$$

Echelle pour l'axe des absises

$$Q=VA \quad V=1m^2/s \quad Q = \frac{\pi D^2}{4} = 0,0314m^3/s$$

$$0,1 \times 0,0314 \dots\dots\dots 2$$
$$1 \dots\dots\dots X \quad d'ou X = 636,942$$

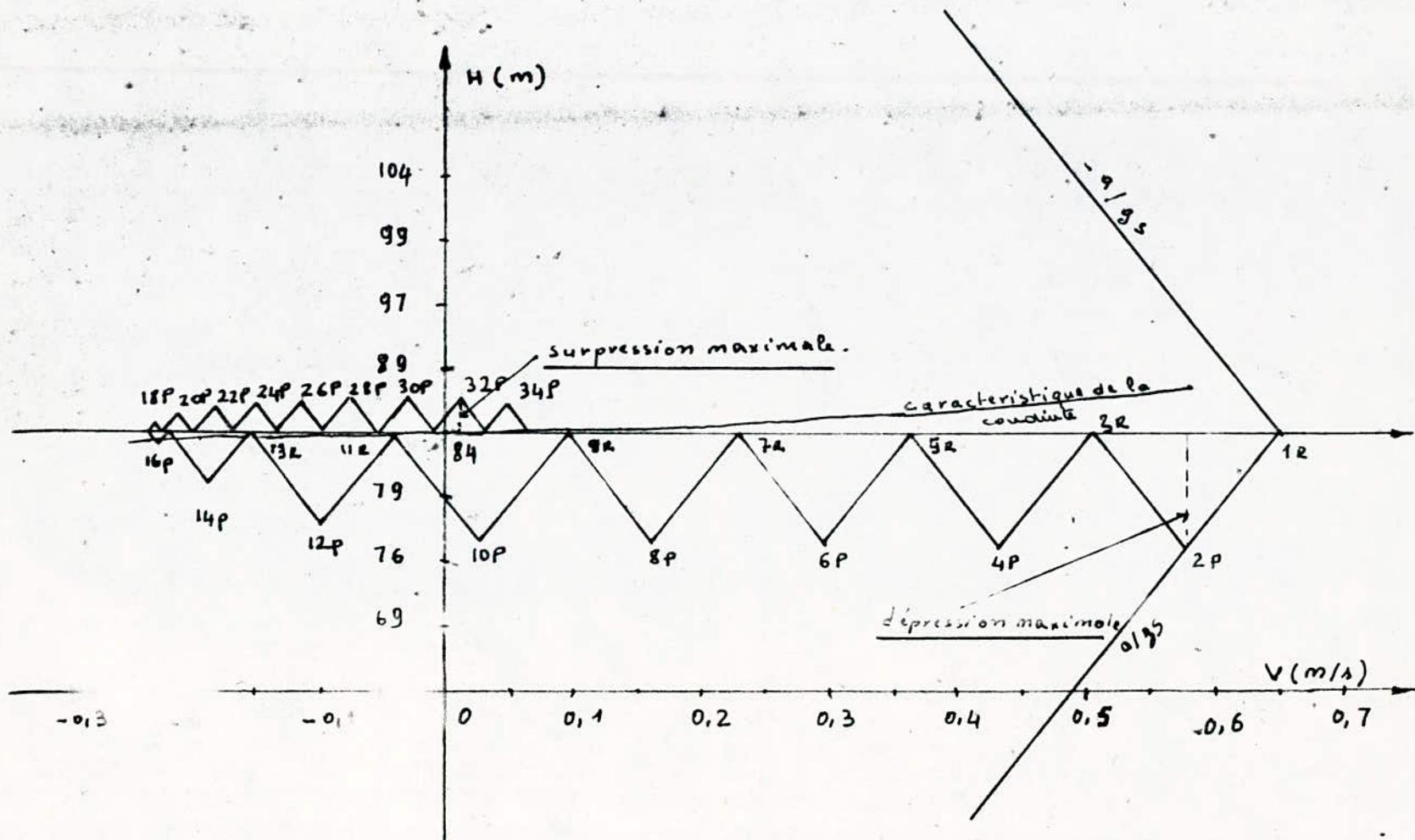
$$tg \alpha = \frac{796,939}{636,942} = 1,25 \dots\dots\dots \alpha = 51^\circ$$

intervale de temps $\theta = 2L/C$	Variation du vol d'air $\Delta U = S V_m \theta$ $\Delta U = 0,1369 V_m$	Volume d'air dans la cloche. $U_n = U_{n-1} \pm \Delta U.$	Pression dans le réservoir d'air $Z_n = Z_0 U_n^{4/3} = 234,306 / U_n^{1/3}$	Vitesse de l'eau dans la tuyère montée: $V_1 = k_1 V_f = 15,06 V_f$ descente: $V_2 = k_2 V_f = 25,51 V_f$	Perte de charge dans la tuyère monté: $\Delta h_1 = 0,0663 V_f^2$ descente: $\Delta h_2 = 0,122 V_f^2$	Pression dans le conduit avec p.-d.c. monté: $Z - \Delta h_1$ descente: $Z + \Delta h_2$	perte de charge dans le no foullement $\delta = K V_f^2 = 11,506 V_f^2$	Pression dans la conduite sans p.-d.c. monté: $Z - \Delta h - \delta$ descente: $Z + \Delta h + \delta.$	Vitesse lue sur le graphique $V_{fn}.$	designatin des point $P_{zn}.$	vitesse moyenne. $V_m = \frac{V_{fn} + V_{fn-1}}{2}$	vitesse finale. Choisir. V_{fi}
0	0	$U_0 = 2 \text{ m}^3$	88,861	-	-	88,861	4,861	84	0,65	1R	-	0,65
10	0,084	2,084	83,874	8,734	5,098	78,775	3,870	74,90	0,58	2R	0,615	0,58
20	0,069	2,153	80,127	6,475	2,800	77,320	2,127	75,20	0,430	6P	0,505	0,43
30	0,049	2,202	77,630	4,442	1,319	76,310	1,001	75,30	0,295	8P	0,3625	0,295
40	0,031	2,233	76,149	2,409	0,388	75,76	0,294	75,46	0,160	10P	0,2275	0,160
50	0,012	2,245	75,556	0,376	0,0094	75,546	0,0071	75,53	0,025	12P	0,0925	0,025
60	-0,0051	2,239	75,830	2,551	0,1775	76,605	0,115	76,72	-0,10	14P	-0,0375	-0,10
70	-0,0019	2,219	76,784	4,846	2,888	79,673	0,415	80,08	-0,190	16P	-0,145	-0,190
80	-0,0028	2,191	78,201	5,867	4,235	82,43	0,608	83,04	-0,23	18P	-0,21	-0,23
90	-0,0031	2,159	79,812	5,994	4,418	84,231	0,635	84,86	-0,235	20P	-0,2325	-0,235
100	-0,0308	2,128	81,435	5,484	3,698	85,133	0,531	85,66	-0,215	22P	-0,225	-0,215
110	-0,0273	2,101	82,925	4,719	2,738	85,663	0,393	86,05	-0,185	24P	-0,2	-0,185
120	-0,0229	2,078	84,212	3,826	1,800	86,010	0,258	86,27	-0,150	26P	-0,1675	-0,150
130	-0,0181	2,060	85,255	2,933	1,058	86,314	0,152	86,46	-0,115	28P	-0,11	-0,115
150	-0,0130	2,046	86,018	1,913	0,450	86,408	0,064	86,53	-0,075	30P	-0,095	-0,075
160	-0,0071	2,039	86,448	0,765	0,072	86,520	0,010	86,53	-0,03	32P	-0,0325	-0,03
170	-0,0013	2,037	86,572	0,150	0,022	86,544	0,001	86,54	+0,01	34P	-0,01	+0,01

Calcul du coups de Bélin (Arrêt brusque du groupe F, - BR)

Arrêt brusque du groupe éleatoire

Épure de Bergeron $F_1 - BR.$



ECHELLES: $H: 2\text{ cm} \rightarrow 0,1\text{ m/s}$

$V: 1\text{ cm} \rightarrow 0,1\text{ m/s}$

	Pression dans le Reservoir d'air. $Z_n = 205,922/U_{14}$	Vitesse de Peau dans la tuyère $V_1 = 18,90 V_f$; monté $V_2 = 32 V_f$; descente	Perte de charge dans la tuyère $\Delta h_1 = 0,0622 V_f^2$ $\Delta h_2 = 0,1234 V_f^2$	Pression dans la conduite avec P.d.c $Z - \Delta h_1$; monté $Z + \Delta h_2$; descente.	Perte de charge de refoulement $\delta = 13,108 V_f^2$	Pression dans la conduite sans P.d.c $Z - \Delta h - \delta$; monté $Z + \Delta h_2 + \delta$; descente.	Vitesse due sur la gravité plus V_{fn}	désignation des points P_{2n}	Vitesse moyenne. $V_m = \frac{V_{fn} + V_{fn-1}}{2}$	Vitesse finale choisie. V_{fi}
	78,03	-	-	78,03	9,030	69,00	0,83	1P	-	0,83
	74,972	13,797	11,84	63,132	6,9852	56,147	0,74	2P	0,78	0,74
	72,570	10,6789	7,092	65,477	4,1844	61,293	0,565	4P	0,6525	0,565
	70,784	8,5995	4,599	66,184	2,7136	63,471	0,455	6P	0,51	0,455
	69,387	7,0875	3,124	66,263	1,843	64,419	0,375	8P	0,415	0,375
	68,276	5,7645	2,0668	66,209	1,219	64,99	0,305	10P	0,34	0,305
	67,347	4,6305	1,333	66,012	0,7868	65,22	0,245	12P	0,2925	0,245
	66,678	3,44925	0,7400	65,938	0,4365	65,502	0,1825	14P	0,21375	0,1825
	66,200	2,457	0,375	65,820	0,2215	65,603	0,13	16P	0,15625	0,13
	65,892	1,46475	0,1335	65,759	0,0787	65,680	0,075	18P	0,10375	0,075
3	65,741	0,4252	0,01124	65,730	0,0063	65,723	0,0225	20P	0,05	- 0,0225
1	65,752	0,96	0,1137	65,866	0,0117	65,878	- 0,03	22P	0,0265	- 0,03
5	65,912	2,4	0,7107	66,622	0,0737	66,690	- 0,075	24P	0,0525	- 0,075
	66,1827	3,28	1,327	67,510	0,137	67,648	- 0,1025	26P	0,08875	- 0,1025
	66,522	3,76	1,745	68,266	0,1809	68,447	- 0,1175	28P	0,11	- 0,1175

L du cours de Béton (Année 1960-1961) (voir suite sur p. 2)

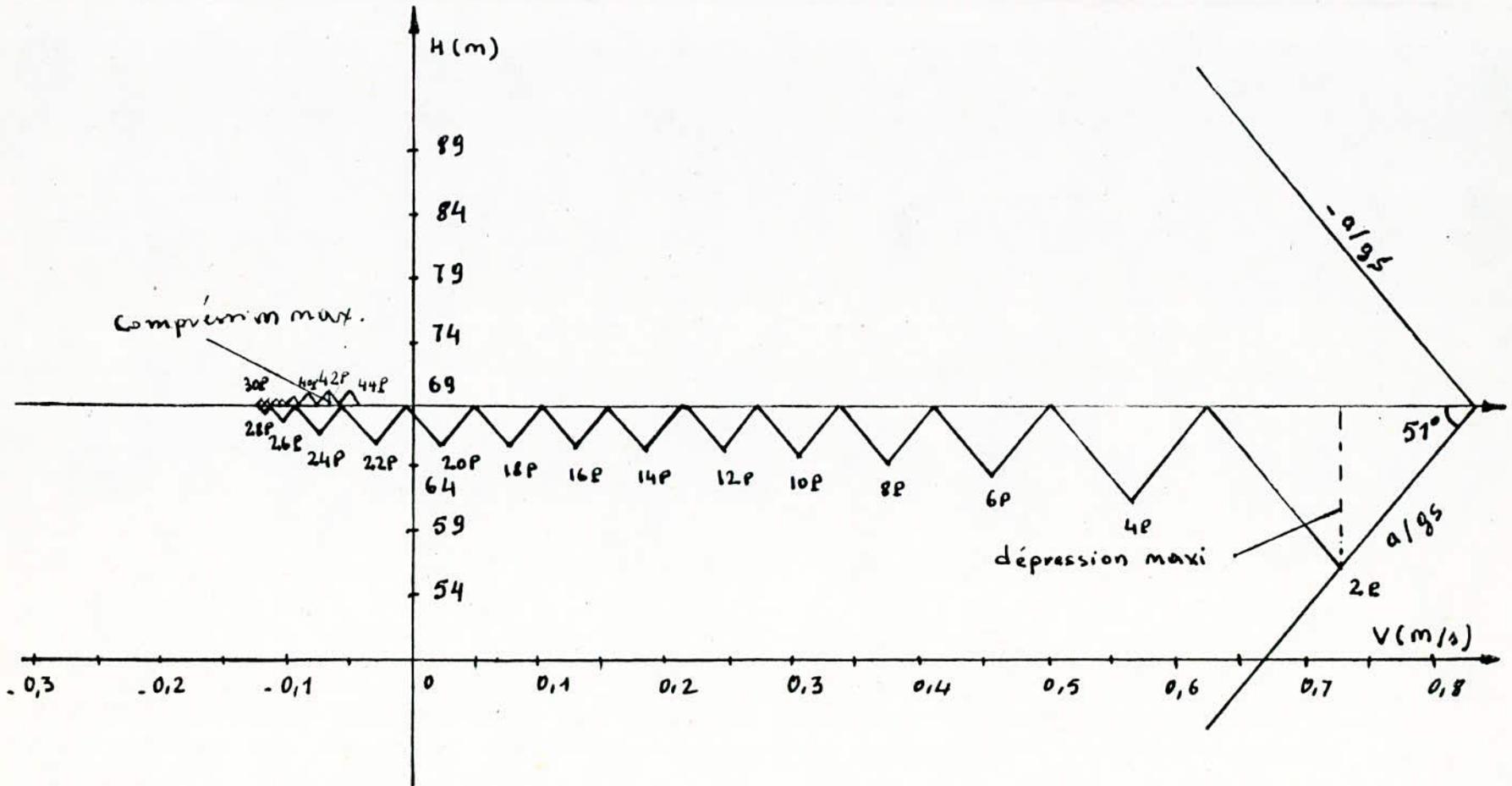
(voir suite sur p. 2)

TBZ.

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
40	- 0,0088	2,232	66,902	3,984	1,9586	68,861	0,2031	69,064	- 0,1245	30P		- 0,1245
0	- 0,0089	2,223	67,278	3,68	1,6711	68,949	0,1733	69,122	- 0,115	32P	0,11975	- 0,115
0	- 0,0083	2,215	67,634	3,52	1,5289	69,163	0,1586	69,321	- 0,11	34P	0,1125	- 0,11
0	- 0,0079	2,207	67,977	3,36	1,3931	69,370	0,1445	69,514	- 0,105	36P	0,1075	- 0,105
0	- 0,0074	2,190	68,301	3,04	1,140	69,44	0,1182	69,56	- 0,095	38P	0,1	- 0,095
90	- 0,0065	2,183	69,033	2,64	0,860	69,89	0,0892	69,563	- 0,0825	40P	0,08875	- 0,0825
00	- 0,005	2,177.	69,283	2,48	0,7589	70,048	0,0787	70,127	- 0,0775	42P	0,079125	- 0,0775

Arrêt brusque du groupe éleatoire

Épure de Bergeron F₂ - BR.



DIMENSIONNEMENT DES RES.

Forage F₁:

D'après le tableau de calcul et l'épure correspondante en déduit que:

-Pendant la phase de d'épréssion, le volume d'air passe de 2,0 m³ à 2,245 m³.

-Pendant la phase de surpéssion, le volume atteint un volume de 2,0376 m³, on prend un volume de 2,5 m³

Forme du réservoir:

Cuve cylindrique à deux fond bombés, avec les dimensions suivantes:

Diamètre intérieur $D_{INT} = 1,5$ m

Diamètre extérieur $D_{EXT} = 1,55$ m

La hauteur de fond $h_c = 0,30$ m

D'etermination du volume des deux calottés

$$V_1 = \frac{4}{3} \pi r^2 h_c = 0,7065 \text{ m}^3$$

Volume de la partie cylindrique

$$V_2 = U - V_1 = 2,5 - 0,7065 = 1,7935 \text{ m}^3$$

Section de la cuve

$$S = \frac{\pi D^2}{4} = 1,76625 \text{ m}^2$$

Hauteur de la partie cylindrique.

$$h = \frac{V_2}{S} = 1,015 \text{ m}$$

Hauteur totale de la cuve

$$H = h - 2 h_c = 1,015 - 2 \cdot 0,3 = 1,6154 \text{ m}$$

Niveau d'eau en marche normale

Volume d'air

$$U_0 = 2 \text{ m}^3$$

Volume élliptique du sommet

$$0,35325 \text{ m}^3$$

Volume de la partie cylindrique

$$1,64675 \text{ m}^3$$

LA hauteur d'eau correspondante est:

$$H_a = \frac{1,64675}{1,76625} = 0,93 \text{ m}$$

Le niveau normal dans le réservoir

$$h_1 = H_a + h_c = 0,93 + 0,3 = 1,23 \text{ m}$$

Lors de la d'epréssion le volume augmente de :

$$2,245 - 2 = 0,245 \text{ m}^3$$

hauteur correspondante

$$h_{DEP} = \frac{0,245}{\frac{\pi D^2}{4}} = 0,13871 \text{ m}$$

hauteur maximale a partir du sommet

$$H_{max} = 1,3687 \text{ m}$$

DE même pour le forage F₂ (voir tableau suivant)

FORAGE		F ₁	F ₂
Volume max en dépression	m ³	2,245	2,2603
" " " surpression	m ³	2,0376	2,183
Volume pris U _o	m ³	2,50	2,50
Forme du réservoir	m ³	cuve cylindrique a deux fond bombés	
D _{ITER}	m	1,50	1,50
D _{EXT}	m	1,55	1,55
h _c	m	0,30	0,30
V ₁	m ³	0,7065	0,7065
V ₂	m ³	1,7935	1,7935
S	m ²	1,76625	1,76625
h	m	1,015	1,015
H	m	1,6154	1,6154
Volume d'air	m ³	2,0	2,0
Volume éllyptique	m ³	0,35325	0,35325
V. partie cylindrique	m ³	1,64675	1,64675
H _A	m	0,93	0,93
h ₁ = H _a + h _c	m	1,23	1,23
AU (dépression)	m ³	0,245	0,2603
h _{DEP}	m ³	0,1387	0,473
H _{max}	m	1,3687	1,377

De même on calcul le coups de Belier ,Arrêt brusque du groupe(BR;....Res)

Ayant les données suivantes:

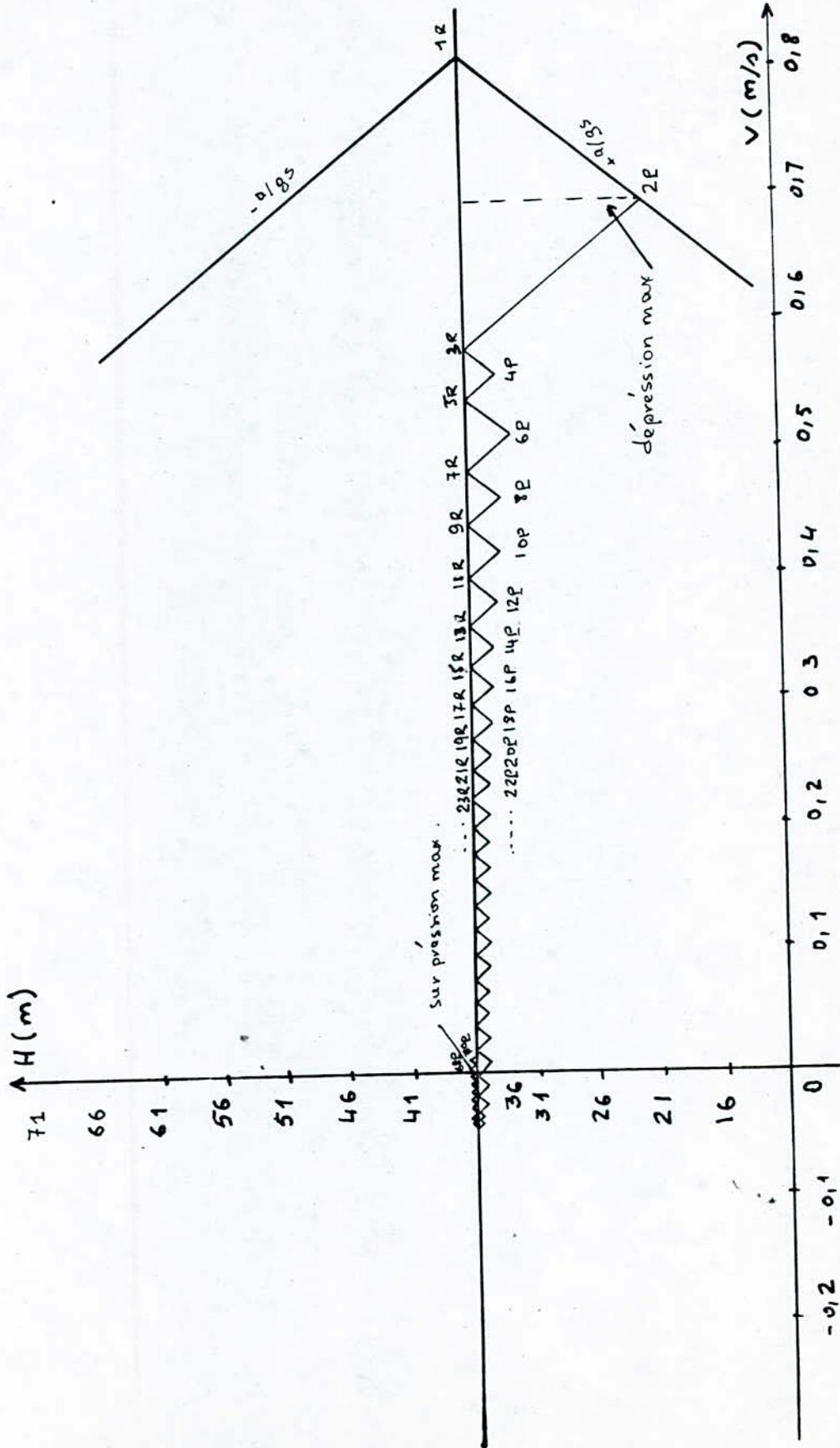
-Diamètre de la conduite $D = 200 \text{ mm}$	Temps $t_r=0 = 2L/C = 18,839 \text{ s}$
-Longueur de la conduite $L = 115 \text{ m}$	$K_1 = V_1/V_f = 18,90$
-Hauteur géométrique $H_g = 26 \text{ m}$	$m_1 = (d'/D_t)^2 = 0,3306$
-Diamètre de latubulure $D_t = 80 \text{ mm}$	$m_1 \xrightarrow{\text{abaque}} c_1 = 1,55$
-Diamètre de la tuyère $d = 50 \text{ mm}$	$\Delta H_1 = c_1 \cdot V^2 / 2g = 0,079 V_1^2$
-Vitesse d'écoulement $V_o = 0,81 \text{ m/s}$	$K_2 = V_2/V_f = 32$
-Volume d'air choisie $U_o = 3,00 \text{ m}^3$	$m_2 = (d/D_t)^2 = 0,195$
-Matière de la conduite Acier	$m_2 \xrightarrow{\text{abaque}} c_2 = 2,05$
-Coef de compréssibilité $K = 2,15 \cdot 10^{10} \text{ Pa}$	$\Delta H_2 = c_2 \cdot V_2^2 / 2g = 0,1046 V_2^2$
Module d'elasticité $E = 2 \cdot 10^{11}$	$\sigma = K \cdot V_f^2 = 0,104,416 V_f^2$
-Masse volumique $\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$	$Z_o = H_o + 10 + 0_o = 104,507 \text{ m}$
-Rugosité absolue $\epsilon = 1 \text{ mm}$	
-Célerité $c = a = 1226,171 \text{ m/s}$	

Voir tableau de calcul pour le calcul du coups de Bélrier

Interval de temps $\Theta = \theta / \text{h}$	Variation du Volume d'air $\Delta U = S V_m \Theta$ $\Delta U = 0,1369 V_m$	Volume d'air dans la cloche. $U_0 = U_m \neq 0 U$	Pression dans le réservoir d'air $Z = \frac{2 U_0}{L_{24}} = \frac{234,206}{U_0} \cdot 10^4$	Vitesse de l'eau dans la tuyère montée: $V = K \cdot V_f = 15,06 V_f$ descente: $V_f = K \cdot V_f = 25,57 V_f$	Perte de charge dans la tuyère montée: $Dh = 0,0663 V_f^2$ descente: $Dh_i = 0,0822 V_f^2$	Pression dans la conduite avec p.d.c. montée: $Z - Dh_i$ descente: $Z + Dh_i$	Perte de charge dans la refoulement: $\delta = K \cdot V_f^2 = 11,506 V_f^2$	Pression dans la conduite sans p.d.c. montée: $Z - Dh - \delta$ descente: $Z + Dh + \delta$	Vitesse lue sur le graphique V_{jn}	Designation des points Par.	Vitesse moyenne $V_m = \frac{V_{1n} + V_{1n+1}}{2}$	Vitesse finale choisie V_{fi}
0	0	$U_0 = 3 \text{ m}^3$	104,507	—	—	104,507	68,567	3,6	0,81	1R	—	0,81
10	0,4458	3,4458	86,078	13,182	13,729	72,349	60,80	21,54	0,6975	2P	0,7537	0,697
20	0,3711	3,8169	74,594	10,5367	8,7708	65,823	32,45	33,37	0,5575	4P	0,627	0,557
30	0,3149	4,1319	66,756	9,5917	7,2681	59,488	16,89	32,59	0,5075	6P	0,532	0,507
40	0,2854	4,4179	60,798	8,6467	5,906	54,891	21,85	33,036	0,4575	8P	0,482	0,457
50	0,2580	4,6753	56,1531	7,8435	4,860	51,283	17,98	33,300	0,4150	10P	0,4362	0,411
60	0,2336	4,9085	52,448	7,0875	3,966	48,479	14,684	33,795	0,375	12P	0,395	0,375
70	0,2114	5,1203	49,441	6,4260	3,262	46,179	12,0771	34,208	0,340	14P	0,357	0,340
80	0,1922	5,3125	46,955	5,8590	2,712	44,244	10,3470	34,200	0,311	16P	0,325	0,31
90	0,1745	5,4840	44,878	5,2920	2,212	42,667	8,186	34,479	0,280	18P	0,295	0,28
100	0,1582	5,6452	43,128	4,8195	1,823	41,293	6,789	34,50	0,255	20P	0,267	0,255
110	0,1434	5,7886	41,639	4,347	1,4928	40,146	5,523	34,623	0,230	22P	0,242	0,230
120	0,1293	5,9179	40,371	3,921	1,215	39,156	4,495	34,660	0,207	24P	0,218	0,207
130	0,1160	6,0339	39,288	3,406	0,966	38,322	3,573	34,745	0,185	26P	0,196	0,185
140	0,1035	6,1374	38,364	3,1185	0,7682	37,596	2,842	34,753	0,165	28P	0,175	0,165
150	0,0917	6,2290	37,576	2,7405	0,5933	36,983	2,195	34,783	0,147	30P	0,155	0,145
160	0,0795	6,3085	36,913	2,362	0,4400	36,472	1,6315	34,840	0,125	32P	0,135	0,125

Arrêt brusque du groupe éleveatoire

Σ pure de Bergeron (BR - Réservoir)



$E_h: 2 \text{ cm} \rightarrow 0.1 \text{ m/s}$
 $E_v: 1 \text{ cm} \rightarrow 5 \text{ m}$

DIMENTIONNEMENT DU RESERVOIR D'AIR (B.R ; Réservoir)

Forme du réservoir :

Diamètre intérieur: $D_{INT} = 2,0 \text{ m}$

Diamètre extérieur: $D_{EXT} = 2,05 \text{ m}$

Hauteur de fond : $h_c = 0,4 \text{ m}$

Volume total du réservoir $U = 7,0 \text{ m}^3$

Volume des deux calottes : $V_1 = \left(-\frac{4}{3}\right) \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h_c = 1,6747 \text{ m}^3$

Volume de la partie cylindrique: $V_2 = U - V_1 = 5,3253 \text{ m}^3$

Section de la cuve: $S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 3,14 \text{ m}^2$

Hauteur de la partie cylindrique: $h = \frac{V_2}{S} = 1,696 \text{ m}$

Hauteur totale de la cuve : $H = h + 2 \cdot h_c = 2,496 \text{ m}$

Niveau d'eau en marche normale:

Volume d'air $U_0 = 3 \text{ m}^3$

Volume de la partie elliptique $0,83735 \text{ m}^3$

Volume de la partie cylindrique $2,16265 \text{ m}^3$

la hauteur d'eau correspondante est: $H_a = \frac{2,16265}{3,14} = 0,688742 \text{ m}$

Le niveau normal dans le réservoir: $h_1 = H_a + h_c = 1,088742 \text{ m}$

Lors de la dépression le volume augmente de :

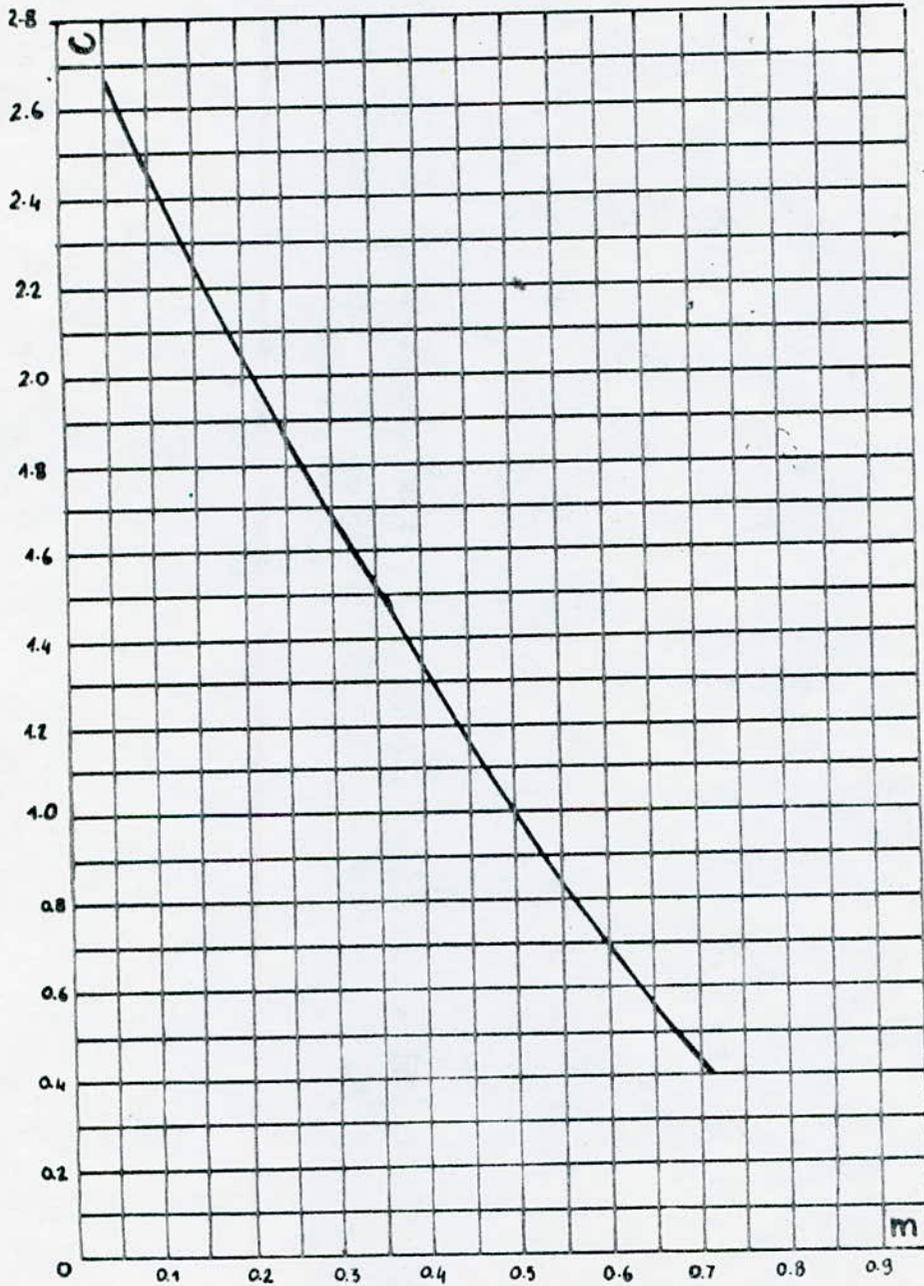
$$6,5376 - 3 = 3,53760 \text{ m}^3$$

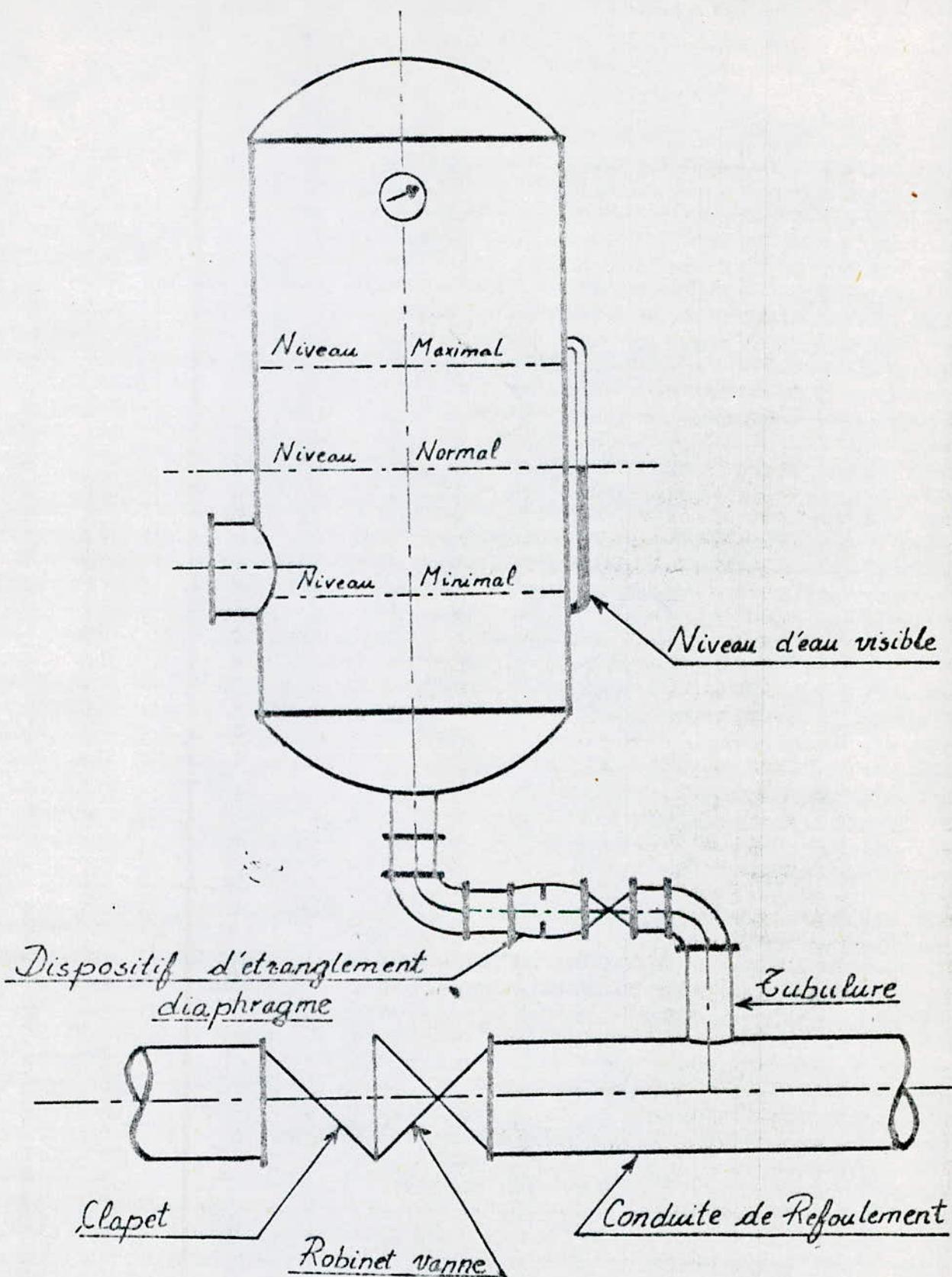
Hauteur correspondante $h_{DEP} = 3,536/3,14 = 1,1266 \text{ m}$

Hauteur maximale à partir du sommet

$$H_{max} = h_1 + H_{DEP} = 2,2114 \text{ m}$$

Coefficient de perte de charge
dans un clapet





Il est intéressant qu'il existe un diamètre économique pour la conduite de refoulement et d'adduction résultant d'un compromis entre les deux tendances suivantes:

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

3-2 CHOIX DES DIAMETRES ECONOMIQUE

Les relations de BONIN et BRESSE nous permettent de connaître la gamme, des diamètres sur lesquelles portera notre étude.

$$D = \sqrt[3]{Q} \quad \text{formule de BONIN}$$

$$D = 1,5 \sqrt[3]{Q} \quad \text{formule de Bresse}$$

avec

D: Diamètre en (m)

Q: Débit en (m^3/s)

Application:

_forage(F1)-Bache de reprise: $Q=0,032 \text{ m}^3/\text{s}$

Bonin: $D = \sqrt[3]{0,032} = 0,17\text{m}$ Bresse: $D = 1,5 \sqrt[3]{0,032} = 0,268\text{m}$

Soit la gamme:

(150 200 250 300)

_forage(F2)-Bache de reprise: $Q=0,026 \text{ m}^3/\text{s}$

Bonin: $D = \sqrt[3]{0,026} = 0,168\text{m}$ Bresse: $D = 1,5 \sqrt[3]{0,026} = 0,237\text{m}$

Soit la gamme:

(150 200 250)

_Bache -Réservoir: $Q=0,0257 \text{ m}^3/\text{s}$

Bonin: $D = \sqrt[3]{0,0257} = 0,16\text{m}$ Bresse: $D = 1,5 \sqrt[3]{0,0257} = 0,24\text{m}$

Soit la gamme:

(150 200 250)

La vitesse moyenne de l'eau dans la conduite sera calculée d'après la formule suivante:

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

Le nombre de Réynolds sera aussi suivant:

$$R = \frac{V D}{\nu}$$

Où:

ν : Viscosité cinématique de l'eau égale à $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, elle est prise à la température de 20°C .

Le coefficient de frottement (f) dépend du régime d'écoulement qui à son tour est fonction du nombre de Réynolds et la rugosité relative.

Si le régime est turbulent rugueux (diagramme de Moody), le coefficient (f) sera calculé à l'aide de la formule de NIKARADSE.

$$f_n = \left(1,14 - 0,86 \ln \frac{E}{D} \right)^{-2}$$

Si le régime est en transition (diagramme de Moody), le coefficient (f) sera donné par la formule de COLEBROUK:

$$f_c = \left(-0,86 \ln \left(\frac{E}{3,7D} + \frac{2,51}{R \sqrt{f_n}} \right) \right)^{-2}$$

Le gradient de perte de charge, on le calcule à l'aide de la formule de DARCY-WEISBACK :

$$J_r = \frac{f V^2}{D 2g}$$

3-3 Calcul des pertes de charges:

Les pertes de charges totales seront exprimées par la somme de deux types de p de c , linéaire et singulières.

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_s = 1,15 \Delta H_1$$

Ces p de c on été déterminés à l'aide d'un programme sur TI 59.

Ce programme nous permettra de calculer le coefficient de frottement (f); le gradient de p de c (J), et les p de charge totales (ΔH), avec les données suivantes:

L(m) la longueur de la conduite.

Q(m³/s) le debit.

$\dot{V} = 10^{-6}$ (m/s)

E = 10^{-3} (m)

3-4 Calcul de la hauteur manometrique total (H_{mt}):

$$H_{mt} = H_{asp} + H_{ref} + \Delta H$$

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

Avec:

H_{asp}: Hauteur d' aspiration (prise égale à 2m)

H_{ref}: Hauteur de refoulement, elle représente la différence de cote entre l'axe de la pompe, jusqu'a la génératrice supérieure de la crosse serverse.

H_g : Hauteur géométrique total d'élevation (calculé sur schéma).

La puissance absorbée:

$$P = \frac{g Q H_{mt}}{\eta}$$

Ou : P : puissance (kw)
g ; accélération de la pesanteur = 9,81m/s²
Q : debit à refouer (m³/s)
 η : rendement de la pompe prise = 70%

L'énergie consommée par la pompe:

$$E = P t \cdot 365 \quad (\text{kwh})$$

Où: t: nombre d'heur de pompage

Frais d'exploitation:

$$F_E = E \cdot e$$

Où: e: tarif d'énergie, prix de (kwh=0,23DA/Kwh)
SONELGAZ.

L'annuité d'amortissement est déterminée par :

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

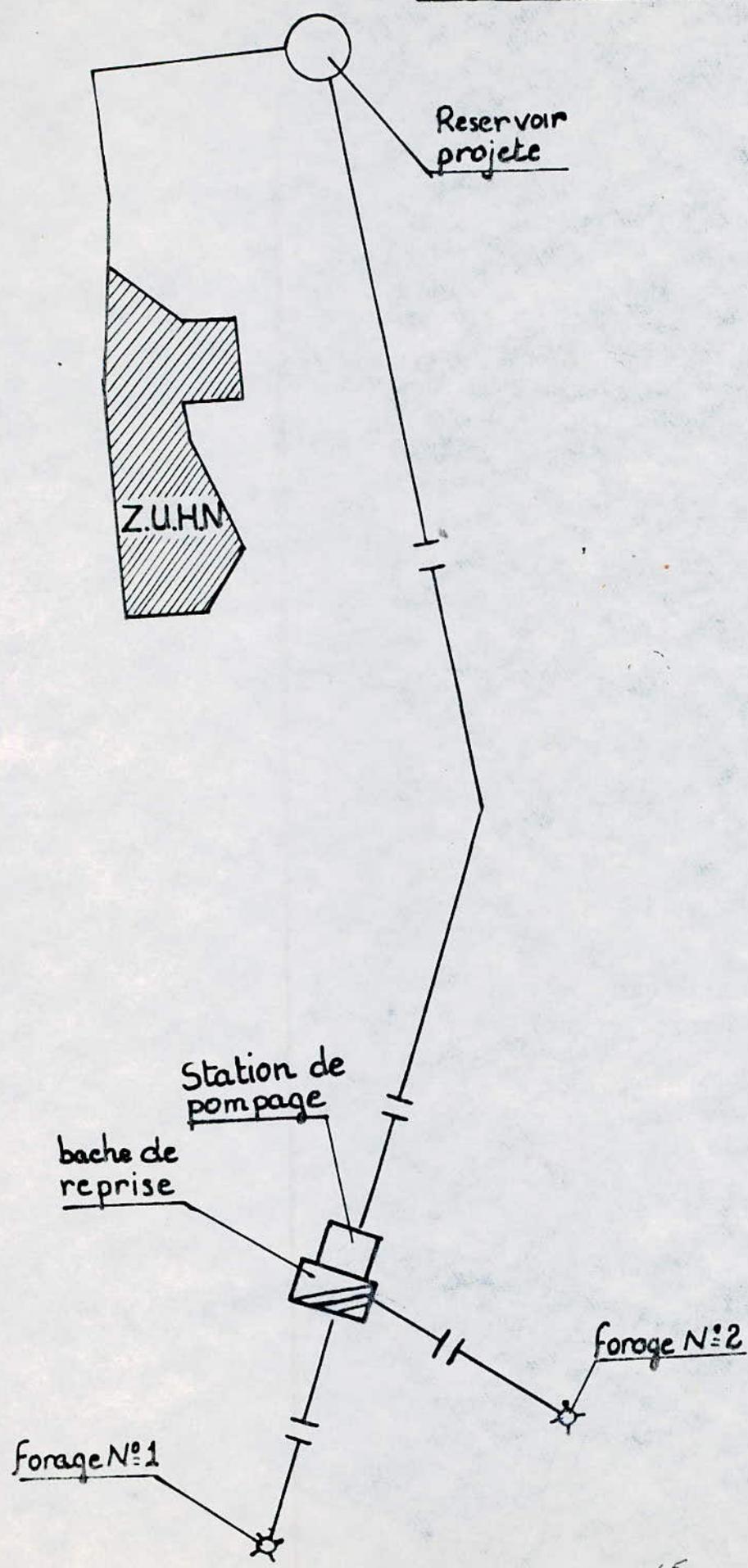
OU: i: taux d'annuité (en Algerie pris égale à 8%)
n: nombre d'année d'amortissement n=30 ans

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

$$A = 0,0888.$$

Les études technico-économiques des diamètre par chaque adduction sont portées dans des tableaux séparement.

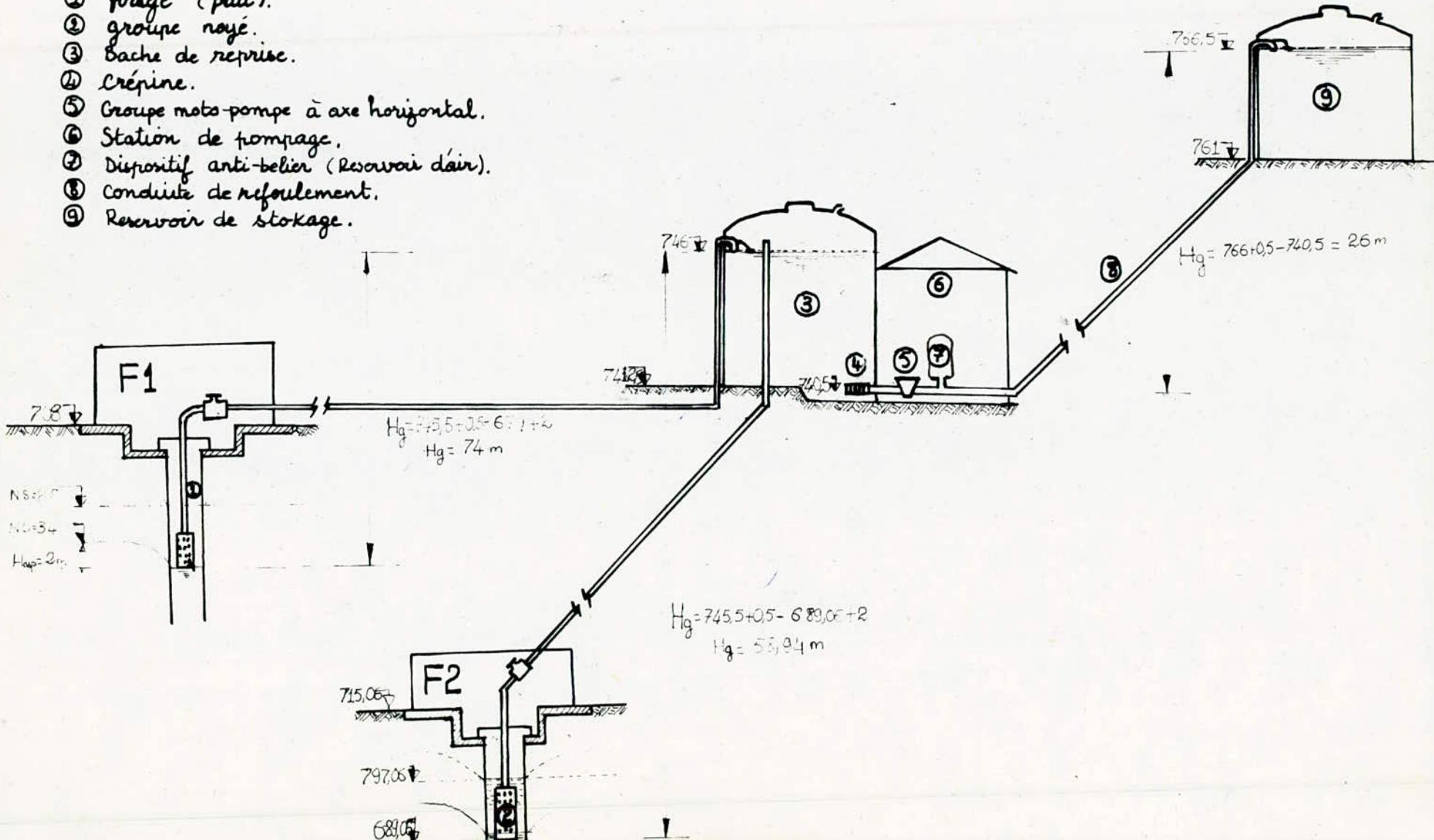
Schema des adductions



DISPOSITION DE LA STATION DE POMPAGE ET DE LA BACHE DE REPRISE SUR LE TERRAIN.

Legende

- ① forage (puit).
- ② groupe noyé.
- ③ Bache de reprise.
- ④ Crépine.
- ⑤ Groupe moto-pompe à axe horizontal.
- ⑥ Station de pompage.
- ⑦ Dispositif anti-belier (Reservoir d'air).
- ⑧ Conduite de refoulement.
- ⑨ Reservoir de stockage.



Calcul du Reynolds. J. ΔH . F
 Sur programme TI 59.
 138 pas.

LRN

2nd Lbl A 1.14 = 0.86 x (Rcl 01 + Rcl 02)
 Sto 07 Lnx = x^2 / x Sto 05 Sto 08 Rcl 03
 x Rcl 02 ÷ Rcl 00 = Sto 06 R/s 2nd Lbl B
 (Rcl 07 ÷ 3.7 + 2.51 ÷ Rcl 06 ÷ Rcl 08 \sqrt{x})
 Lnx x 0.86 = x^2 / x Sto 09 - Rcl 08 = 2nd |x|
 INV 2nd x > t Rcl Rcl 09 Sto 08 GTO B
 2nd Lbl Rcl Rcl 09 x Rcl 03 $x^2 \div 19.6 \div$
 Rcl 02 = Sto 10 R/s 2nd Lbl C Rcl 10 x
 Rcl 04 = Sto 11 R/s 2nd Lbl D Rcl 11 x 0.15
 = Sto 12 R/s 2nd Lbl E Rcl 12 + Rcl 11 = R/s LRN

Execution

V (m²/s) $\xrightarrow{\text{sto}}$ 00
 G (m) $\xrightarrow{\text{sto}}$ 01
 D (m) $\xrightarrow{\text{sto}}$ 02
 V (m/s) $\xrightarrow{\text{sto}}$ 03
 L_g (m) $\xrightarrow{\text{sto}}$ 04
 x \Rightarrow t 0.0001

Resultats (appuyer)

sur

A \longrightarrow R_e
 B \longrightarrow J
 C \longrightarrow ΔH_L (m)
 D \longrightarrow ΔH_s (m)
 E \longrightarrow ΔH_t (m)
 Rcl 05 \longrightarrow f_{nix}
 Rcl 09 \longrightarrow f_{coll}

RECHERCHE DE LA HAUTEUR MANOMETRIQUE (Programme sur TI 59)

Puit (1) - Bache de reprise.

Q (m ³ /s)	D (mm)	V (m/s)	L _g (m)	R	f _N	f _c	J	ΔH _L (m)	ΔH _s (m)	ΔH _T (m)	H _g (m)	H _{mt} (m)
0,032	150	1,81	1700	271500	0,033677	0,034118	0,038062	64,70	9,70	74,41	74	148,41
"	200	0,65	"	204000	0,030816	0,034157	0,008348	14,19	2,13	16,32	"	90,32
"	250	0,65	"	162500	0,028840	0,031452	0,0025586	4,35	0,65	5,00	"	79,00
"	300	0,45	"	135000	0,027363	0,029674	0,000979	1,66	0,25	1,91	"	75,91

Puit (2) - Bache de reprise.

Q (m ³ /s)	D (mm)	V (m/s)	L _g (m)	R	f _N	f _c	J	ΔH _L (m)	ΔH _s (m)	ΔH _T (m)	H _g (m)	H _{mt} (m)
0,025	150	1,41	1450	211500	0,033678	0,028426	0,023154	33,57	5,03	38,61	58,94	79,55
"	200	0,79	"	158000	0,030816	0,034239	0,005029	7,29	1,09	8,38	"	67,32
"	250	0,51	"	127500	0,028840	0,031586	0,001585	2,29	0,34	2,64	"	61,58
"	300	0,35	"	105000	0,027363	0,029855	0,000597	0,866	0,13	0,99	"	59,93

Bache de reprise - Reservoir

Q (m ³ /s)	D (mm)	V (m/s)	L _g (m)	R	f _N	f _c	J	ΔH _L (m)	ΔH _s (m)	ΔH _T (m)	H _g (m)	H _{mt} (m)
0,0257	150	1,45	11550	217500	0,033678	0,028676	0,024478	282,73	42,41	325,14	26	351,14
"	200	0,82	"	16000	0,030816	0,034239	0,005414	62,53	9,38	71,91	"	97,91
"	250	0,52	"	13000	0,028840	0,031564	0,001646	19,02	2,85	21,87	"	47,87

CARACTERISTIQUES DES CONDUITES

(programme TI 59)

	\varnothing_{eco} (mm)	Q (m ³ /h)	V (m/s)	L _g (m)	R	f _N	f _c	J	ΔH_L (m)	ΔH_s (m)	ΔH_t (m)	H _g (m)	H _{mt} (m)
Puit (1) - Bache	250	70	0,39	1700	7500	0,028840	0,030168	0,000934	1,59	0,23	1,83	74,00	75,83
	"	80	0,45	"	112500	"	0,030108	0,001238	2,10	0,31	2,42	"	76,42
	"	90	0,51	"	127500	"	0,029966	0,0015847	2,69	0,40	3,09	"	77,09
	"	100	0,56	"	140000	"	0,029788	0,002330	3,24	0,48	3,73	"	77,73
	"	110	0,62	"	155000	"	0,029780	0,002530	3,96	0,59	4,56	"	78,58
	"	120	0,68	"	170000	"	0,029706	0,002797	4,75	0,71	5,47	"	79,47
	"	130	0,73	"	182500	"	0,029645	0,003279	5,47	0,82	6,29	"	80,29
Puit (2) - Bache	200	70	0,62	1450	124000	0,030816	0,031748	0,003113	4,51	0,67	5,19	58,94	64,13
	"	80	0,71	"	142000	"	0,0317475	0,004070	5,90	0,88	6,78	"	65,72
	"	90	0,79	"	158000	"	0,031653	0,0050288	7,29	1,09	8,38	"	67,32
	"	100	0,88	"	176000	"	0,031586	0,006228	9,03	1,35	10,38	"	69,32
	"	110	0,97	"	194000	"	0,031525	0,007555	10,95	1,64	12,59	"	71,53
	"	120	1,06	"	212000	"	0,031476	0,009010	13,06	1,96	15,02	"	73,96
	"	130	1,15	"	230000	"	0,031434	0,010593	15,36	2,30	17,50	"	76,60
Bache - Reservoir	200	30	0,26	11550	52000	0,030816	0,030108	0,000564	6,52	0,98	7,56	2,6	33,50
	"	60	0,53	"	106000	"	0,031737	0,002284	26,38	3,96	30,34	"	56,34
	"	90	0,80	"	160000	"	0,031874	0,005156	59,55	8,93	68,48	"	94,48
	"	120	1,06	"	212000	"	0,032879	0,009010	104,06	15,61	119,67	"	145,67

69

BORDEAU DES PRIX DES CONDUITES
EN ACIER.

Diametre (mm)	Tuyau (ml) DA	Soudure DA	Terrasse- ment DA	Pose DA	Transport et manutention DA	Prix de revient au (ml) DA
100	84.44	1.70	50.00	4.00	7.17	147.31
150	104.39	2.61	60.00	8.00	9.93	184.93
200	137.59	4.32	65.00	10.00	12.65	229.56
250	162.32	5.75	67.00	16.00	16.15	267.22
300	216.63	7.30	70.00	20.00	19.14	333.07
350	301.11	9.26	72.00	30.00	25.23	437.60
400	345.17	11.27	75.00	40.00	29.00	500.44
500	432.05	17.22	85.00	60.00	34.18	628.45

Puit (1) - Bache de reprise.

Frais d'amortissement:

\varnothing (mm)	Longueur (m)	Prix au ml. (DA)	Prix de la conduite. (DA)	Annuité : $A \times P_c$ $A=0,0888$ (DA)
150	1700	184,93	314381	27917,03
200	"	229,56	390252	34654,38
250	"	267,22	454274	40339,53
300	"	333,07	566219	50280,25

Frais d'exploitation: $Q=32\ell/s=0,032\text{ m}^3/s$; $\eta_0=70\%$

\varnothing (mm)	Hmt (m)	$P = \frac{9,81 \times Q \times H_{mt}}{\eta_0}$ (kW)	Puissance annuelle: $E = P \times 24 \times 365$ (kWh)	Prix de l'énergie: $F = E \times c$ $c=0,23$
150	148,41	66,55	485855,33	111746,72
200	90,32	40,50	295683,94	68007,50
250	79,00	35,43	258625,23	59483,80
300	75,91	34,04	248509	57157,68

Bilan.

\varnothing (mm)	150	200	250	300
Amortissement. (DA)	27917,03	34654,38	40339,53	50280,25
Exploitation. (DA)	111746,72	68007,50	59483,80	57157,68
Total. (DA)	139663,75	102661,68	99823,33	107437,41

Donc le diamètre économique c'est $\varnothing 250 \Rightarrow H_{mt} = 79,00\text{ m}$

Puit (2) - Bache de reprise

Frais d'amortissement:

\varnothing (mm)	longueur (m)	Prix au ml. (DA)	Prix de la conduite (DA)	Annuité: $A \times P_c$ $A=0,0888$ (DA)
150	1450	184,93	268148,50	23811,59
200	"	229,56	332862,00	29558,14
250	"	267,22	387469,00	34407,25
300	"	333,07	482951,50	42886,09

Frais d'exploitation $Q = 25 \text{ l/s} = 0,025 \text{ m}^3/\text{s}$; $\eta = 70\%$

\varnothing (mm)	H_{mt} (m)	$P = \frac{9,81 \times Q \times H_{mt}}{\eta}$ (kW)	Puissance annuelle: $E = P \times 24 \times 365$ (kWh)	Prix de l'énergie: $F = E \times c$ $c = 0,23$
150	79,55	27,87	244149,18	56154,31
200	67,32	23,58	206613,74	47521,16
250	61,58	21,57	188996,94	43469,29
300	59,93	20,99	183932,87	42304,56

Bilan

\varnothing (mm)	150	200	250	300
Amortissement (DA)	23811,59	29558,14	34407,25	42886,09
Exploitation (DA)	56154,31	47521,16	43469,29	42304,56
Total (DA)	79965,90	77079,29	77876,54	85190,65

Donc le diamètre économique c'est $\varnothing 200 \implies H_{mt} = 67,32 \text{ m}$.

Bache de reprise - Reservoir

Frais d'amortissement

\varnothing (mm)	longueur (m)	Prix au ml (DA)	Prix de la conduite (DA)	Annuité: $A \times P_c$ $A = 0.0888$ (DA)
150	11550	184,93	2135941,50	189671,60
200	"	229,56	2651418,50	235445,92
250	"	267,22	3086391,00	274071,52

$Q = 25,70 \text{ l/s} = 0.0257 \text{ m}^3/\text{s}$
 $\eta = 70\%$

Frais d'exploitation

\varnothing (mm)	H_{mc} (m)	$P = \frac{9.81 \times Q \times H_{mc}}{\eta}$ (kW)	Puissance annuelle: $E = P \times 24 \times 365$ kWh	Prix de l'énergie: $F = E \times e$ $e = 0.23$
150	351,14	123,02	1077693,81	247869,57
200	79,91		245254,06	56408,43
250	47,87	16,77	146919,18	33791,41

Bilan

\varnothing (mm)	150	200	250
Amortissement (DA)	189674,60	235445,92	274071,52
Exploitation (DA)	247869,57	56408,43	33791,41
Total (DA)	437544,17	291854,35	307862,93

Donc le diametre economique cest $\varnothing 200 \implies H_{mc} = 79.91 \text{ m}$.

CHAPITRE--II: CONSTITUTION ET PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UNE POMPE CENTRIFUGE

I) Generalite:

On appelle une pompe une machine destinée à faire circuler un liquide, relever l'eau en augmentant sa pression. Au point de vue physique, le fonctionnement d'une pompe consiste en ce qu'elle transforme l'énergie mécanique de son moteur d'entraînement en énergie hydraulique; c'est à dire qu'elle transmet au courant liquide qui la traverse une certaine puissance. La réserve d'énergie reçue par le liquide à l'intérieur de la pompe permet au courant de surmonter les pertes de charges et de s'élever jusqu'à une certaine hauteur. C'est à dire l'augmentation de son énergie spécifique a une dimension linéaire, c'est la hauteur qui est créée par la pompe.

Suivant la loi de BERNOULLI la hauteur

$$H_p + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g}$$

$$H_p = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_2 V_2^2 - \alpha_1 V_1^2}{2g}$$

En générale la hauteur se compose de l'augmentation de la hauteur piezométrique (hauteur statique) et l'augmentation de l'énergie cinétique (hauteur dynamique du liquide).

En Bref une pompe est constituée pour répondre à des conditions précises de fonctionnement débit et la hauteur (aspiration et refoulement).

II) LE ROTOR (roue):

Le rotor d'une pompe centrifuge se compose, de deux disques dont l'un est calé sur un arbre et l'autre qui possède un orifice centrale destiné à l'aisser entrer le liquide est fixé au premier par l'intermédiaire des aubes ces derniers ont une forme cylindrique.

II-1) ROLE L'énergie transmise à l'eau par la rotation de la turbine nous permet d'augmenter la pression et la vitesse absolue (V).

2) Dimensions principales

les dimensions principales de la roue (rotor) sont

d_1 : diamètre intérieur

d_2 ; diamètre extérieur

b_1 : largeur à l'entrée

b_2 : largeur à la sortie

pour tracer le profil de la roue, il faut connaître en plus les vitesses méridiennes à l'entrée et à la sortie; les angles d'entrée et de sortie des aubes. Pour concevoir une nouvelle roue dont il n'existe aucun modèle, les constructeurs utilisent les constantes de trac. établies expérimentalement et donnant des relations directes entre la hauteur d'élevation totale de la roue, son débit et plusieurs éléments des triangles, des vitesses.

Ce sont des rapports de vitesses sous dimensions, indépendants des dimensions et de la vitesse de la roue, qui sont reliés entre eux sur la base de la vitesse spécifique pour des angles de sortie, de la roue différents.

les constantes de traces sont relevés sur la courbe de A. J. STEPANOFF en page 83, II 8, courbe tracée en fonction des nombres de tours spécifiques N_s .

Dans notre CAS:

$$Q = 0,0257 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = 97,940 \text{ m}$$

$$N_{sp} = 15,193 \text{ tr}/\text{min}$$

2) calcul du nombre de tours par minute (vitesse spécifique)

$$N_{sp} = N \frac{Q^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{3}{4}}} = 2950 \cdot \frac{(0,0257)^{\frac{1}{2}}}{(97,94)^{\frac{3}{4}}} = 15,193 \text{ tr}/\text{min}$$

$$N_{sp} = 15,193 \text{ tr}/\text{min}$$

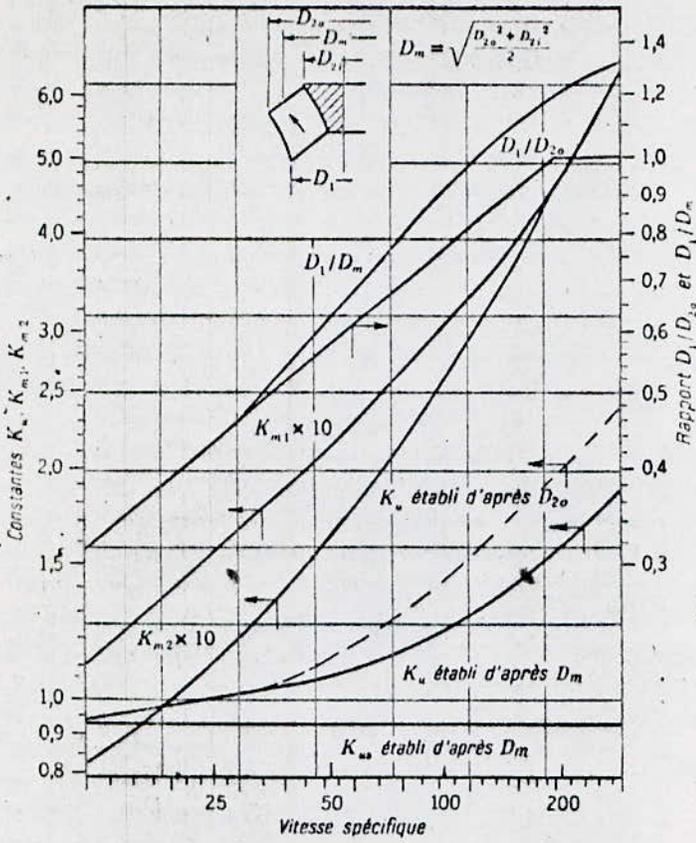


FIG. V-2. — Constantes de tracé de roue.

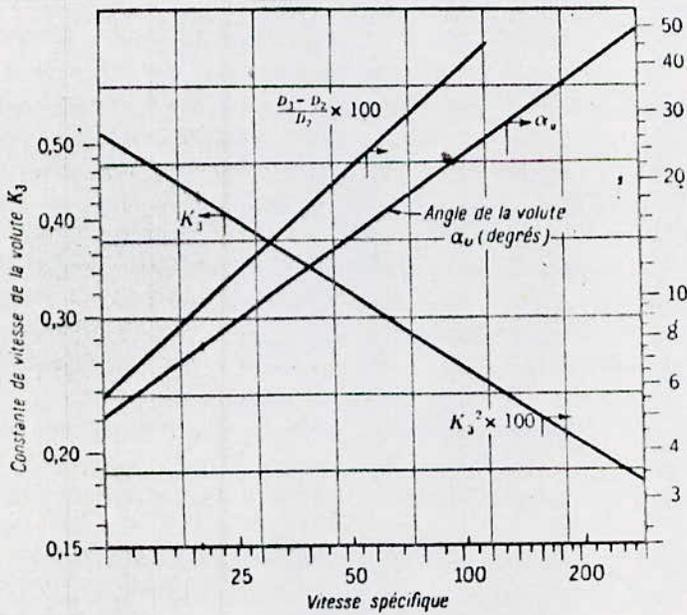


FIG. VII-5. — Constantes du tracé de la volute.

2) Calcul du Diametre Exterieur (d_2)

Pour calculer d_2 , on doit calculer en premier lieu la vitesse U_2 donnée en fonction de la constante de vitesse $K_u = 0,980$ Stepanoff $f(N_{sp})$

$$U_2 = K_u \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

$$U_2 = 0,980 \cdot \sqrt{2 \times 9,81 \times 97,91}$$

$$U_2 = 42,952 \text{ m/s}$$

$$U_2 = \frac{\pi \cdot d_2 \cdot N}{60} \longrightarrow d_2 = \frac{U_2 \times 60}{\pi \cdot N}$$

$$d_2 = \frac{42,952 \times 60}{\pi \times 2950}$$

$$d_2 = 278 \text{ mm}$$

3) CALCUL DU DIAMETRE D'ENTREE: /

Le diametre (d_1) est deduit du rapport $\frac{d_1}{d_2}$ qu'on se fixe pour les nombres de tours spécifiques (N_s) faibles, en general:

$$0,3 < d_1/d_2 < 0,5$$

$$d_1/d_2 = 0,42 \quad \text{OU} \quad U_1/U_2 = d_1/d_2 = 0,42$$

d'ou on calcul le diametre (d_1) de la vitesse (U_1).

$$d_1 = 0,42 \times 278$$

$$d_1 \approx 117 \text{ mm}$$

$$U_1 = 0,42 \times 42,952$$

$$U_1 = 18,039 \text{ m/s}$$

3) PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT /

Sous l'effet de la rotation de turbine entraînée par le moteur, l'eau qui arrive dans la région axiale est projetée à la périphérie, et de ce fait engendré une dépression ce qui provoque un appel des tranches suivantes, et par suite un écoulement continu de la veine liquide, laquelle est recueillie par le diffuseur qui est dirigé dans la conduite de refoulement. L'élément actif et principal de la pompe est la roue, tournant à grande vitesse transmet au liquide un surplus de pression et le rejette à une vitesse supérieure à celle prévue initialement dans la bache spirale, entre les aubes et la roue et le courant liquide se produit une interaction qui a pour résultat de provoquer de l'énergie mécanique du moteur d'entraînement en énergie hydraulique. La réserve d'énergie reçue par le liquide à l'intérieur de la roue permet au courant de surmonter, les pertes de charges s'élèvent jusqu'à une certaine hauteur. Le liquide arrive au Rotor de la pompe parallèlement à son axe de rotation et se dirige ensuite vers les canaux, il sort de la roue par les fentes formées par les disques du rotor.

Le mouvement à l'intérieur du rotor considère comme étant la somme des deux mouvements destinés d'entraînement, et relatif au déplacement du liquide par rapport au rotor. Donc la vitesse (V) est la somme des deux vecteurs.

U : Vecteur d'entraînement

W : Vecteur relatif

4) CARACTERISTIQUE DU TRIANGLE DES VITESSES: /

On peut construire le parallélogramme des vitesses à l'entrée et sortie du rotor. Dans le cas: W est tangente à l'aube, tandis que U est tangente à la circonférence correspondante, nous convenons de désigner par l'indice (1); toutes les grandeurs qui se rapportent à l'entrée; et (2) à la sortie.

L'angle (α) formé par les deux grandeurs (U et W). l'angle (β) détermine l'inclinaison des aubes en chacun des points et par conséquent ne dépend pas du régime de fonctionnement de la pompe.

Pour qu'un écoulement s'effectue sans heurts, (W_1 et W_2) devront être tangents à l'aubage, respectivement à l'entrée et sortie, ce qui permettra de tracer cet aubage.

À l'entrée de la roue, l'eau pénètre peut-être radialement dans la turbine. En conséquence sa vitesse absolue V_1 formera avec U_1 un angle (α_1) très voisin de 90° et W_1 sera donné par la règle du parallélogramme. En effet pour que l'écoulement s'effectue sans choc, il faut que la vitesse absolue V_2 de l'eau à la sortie de la roue soit tangente. C'est en fonction de (α_2) que les aubages de diffuseur seront construits, par contre (β_2) appelé angle de sortie de la roue aura une valeur entre 16° et 30° c'est un angle de construction pour les aubages de la roue. Il en est de même pour (β_1) à l'entrée. Sa valeur est comprise entre 15° et 50° .

41) Calcul de vitesse méridienne de sortie:

$$V_{m2} = K_{m2} \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

La courbe en page 83 (Stepanoff) de $K_{m2} = f(N_{sp})$ donne

$$K_{m2} = 0,102$$

d'où

$$V_{m2} = 0,102 \sqrt{2 \times 9,81 \times 97,94}$$

$$V_{m2} = 6,47 \text{ m/s}$$

42) Calcul de vitesse méridienne d'entrée:

$$V_{m1} = K_{m1} \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

La courbe en page 83 (Stepanoff) en fonction de N_{sp} donne

$$K_{m1} = 0,14 \quad V_{m1} = 0,14 \sqrt{2 \times 9,81 \times 97,94} = 6,13 \text{ m/s}$$

43) Caractéristique du triangle de vitesses à l'entrée:

Vitesse relative à l'entrée (W_1)

$$W_1 = \sqrt{V_{m1}^2 + U_1^2}$$

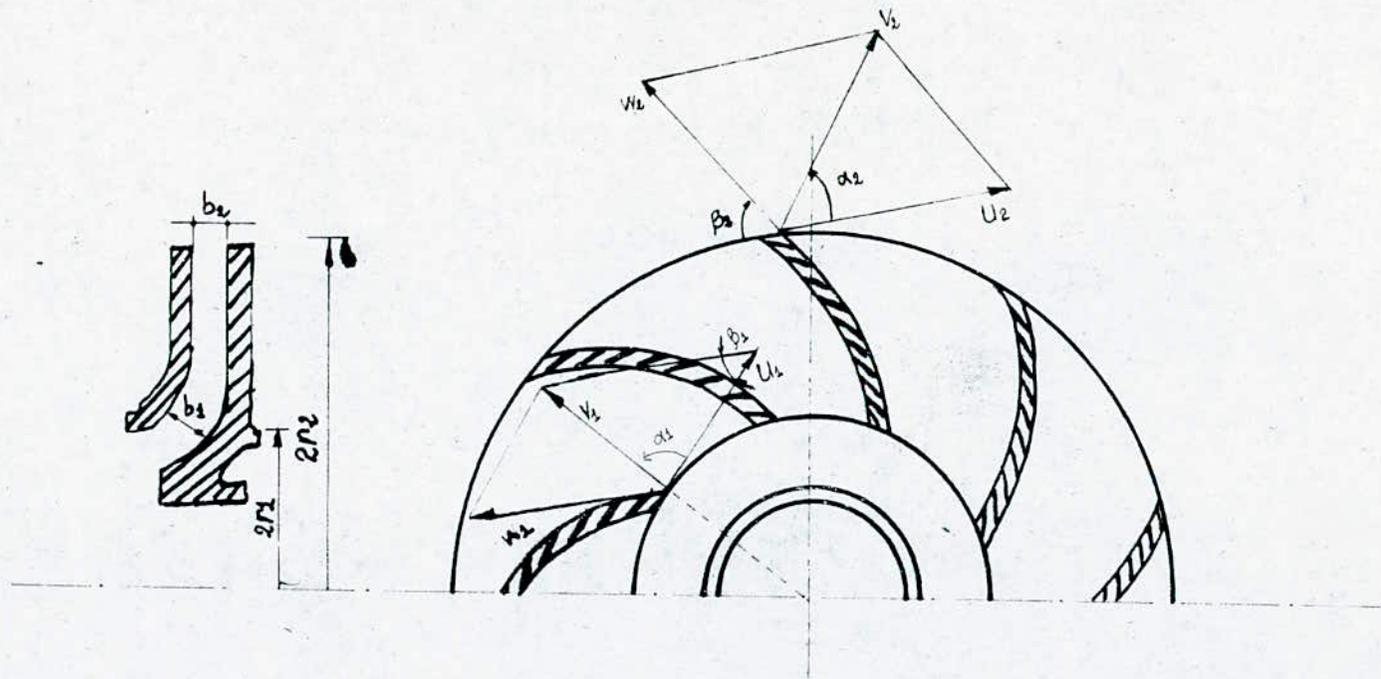
$$W_1 = \sqrt{(6,136)^2 + (18,039)^2}$$

$$W_1 = 19,054 \text{ m/s}$$

$$\tan \beta_1 = \frac{V_{m1}}{U_1} = \frac{6,136}{18,039} = 0,3401 \Rightarrow \beta_1 = 18,78$$

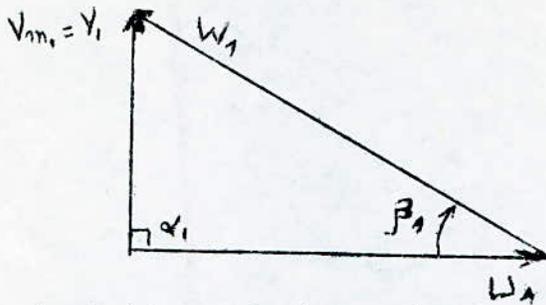
généralement $16^\circ < \beta_1 < 30^\circ$

Ecoulement du liquide à l'intérieur du rotor (la roue)



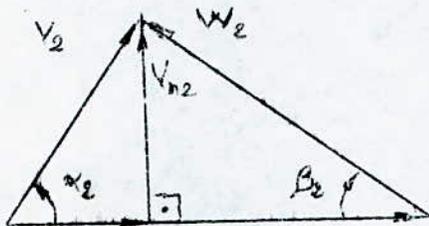
Coupe d'une pompe centrifuge.

$\alpha_1 = 90^\circ$ car l'écoulement est radial



44) Caractéristique du triangle des vitesses de sortie:

On choisit $\beta_2 = 22,5^\circ$ c'est la valeur qualifiant de normale pour toutes les vitesses spécifiques



441) Calcul de V_{2u} :

$$V_{2u} = U_2 - \frac{V_{m2}}{\tan \beta_2} = 42,952 - \frac{4,47}{\tan 22,5^\circ}$$

$$V_{2u} = 32,16 \text{ m/s}$$

442) Calcul de vitesse absolue V_2

$$V_2 = \sqrt{V_{2u}^2 + V_{m2}^2} = \sqrt{(32,16)^2 + (4,47)^2}$$

$$V_2 = 32,46 \text{ m/s}$$

443) Calcul de vitesse relative W_2

$$W_2 = \sqrt{V_{m2}^2 + (U_2 - V_{2u})^2} = \sqrt{(4,47)^2 + (42,95 - 32,16)^2}$$

$$W_2 = 11,68 \text{ m/s}$$

444) Calcul de l'angle α_2

$$\tan \alpha_2 = \frac{V_{m2}}{V_{2u}} = \frac{4,47}{32,16} = 0,13899 \Rightarrow \alpha_2 = 7,91^\circ$$

445) Calcul du nombre d'aubes Z

$$Z \geq K_s \cdot \frac{d_2 + d_1}{d_2 - d_1} \cdot \sin\left(\frac{\beta_1 + \beta_2}{2}\right)$$

$K_s = 6 \approx 6,5$ pour les aubes courbées en fonte.

d'où $Z \geq 6,5 \frac{278,07 + 117}{278,07 - 117} \cdot \sin\left(\frac{18,78 + 22,5}{2}\right)$

$Z \geq 5,6 \Rightarrow \boxed{Z = 6}$

45) Calcul des PAS:

$$t_1 = \frac{\pi \cdot d_1}{Z} = \frac{\pi \cdot 117}{6} \Rightarrow t_1 = 61,264 \text{ mm}$$

$$t_2 = \frac{\pi \cdot d_2}{Z} = \frac{\pi \cdot 247,07}{6} \Rightarrow t_2 = 129,65 \text{ mm}$$

46) Constitution graphique (methode de l'arc de cercle)

1. On trace les deux cercles, de rayons respectivement r_1 ; r_2
2. On choisi un diametre. (0-2)
3. On trace une demi droite (2-C) partant de 2 et qui renferme l'angle (β_2) avec (0-2)
4. On trace un rayon (OP) qui renferme l'angle (α_2) avec (0-2)
on determine ainsi le point P;
5. On prolonge (2-P) jus, u'a la roncontre du cercle r_1 dans le point (1)
6. On trace ensuite la mediatrice de la corde (1-2) qui coupe la demi droite au point C, centre de cercle auquel appartient l'aube

47) Calcul des largeurs b_1, b_2

Pour déterminer les largeurs b_1, b_2 respectivement à l'entrée et sortie de la roue, on doit estimer le débit des fuites

soit $Q_t = Q + Q_f$

Q_t : le débit total
 Q : le débit nominal
 Q_f : le débit de fuite

$$Q_t = 1,09Q$$

$$Q_t = 1,09 \times 0,0257$$

$$Q_t = 0,028013 \text{ m}^3/\text{s}$$

On se fixe les rapports suivants:

$$1,08 < \frac{t_1 + \sqrt{r_1}}{t_1} < 1,50$$

$$1,02 < \frac{t_2 + \sqrt{r_2}}{t_2} < 1,04$$

t_1, t_2 : les PAS

$\sqrt{r_1}$ et $\sqrt{r_2}$: Sont les épaisseurs des ailles, mesurées suivant les tangentes aux cercles de Diamètres d_1 et d_2

- la largeur (b_1) sera:

Prenons $\frac{t_1 + \sqrt{r_1}}{t_1} = 1,09$

$$b_1 = \frac{Q_t}{\pi d_1 V_{m1}} \cdot \frac{t_1 + \sqrt{r_1}}{t_1} = \frac{0,028013}{\pi \cdot 6,136 \cdot 116,79} \times 1,09$$

$$b_1 = 13,56 \text{ mm}$$

- la largeur (b_2) sera:

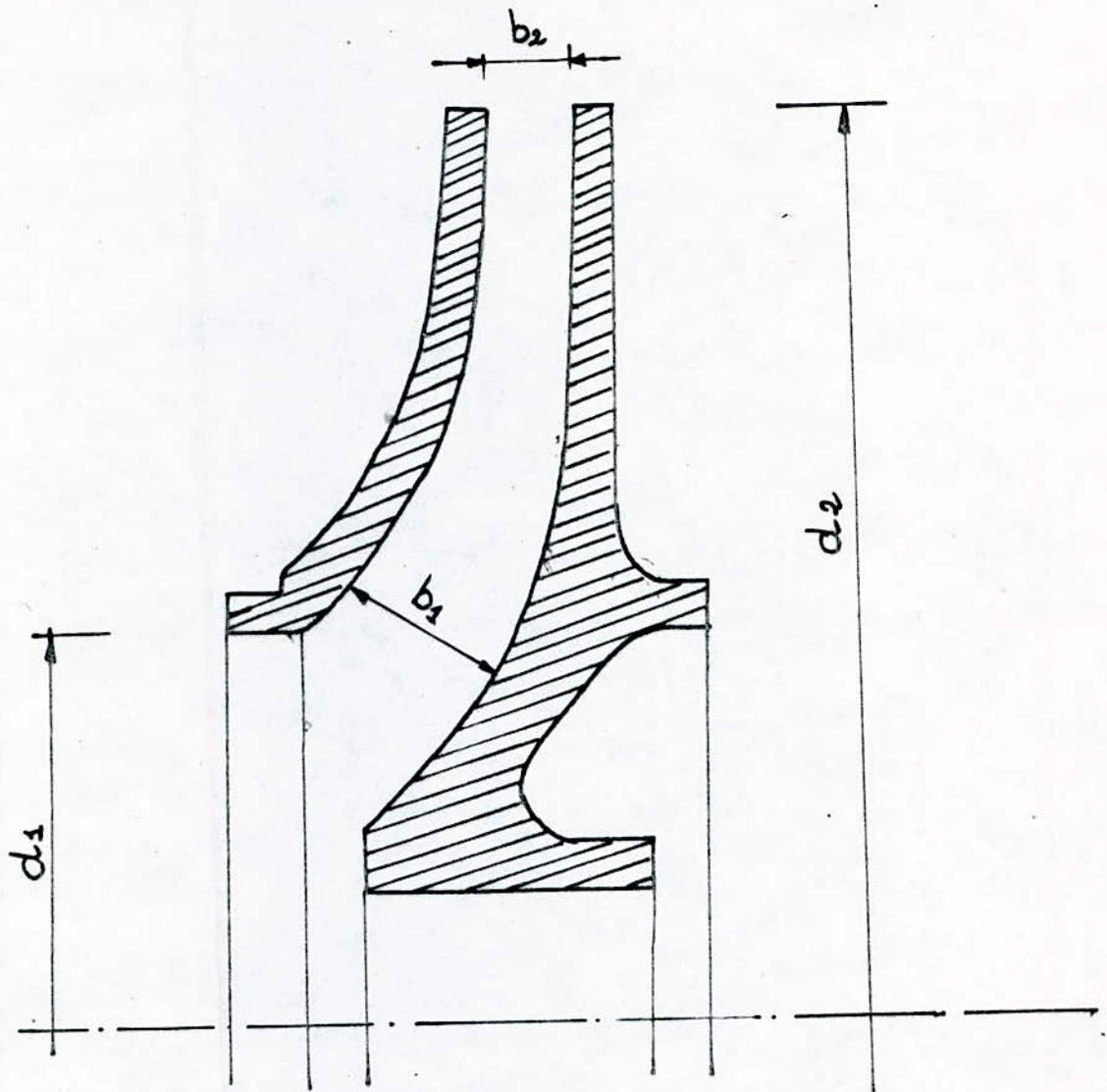
Prenons: $\frac{t_2 + \sqrt{r_2}}{t_2} = 1,035$

$$b_2 = \frac{Q_t}{\pi d_2 V_{m2}} \cdot \frac{t_2 + \sqrt{r_2}}{t_2} = \frac{0,028013}{\pi \cdot 0,27807 \times 4,47}$$

$$b_2 = 7,22 \text{ mm}$$

5) ROLE DES CANAUX DE RETOUR

Ces canaux ont pour rôle de ramener; l'entrée de la suivante, l'eau avec sa vitesse basse V_1 , qu'elle possède à sa sortie du diffuseur. Ils présenteront en principe une section constante délimitée par des ailettes chargées d'orienter à axialement la veine liquide à l'entrée de la cellule suivante il en résulte un retournement brutal à 180° de l'écoulement à



DEMI ROUE A L'ECHELLE 1:1

la sortie du diffuseur, on prévoit des coudes afin d'éviter les pertes inévitables au cours de ce retournement.

L'ensemble des organes d'une pompe centrifuge (roue-diffuseur-canaux) à donc en résumé de conserver dans toute la traversée de la pompe la même vitesse V_1 et d'augmenter la pression dans chaque cellule de la valeur suivante/

$$\begin{array}{l} \text{la roue } \frac{V_1^2 + U_1^2 + W_1^2}{2g} \qquad \text{Diffuseur: } \frac{V_1^2 + U_1^2}{2g} \\ \text{En tout: } \frac{V_2^2 + U_2^2 + W_2^2}{2g} \end{array}$$

Avec: V_1 : Vitesse du liquide à l'entrée de la roue (Rotor)

V_2 : Vitesse du liquide à la sortie de roue (Rotor)

U_1 : Vitesse d'entraînement du liquide à l'entrée de la roue

U_2 : Vitesse d'entraînement du liquide à la sortie de la roue

W_1 : Vitesse relative du liquide à l'entrée de la roue

W_2 : Vitesse relative du liquide à la sortie de la roue

Cette pression multipliée par le nombre de cellules de la pompe correspondant à la hauteur théorique d'élevation; elle est appelée aussi Hauteur effective ou Hauteur engendrée par la pompe.

Pour une pompe multicellulaire où les roues sont disposées en série, le débit qui traverse la pompe est égal à celui qui traverse une cellule; et la Hauteur d'élevation est la pression engendrée à l'intérieur de chacune d'elles.

6) BACHE SPIRALE (VOLUTE)

61) Role: La bache spirale d'une pompe centrifuge est un dispositif qui est destiné à recueillir le liquide rejeté par le Rotor et à l'envoyer dans la conduite de refoulement

62) Dimensions: dimensionner la bache spirale, c'est déterminer les diamètres de ces sections, le diamètre de base, et sa largeur. On peut admettre que le débit dans une section quelconque de la bache spirale augmente proportionnellement à l'angle d'inclinaison de cette section par rapport à la section d'entrée de la spirale (qui est en même temps la section de sortie)

$$Q_i = \frac{\alpha}{360} \cdot Q_r$$

Q_r : Débit refoulé par la pompe dans la conduite

63) Les diamètres de la volute (de la bache spirale) augmentent depuis le BEC jusqu'à la section finale.

La vitesse moyenne d'écoulement dans la volute qu'on admet constante est déterminée en fonction de la vitesse spécifique de la roue.

$$V_{m3} = K_{m3} \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

$$N_{sp} = 15,19 \xrightarrow{\text{STEPANOFF P. 118}} K_{m3} = 0,416$$

$$\frac{Q_i}{A_i} = V_{m3} = 0,416 \sqrt{2 \times 9,81 \times 97,91}$$

$$\frac{Q_i}{A_i} = V_{m3} = 18,233 \text{ m/s}$$

$$Q_i = V_{m3} \times A_i = V_{m3} \frac{\pi \cdot d_i^2}{4}$$

$$d_i^2 = \frac{4 \cdot Q_i}{\pi (18,233)}$$

$$\text{d'où } d_i = 0,26486 \cdot \sqrt{Q_i}$$

La section de diamètre (d_i) est traversée par un débit (Q_i) qui est une fraction du débit total: $Q_t = 0,0257 \text{ m}^3/\text{s}$

Pour cela divisons la Volute en 16 parties, on a:

$\frac{Q}{(m^3/s)}$	$\frac{Q}{16}$	$\frac{2Q}{16}$	$\frac{3Q}{16}$	$\frac{4Q}{16}$	$\frac{5Q}{16}$	$\frac{6Q}{16}$	$\frac{7Q}{16}$	$\frac{8Q}{16}$	$\frac{9Q}{16}$	$\frac{10Q}{16}$	$\frac{11Q}{16}$	$\frac{12Q}{16}$	$\frac{13Q}{16}$	$\frac{14Q}{16}$	$\frac{15Q}{16}$	Q
$d(mm)$	10,59	14,98	18,34	21,18	23,68	25,94	28,02	29,95	31,77	33,49	35,13	36,69	38,19	39,63	41,02	42,36

64) Largeur de la Volute:

Pour les pompes de vitesse spécifique moyens on prend pour largeur

$$b_3 = 1,75b_2 \text{ ou } b_2 = 7,42 \text{ déjà calculé à la Sortie}$$

$$b_3 = 1,75 \times 7,42$$

$$b_3 = 12,985 \text{ mm}$$

65) Angle de la Volute:

L'angle (α_v) est choisi de manière à éviter les chocs et les pertes de charges par décollement à la languette, pour $N_{sp} = 15,192 \text{ tr/mm}$ ~~Stepanoff P.198~~ On a $\alpha_v = 7^\circ.5$

66) Calcul de diamètre de la base:

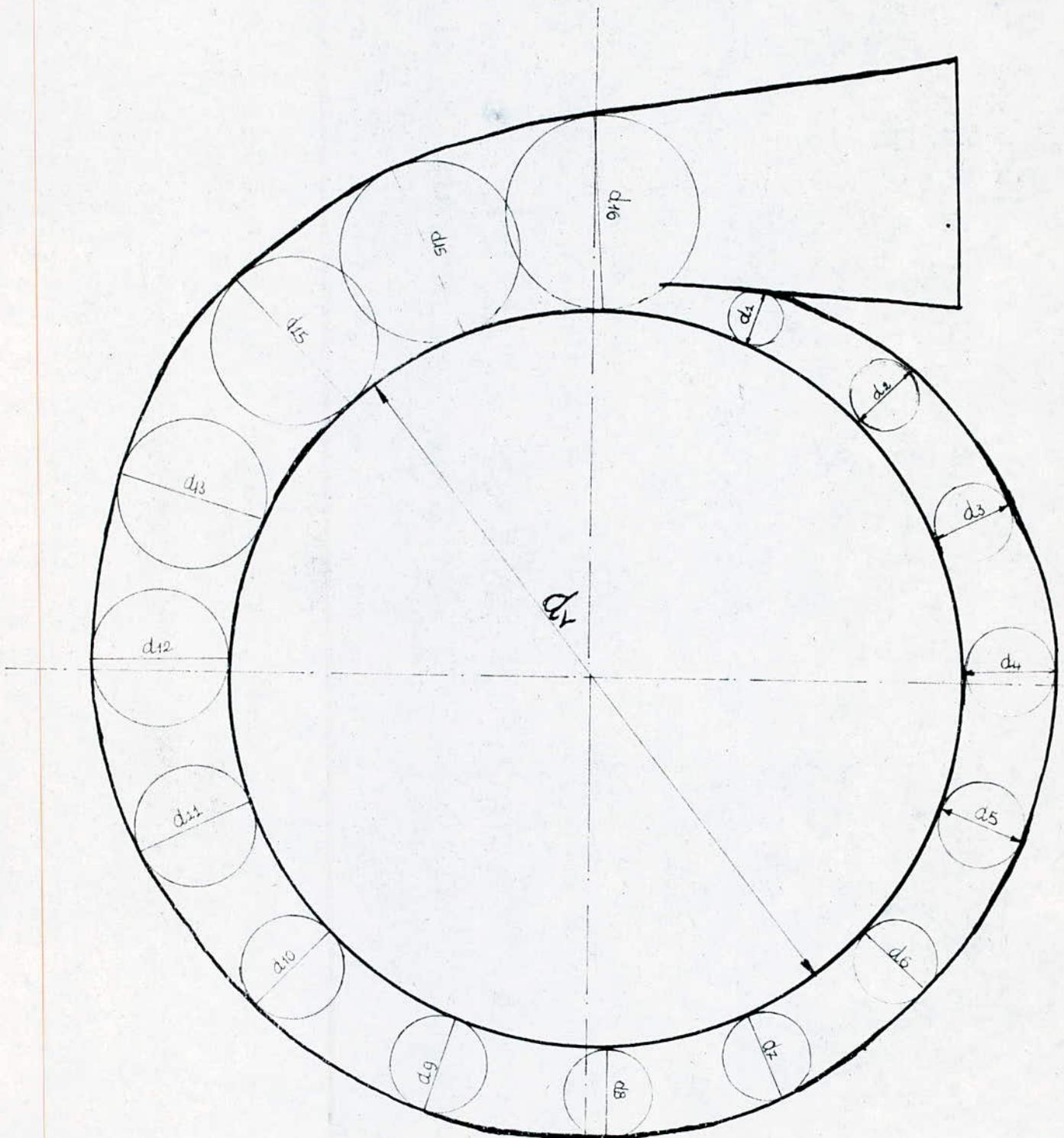
Il est donné en fonction du diamètre (d_2) de la roue.

$$d_v = d_2 + \frac{B_2}{30}$$

$$d_v = 278,07 + \frac{278,07}{30}$$

$d_v = 287,34 \text{ mm}$

TRACE DE LA VOLUTE



Echelle 1:2

I) CHOIX DES POMPES/

La très grande majorité des pompes utilisées en Hydraulique urbaine sont des tubopompes, c'est à dire des pompes centrifuges qui necessitent peu de surveillance et d'entretien.

Le debit à elever, et la hauteur manometrique totale, sont les deux parametres qu'apres avoir été reportés sur les divers courbes caracteristiques des pompes possibles, nous permettent de choisir le type de pompe. Il doit se faire de telle maniere que cette derniere soit susceptible de fonctionner dans la zone de son rendement maximal conduisant au cout le plus faible du metre cube d'eau eleve.

Point de Fonctionnement de la pompe:

Le point de fonctionnement d'une pompe centrifuge est donné par l'intersection de la courbe caracteristique $Q=f(H)$ et la courbe caracteristique de la conduite $Q=f(\Delta H)$.

Afin d'adopter la pompe à des conditions de marche données des modifications dans le fonctionnement ou dans le dimensionnement sur cette dernière peuvent-etre apporter.

On procedera à une comparaison entre les variantes possibles

A) Accepter le point de fonctionnement tel qu'il est donné, le debit relevé sera superieur a celui désiré avec une reduction de temps de pompage.

Le volume entrant au reservoir pendant 24h est:

$$V = Q_d \times 24 \quad (m^3)$$

Le temps de pompage sera reduit à:

$$t = \frac{V}{Q'_p} \quad (h)$$

La puissance absorbée par la pompe:

$$P = \frac{9,8 \times Q'_p \times H'_p}{3600 \times \eta_p} \quad (kw)$$

B) Accepter la caracteristique de la pompe telle qu'elle est donnée, et vanner sur le refoulement, de ce fait on accroit la consommation d'energie.

Elle consiste à vanner sur le refoulement en vue de créer une perte de charge égale à :

$$h'' - h$$

Ceci provoquera certainement une augmentation de H_{mt} en gardant le débit désiré.

La puissance de pompage sera
$$P = \frac{9,81 \times Q_d \times H'}{3600 \times \eta} \quad (\text{kw})$$

C) Rogner la roue pour faire passer la caractéristique de la pompe sur le point de fonctionnement désiré, de cette manière le rendement diminue d'autant que le rognage est important. Pour pouvoir passer la courbe $H=f(Q)$ par le point P. Cette variante consiste à rogner la roue de la pompe et ceci en gardant la même vitesse de rotation :

$$m = \left(\frac{Q}{Q_p''} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Le pourcentage de rognage sera de :

$$1 - m \quad (\%)$$

La puissance absorbée sera de :

$$P = \frac{9,81 \times Q_p'' \times H_p''}{3600 \times \eta}$$

D) Conception d'une pompe homologue susceptible de fournir les paramètres demandés (débit, hauteur); pour les pompes de ces forages on a à procéder à la conception d'une pompe homologue tout en gardant le point de fonctionnement désiré, en fonction de la caractéristique de la pompe initiale, et en application des Lois de Similitudes des Machines hydrauliques on déterminera la nouvelle vitesse de rotation. Sachant que l'équation de la courbe caractéristique d'une pompe quelconque est donnée par l'expression suivante :

$$H = H_{\max} - a \times Q^n \quad (1)$$

OU H_{max} : hauteur maximale que peut fournir la pompe
 H : hauteur d'elevation correspondant à "Q" quelconque
 Q : debit correspondant à une hauteur H
 a : Coefficient
 n : Exposant

Pour determiner les valeurs de H_{max} , a , n , nous rapportons si apres trois couples de valeurs conjuguées de Q et H , soit pour le forage (F1).

$$\begin{array}{lll} H_1 = 109,5m & H_2 = 93 m & H_3 = 73,5m \\ Q_1 = 0,0194 m^3/s & Q_2 = 0,0278m^3/s & Q_3 = 0,0333m^3/s \end{array}$$

Pour le forage (F2).

$$\begin{array}{lll} H_1 = 82,5m & H_2 = 69,5m & H_3 = 55m \\ Q_1 = 0,0194m^3/s & Q_2 = 0,0278m^3/s & Q_3 = 0,0333m^3/s \end{array}$$

On admettant que la puissance absorbée reste constante independamment des variations de charge et du debit, et en tenant compte de la valeur du rendement, en introduisant le couple de valeur indique à l'annoncee en(1) on tire:

$$H_{max} = H_1 + aQ_1^n \dots (2); \quad H_{max} = H_2 + aQ_2^n \dots (3); \quad H_{max} = H_3 + aQ_3^n \dots (4)$$

En éliminant H_{max} entre (1), (2) et (3) on tire:

$$H_1 - H_2 = a(Q_2 - Q_1)^n \dots (5) \quad H_3 - H_2 = a(Q_2 - Q_3)^n \dots (6)$$

En divisant (5) et (6) on tire:

$$\frac{(Q_1 - Q_2)^n}{(Q_2 - Q_3)^n} = \frac{H_2 - H_1}{H_3 - H_2} \dots (7)$$

$$\text{On tire de (5) et (6) } a = \frac{H_2 - H_1}{(Q_1 - Q_2)^n} = \frac{H_3 - H_2}{(Q_2 - Q_3)^n} \dots (8)$$

De l'équation (1) on tire:

$$H_{max} = aQ_1^n + H_1 = aQ_2^n + H_2 = aQ_3^n + H_3 \dots (9)$$

Pour $H=0$ on tire de l'équation (1) la valeur de:

$$Q_{max} = \sqrt[n]{\frac{H_{max}}{a}} \dots (10)$$

Le rendement atteint sa valeur maximum lors-que le produit:

$$QH = (H_{max} - aQ^n) Q = H_{max} Q - aQ^{n+1} \dots (11)$$

atteint son extrémum. En dérive (11) suivant (Q) on a:

$$\frac{d(QH)}{dQ} = (H_{max} - (n+1)aQ^n) \text{ d'où } Q_{opt} = \sqrt[n]{\frac{H_{max}}{(n+1) \cdot n}} \dots (12)$$

On tire de (1):

$$H_{opt} = H_{max} - a \cdot Q_{opt}^n \quad (13)$$

La vitesse spécifique se calcule en appliquant les formules (9) et (13), En introduisant (N) déjà connu, Q_{opt} et H_{opt} déterminés à partir de (12) et (13) cités auparavant;

$$N_{sp} = N \cdot Q_{opt}^{1/2} \cdot H_{opt}^{-3/4} \quad [14]$$

Le diamètre spécifique se calcule en appliquant (9) et (11) en introduisant (D) déjà connu:

$$D_{sp} = D \cdot H_{opt}^{1/4} \cdot Q_{opt}^{-1/2} \quad [15]$$

La puissance maximale que peut fournir le groupe électropompe est:

$$P = H_{opt} \cdot Q_{opt} \cdot \bar{w} = R_{el} 16 \times 9,81 \text{ [KW]}$$

Les formules nécessaires pour déterminer les paramètres adimensionnels d'une série de pompe homologues, sont donnés dans le chapitre (turbo-machine; hydraulique III), ces formules sont:

$$\begin{aligned} Q_+ &= \frac{Q}{N \cdot D^3} & H_+ &= \frac{H}{N^2 \cdot D^2} \\ H_{+max} &= \frac{H_{max}}{N^2 \cdot D^2} & a_+ &= a \cdot \frac{(ND^3)^n}{N^2 \cdot D^2} \end{aligned}$$

2) ASPIRATION DES POMPES CENTRIFUGES:

L'eau ne peut arriver jusqu'à la pompe que si son niveau est inférieur au vide théorique. Elle doit en outre comporter la somme des conditions suivantes :

- 1) La hauteur géométrique d'aspiration.
- 2) les pertes de charges à l'aspiration.
- 3) éventuellement, la tension de vapeur pour la température de l'eau pompée.

Les pertes de charges dépendants du diamètre, il serait souhaitable de choisir ce diamètre de façon à réaliser des pertes de charges minimales; le diamètre adopté ne sera pas forcément le diamètre économique

Equations des caracteristiques d'une serie homologique de pompes.
 $f(x) = 0 \quad H_{max} = H + aQ^n$

*LBL A (Rel 19 E + ((Rel 19 X .999999) E - (Rel 19 X 1.000001) E) X Rel 19 X .000001)

SUM 19 * |X| - .000001 = *x ≥ t A Rel 19 R/s GT0066 LRN

*LBL E ST004 ((Rel 01 y^{Q1} Rel 04 - Rel 02 y^{H1} Rel 04) ÷ (Rel 02 y^{H2} Rel 04 - Rel 03 y^{H3} Rel 04) - (Rel 12 - Rel 11) ÷ (Rel 13 - Rel 12)) INV SBR

*LBL B (Rel 12 - Rel 11) ÷ (Rel 01 y^{Q1} Rel 04 - Rel 02 y^{H1} Rel 04) = ST005 B/s

*LBL C Rel 05 X Rel 01 y^{Q1} Rel 04 + Rel 11 = ST006 R/s

*LBL D (Rel 06 ÷ Rel 05) INV y^{Qmax} Rel 04 = ST007 R/s

*LBL E Rel 06 ÷ (Rel 04 + 1) ÷ Rel 05 = INV y^{Qopt} Rel 04 = ST014 y^{Qopt} Rel 04 X Rel 05

*L + Rel 06 = ST015 X Rel 14 = ST016 R/s

*LBL A' Rel 06 - Rel 05 X Rel 00 y^{Hmax} Rel 04 = ST010 INV SBR

*LBL B' Rel 06 - Rel 10 = ÷ Rel 05 = INV y^{Hmax} Rel 04 = ST000 INV SBR

*LBL C' * B' X Rel 10 ÷ Rel 16 X Rel 17 = ST018 R/s

*LBL D' Rel 08 X Rel 14 √x ÷ Rel 15 y^{Qopt} .75 = ST020 R/s Rel 09 X Rel 15 √x √x ÷ Rel 14 √x = ST029 R/s

*LBL X ⇒ t Rel 08 X Rel 09 y^N 3 = ST021 Rel 08 X^N X Rel 09 X^D = ST022 Rel 00 ÷

Rel 21 = ST030 Rel 10 + Rel 22 = ST040 Rel 05 X Rel 21 y^N Rel 19 ÷ Rel 22 = ST025 Rel 14 ÷ Rel 21 = ST034 Rel 10 + Rel 22 = ST035 Rel 30 X Rel 40

÷ Rel 34 ÷ Rel 35 X Rel 17 = ST018 Rel 06 + Rel 22 = ST036 Rel 07 ÷ Rel 21 = ST037 R/s

*LBL X² Rel 36 - Rel 25 X Rel 30 y^{Hmax} Rel 19 = ST041 R/s

*LBL √x Rel 36 - Rel 40 = ÷ Rel 25 = ENV y^{Hmax} Rel 19 = ST031 R/s

*LBL + 5.7 ST001 10 ST002 13 ST003 18 ST011 13.5 ST012 7.5 ST013 2 ST019 B/s

LRN 225 ST008 1.8 ST009 88 ST017 9 ST000

Execution.

SBR + introduire les éléments donnés $A \rightarrow n \rightleftharpoons 04$

$B \rightarrow a \rightleftharpoons 05$ $C \rightarrow H_{max} \rightleftharpoons 06$ $D \rightarrow Q_{max} \rightleftharpoons 07$

"E" $\rightarrow H_{opt} Q_{opt} \rightarrow 16$ Rcl 14 $\rightarrow Q_{opt}$ Rcl 15 $\rightarrow H_{opt}$

"A" $\rightarrow H \rightleftharpoons 10$ "B" $\rightarrow Q \rightleftharpoons 10$ "C" $\rightarrow e \rightarrow 18$

"D" $\rightarrow N_{opt} \rightleftharpoons 20$ R/s $\rightarrow D_{opt} \leftarrow 29$ SBR $\times \rightarrow t \rightarrow Q_{+max}$

Rcl 30 $\rightarrow Q_+$ Rcl 40 $\rightarrow H_+$ Rcl 25 $\rightarrow a_+$

Rcl 36 $\rightarrow H_{+max}$ Rcl 37 $\rightarrow Q_{+max}$ SBR $\times^2 \rightarrow \hat{H}_+$

SBR $\sqrt{x} \rightarrow Q_+ \rightleftharpoons 31$

Calcul du tableau des paramètres Q_+, H_+

$Q_+ \rightarrow 30$ SBR $\times^2 \rightarrow H_+ \rightleftharpoons$ Rcl 41 \times Rcl 22 = STO 10 "C" $\rightarrow e$

$H_+ \rightarrow 40$ SBR $\sqrt{x} \rightarrow Q_+ \rightleftharpoons$ Rcl 31 \times Rcl 21 = STO 00 "C" $\rightarrow e$

Tableau :

Q_+ H_+

Execution:

$Q_1 \longrightarrow$ STO 01

$n \longrightarrow$ STO 19

$Q_2 \longrightarrow$ STO 02

$N \longrightarrow$ STO 08

$Q_3 \longrightarrow$ STO 03

$D \longrightarrow$ STO 09

$H_1 \longrightarrow$ STO 11

$e_{max} \longrightarrow$ STO 17

$H_2 \longrightarrow$ STO 12

$Q \longrightarrow$ STO 00

$H_3 \longrightarrow$ STO 13

Resultats des parametres de la caracteristique
Obtenus a l'aide du programme sur TI 59

	Forage (1)	Forage (2)
n	3.2620	3.0867
a	2866498.6710	1010904.1670
H _{max}	116.9950	89.1894
Q _{max}	0.0451	0.0457
H _{opt} ·Q _{opt}	2.5920	1.9360
Q _{opt}	0.0289	0.0288
H _{opt}	89.5467	67.0399
N _{sp}	16.6574	20.6723
D _{sp}	38.8734	36.2015
P	25.4023	18.9736
ND ³	45,068	45,068
N ³ D ²	511725,622	511725,622

Resultats des parametres adimensionnels Q₊ H₊

F1	H ₊ (m)	2,149 · 10 ⁻⁴	2,052 · 10 ⁻⁴	1,954 · 10 ⁻⁴	1,759 · 10 ⁻⁴	1,661 · 10 ⁻⁴	1,368 · 10 ⁻⁴
	Q ₊ (m ³ /s)	4,314 · 10 ⁻⁴	4,931 · 10 ⁻⁴	5,547 · 10 ⁻⁴	6,163 · 10 ⁻⁴	6,780 · 10 ⁻⁴	7,396 · 10 ⁻⁴
F2	H ₊ (m)	1,602 · 10 ⁻⁴	1,563 · 10 ⁻⁴	1,466 · 10 ⁻⁴	1,348 · 10 ⁻⁴	1,270 · 10 ⁻⁴	1,075 · 10 ⁻⁴
	Q ₊ (m ³ /s)	4,314 · 10 ⁻⁴	4,931 · 10 ⁻⁴	5,547 · 10 ⁻⁴	6,163 · 10 ⁻⁴	6,780 · 10 ⁻⁴	7,396 · 10 ⁻⁴

Resultats d'étude et choix des pompes.

Forges		F(1)	F(2)
debit désiré Q_d [m ³ /h]		115.20	90
Hauteur manométrique H [m]		79.00	67.32
Types de pompes		4GB50	3GB40
Vitesse de rotation N [tr/min]		2850	2850
Rendement η [%]		75	75
Diametre de la roue D [mm]		215	215
1 ^{re} VARIANTE	Debit a reduire Q'_p [m ³ /h]	116.40	99
Reduction de temps de pompage	Hauteur correspondante H'_p [m]	79.50	71.50
	Volume d'eau pendant 24h V [m ³]	2764.8	2160
	Durée de pompage $t = \frac{V}{Q'_p}$ [h]	23.75	21.82
	Puissance absorbée $P = \frac{9.8 \cdot Q'_p \cdot H'_p}{3600 \cdot \eta}$ [KW]	33.62	25.72
2 ^e VARIANTE	H' [m]	80.80	75.50
Vannage	$\Delta H = H' - H$ [m]	1.80	8.18
	$P = \frac{9.8 \cdot Q_d \cdot H}{3600 \cdot \eta}$ [KW]	33.82	24.68
3 ^e VARIANTE	Q''_p [m ³ /h]	115.80	90.88
Rognage de l'impulseur de la pompe	H''_p [m]	80.50	75.00
	$m = (Q/Q''_p)^{0.5}$	0.997	0.995
	Pourcentage de rognage $1-m$ [%]	0.30	0.50
	$P = \frac{9.8 \cdot Q \cdot H}{3600 \cdot \eta}$ [KW]	33.87	24.76
4 ^e VARIANTE	$P = 9.8 \cdot Rcl 16$ [KW]	25.40	18.97
VARIANTE CHOISIE		4 ^e Variante	4 ^e Variante

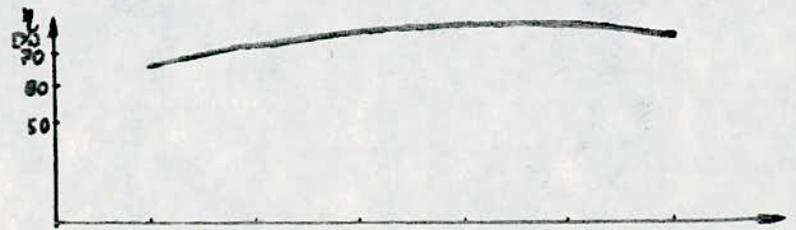
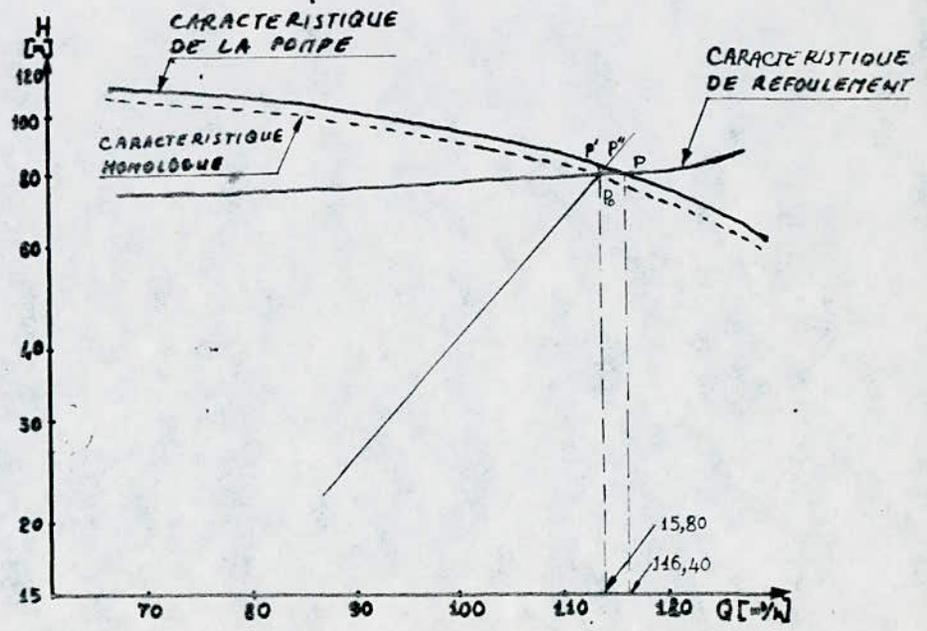
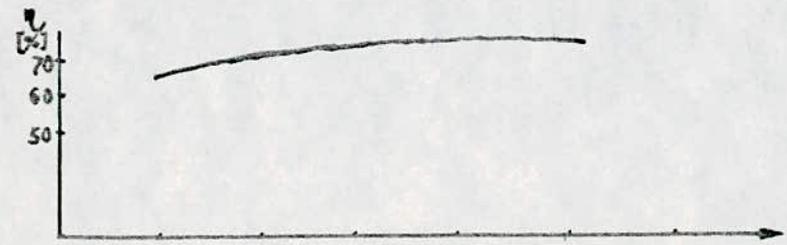
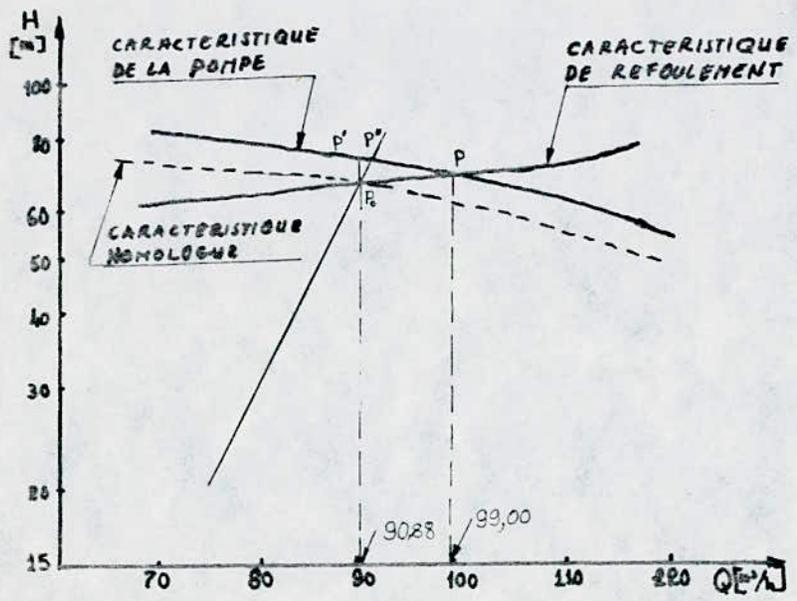
CHOIX DE LA POMPE.

forage F.2.

SERIE : GB (J. SCHNEIDER)
 TYPE : 3. GB40
 N = 2850 tr/min
 \varnothing_{roue} = 215 mm
 η = 75%

forage F.1.

SERIE : G.B.(J.(SCHNEIDER)
 TYPE : 4. GB 50
 N = 2850 tr/min
 \varnothing_{roue} = 215 mm
 η = 75%



26

et il sera tenu compte des pertes de chages singuliaires dâe à la presence du clapet de pied, coudes, vannes...etc. La tension de vapeur est de l'ordre de 0,2m quand la temperature excède 18°C c'est à dire négligeable.

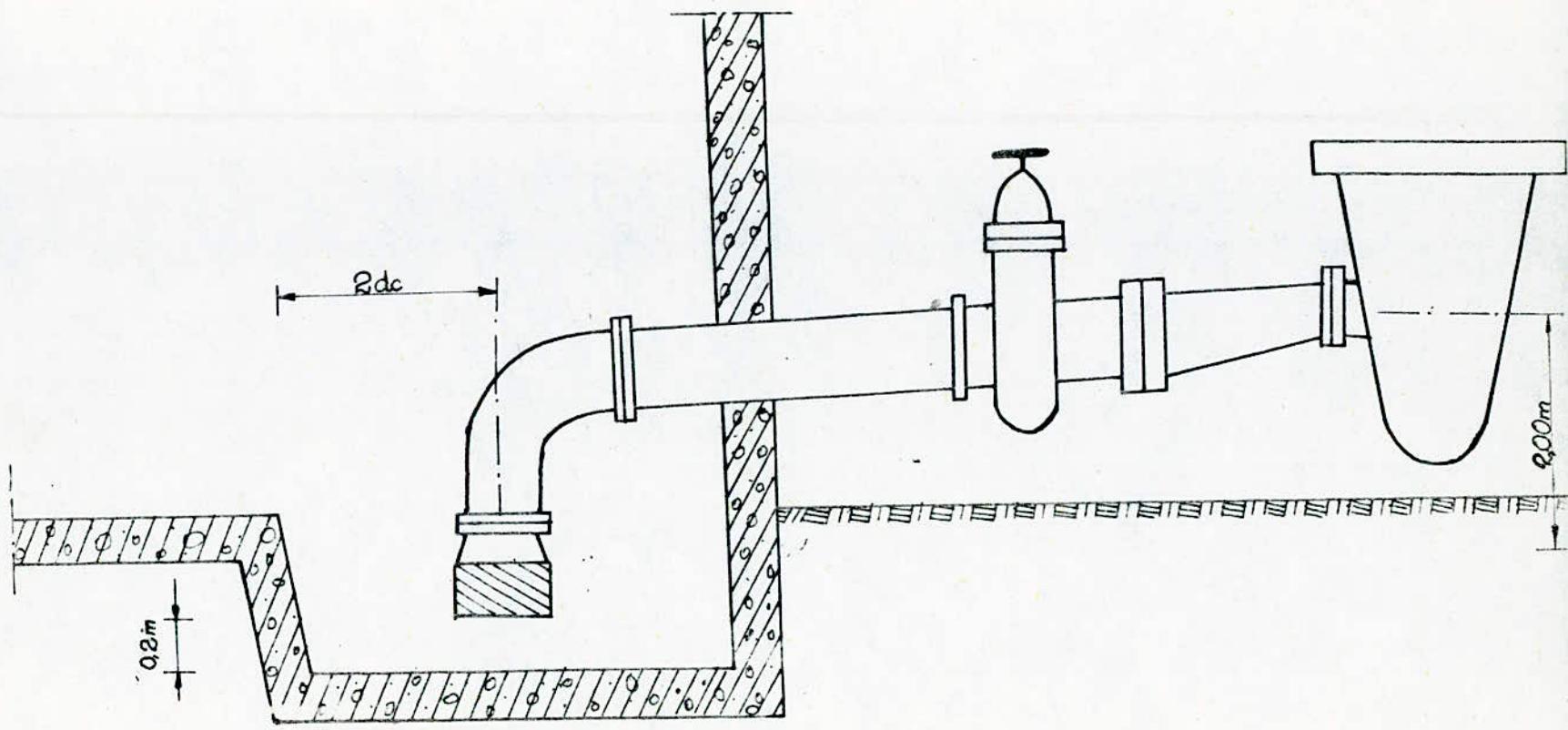
3) TUYAUTERIE D'ASPIRATION:

La tuyauterie d'aspiration doit autant que possible répondre aux conditions suivantes.

- Petite longueur
- faible différence d'altitude entre le niveau de l'eau à pomper et l'axe de la pompe.
- la tuyauterie d'aspiration doit être installée en pente montante du bache de reprise vers la pompe de 2% au minimum.
- éviter si possible, l'emploi des axessoir telle que vannes, coudes, et autres. Car ils sont les sièges de pertes de charges.
- Assurer une bonne étanchéité au niveau des joints pour empêcher l'air de pénétrer dans la tuyauterie causé du désamorçage de la pompe.
- Si l'orifice d'aspiration de la pompe est d'un diamètre inférieur à celui de la tuyauterie d'aspiration, prévoir un convergeant spécial, dans la génératrice supérieure soit horizontale, cela pour éviter la présence d'un point haut où l'air s'accumulerait et provoquerait le desamorçage.
- Emplacement de la crepineau niveau le plus bas.

(VOIR SCHEM)

00V



4 - CIRCUIT D'ASPIRATION

5) POMPE CENTRIFUGE A LA STATION DE POMPAGE :

5.1) Calcul de N.P.S.H Disponible

La hauteur de charge nette absolue est une hauteur de grandeur qui caractérise l'installation et le fluide véhiculé. N.P.S.H (Net Position Suction Head) en anglais. En comparant la N.P.S.H_d avec le N.P.S.H_r requis qui est une caractéristique de la pompe, on pourra s'assurer que les conditions d'aspiration sont satisfaisantes; On doit toujours avoir:

$$N.P.S.H_d > N.P.S.H_r$$

Dans le cas contraire, il y aura vaporisation partielle du liquide, dégagement de l'air dissous, cavitation, risque de s'amorçage, perte de rendement, etc....

$$N.P.S.H_d = h_a + \frac{P_o + P_a - P_r}{\rho \cdot g} - \Delta H_a$$

avec:

P_o: pression effective régnant à la surface libre du réservoir, dans notre cas P_o=0

P_a: pression atmosphérique P_a=10⁵ Pascals

P_r: Tension de vapeur de l'eau qui dépend de température

P_r=23369,12 Pascals à 30°C

ρ: masse volumique de l'eau, ρ=998 Kg/m³ à 20°C
g=9,81 m/s

h_a= hauteur géométrique d'aspiration, le signe (+ou-) de (h_a) est suivant que la pompe est en charge ou non.

h_a > 0 lorsque la est en charge.

h_a < 0 lorsque la pompe est dans le cas contraire.

H_a: perte de charge à l'aspiration.

a) Perte de charges linéaires se calcul d'après la formule

$$\Delta H_e = \frac{V}{2g} \cdot \frac{\Delta}{D} \cdot L$$

V_a: Vitesse moyenne d'écoulement en m/s V=0,82m/s

L: Longueur développée de la tuyauterie (L=5m)

g:=9,81m/s

D_a: Diamètre inférieur de la tuyauterie D=200mm

λ : Coefficient de perte de charge Lineaire qui dépend du nombre de REYNOLDS

$$R = \frac{Da \cdot V}{\nu} = \underline{16000} \text{ déjà calculé (chap I)}$$

AVEC: $\nu = 10^{-6}$ Viscosité Cinématique de l'eau à 20°C
: est calculé d'après la formule de BLASIUS.

$$\lambda = (100R)^{-1/4} = (100 \times 16000)^{-1/4} = 0,028 \implies \Delta H_f = \frac{0,82^2 \times 0,028 \times 5}{2 \times 9,81 \times 0,2} = 0,024 \text{ m}$$

Pertes de Charges singulière:

Elles sont dues à des accessoires placés dans la conduite d'aspiration et sont calculées d'après la formule:

$$\Delta H_s = \sum \xi \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

ξ : Est un Coefficient de perte de charge qui dépend de l'accessoire utilisé.

Accessoir	ξ	ΔH
1 Vanne ouvert	4	0,13
1 Coude	0,5	0,017
1 Crepine	0,254	0,0083

$$\Delta H_s = 4 \times 0,13 + 0,5 \times 0,17 + 0,254 \times 0,0083 = 0,607 \text{ m}$$

c) Perte de charge dans la cone convergente:

Connaissant le rapport d_2/d_1 et la vitesse d'écoulement V_a , le catalogue des Constructeurs de Pompes et leur installation nous donne une perte de:

$$d_2/d_1 = 1,6 \xrightarrow{\text{catalogue}} \Delta H_c = 0,011 \text{ m}$$

DONC LES PERTES DE CHARGES TOTALE D'ASPIRATION

$$\Delta H_t = \Delta H_s + \Delta H_f + \Delta H_c = 0,607 + 0,024 + 0,011 = 0,642 \text{ m}$$

Pour tenir compte de la rigidité, on majore par un coefficient de sécurité $K_s = 1,25$

$$\Delta H_{tasp} = 1,25 \times 0,642 = 0,803 \text{ m}$$

$$\text{D'ou N.P.S. } H_d = \frac{10^5 - 23369,12}{998 \times 9,81} - 0,803 = 7,024 \text{ m}$$

Le N.P.S.H_d est calculé pour le niveau d'eau le plus bas dans la bache de reprise, niveau qui ne peut être atteint car la bache de reprise est alimentée automatiquement par une vanne flotteur

52) Calcul de la N.P.S.H_r

On détermine le N.P.S.H_r (REQUIS) de la pompe choisie à l'aide de la constante de THOMA (5')

$$\frac{1,21 \times N_s^{4/3}}{1000} - \frac{1,21 \times (15,193)^{4/3}}{1000} = 0,0455$$

Donc N.P.S.H_r = ~~6~~ H_{mt} ± 0,455 × 97,91 = 4,458m

53) Verification de Cavitation:

Suivant l'inégalité:

N.P.S.H_r = 4,458 < N.P.S.H_d = 7,024

On voit bien qu'il n'y a pas de risque de Cavitation

6) CARACTERISTIQUE DE FONCTIONNEMENT DE LA POMPE CENTRIFUGE/

61) Hauteur de EULLER pour Z=6

$$H_{thz} = \frac{U_2 V_{2u} - U_1 V_{1u}}{g}$$

Comme l'écoulement est radial, V_{1u} = 0 c'est à dire α₁ = 90°, soit

$$H_{thz} = \frac{42,252 \times 32,16}{9,81} = 140,81m$$

C'est la pression en mètre de colonne d'eau par la roue théoriquement.

62) Hauteur d'EULER pour Z=∞

C'est la hauteur fictive que fournirait la roue pour un nombre d'aubes infini:

$$H_{th\infty} = H_{thz}(1+P)$$

P: est le coefficient de PFLEIDERER qu'on doit calculer.

$$P = K \frac{U^2}{Z \cdot S}$$

avec $K = 0,6(1 + \sin \beta) = 0,6(1 + \sin 22,5) = 0,589$ coef correctif

$$S = \frac{1}{2}(U_2^2 - U_1^2) = \frac{1}{2}((42,252)^2 - (11,1)^2) = 796,378 \text{ m}^2 \text{ stat}^2$$

Z=6, c'est le nombre d'aubes.

Donc: $P = 0,829 \times \left(\frac{278,07}{2}\right)^2 \times \frac{1}{6 \times 7960,378}$

$P = 0,334$

Soit une hauteur fictive de:

$H_{th\infty} = 140,81(1+0,334)$

$H_{th\infty} = 188,05 \text{ m}$

63) Tracé des courbes $H_{th\infty}$ et H_{thz} en fonction du débit

* $Q=0$ _____ $H_{thz} = \frac{U_2^2}{g} = \frac{42,952^2}{9,81} = 188,06 \text{ m}; H_{th\infty} = 252,06 \text{ m}$

* $Q=0,0257 \text{ m}^3/\text{s}$ $H_{thz} = \frac{U_2 V_{2u}}{g} = \frac{42,952 \times 32,16}{9,81} = 140,81 \text{ m}$

$H_{th\infty} = 188,05 \text{ m}$

7) CALCUL DES PERTES HYDRAULIQUES:

Elles comprennent les pertes par frottement dans les cannaux et les pertes de transformation d'énergies

71) Pertes de transformation d'énergie:

a) Dans la roue:

$\Delta H_r = 0,05 \left(1 - \frac{v}{u}\right) \cdot H$

$\psi = \frac{2gH}{U_2^2} = \frac{2 \times 9,81 \times 97,91}{(42,952)^2} = 1,04$

ψ : est le coefficient sans dimensions de la hauteur hauteur.

$\Delta H_r = 0,05 \left(1 - \frac{1,04}{4}\right) \times 97,91 = 3,621 \text{ m}$

b) Dans la Volute:

$H_{vt} = 0,05 \frac{\psi H}{4} = \frac{0,05 \times 1,04 \times 97,91}{4}$

$H_{vt} = 1,273 \text{ m}$

72) Pertes par frottement dans les canaux:

a) Dans la roue:

$$H = \frac{1}{4} \frac{2e+2b}{eb} l \frac{W^2}{2g}$$

e_1, e_2 : épaisseurs transversales du canal relevé sur le dessin

$$e = \frac{e_1 + e_2}{2} = \frac{26 + 42}{2} = 34 \text{ mm}$$

$$b = \frac{b_1 + b_2}{2} = \frac{7,42 + 13,56}{2} = 10,49 \text{ mm}$$

$$W = \frac{W_1 + W_2}{2} = \frac{19,054 + 11,68}{2} = 15,36 \text{ m/s}$$

l: Longueur du canal, relevé sur le dessin $l = 90 \text{ mm}$

λ : Coefficient de frottement en fonction du nombre de RENOLDS

$$R = \frac{bW}{\nu} = \frac{0,05 \times 15,36}{1,00 \times 10^{-6}} = 1,6 \times 10^5$$

ν : Viscosité cinématique de l'eau $= 1,008 \text{ m}^2/\text{s} \times 10^{-6}$

En fonction de b et R on relève la valeur de (λ) sur la courbe des essais de PRANDTL, de KARMAN et NIKURADSE en page 13 (KOVATS):

soit $\lambda = 0,034$

$$\text{d'où: } \Delta H_{\text{rf}} = \frac{1}{4} \cdot 0,032 \frac{2 \times 0,034 + 2 \times 0,0105}{0,034 \times 0,0105} \cdot 0,09 \frac{15,36^2}{2 \times 9,8}$$

$$\Delta H_{\text{rf}} = 2,158 \text{ m}$$

b) Dans la Volute/

La Volute, qui est un canal circulaire, présente des sections différentes; calculer les pertes par frottement dans le canal de la Volute, revient à calculer la perte par tronçon du canal.

La perte pour un tronçon est donnée par la formule

$$\Delta H_{\text{rf}} = \frac{L_m \times V_{3m}^2}{d_m} \times \frac{1}{2g} \times \lambda$$

OU: L_m : Longueur du tronçon prise du dessin $= 0,995 \text{ m}$

d_m : Diamètre moyen du tronçon.

λ : Coefficient de frottement, donné par la formule de MISES

$$\lambda = 0,0096 + \frac{4}{\sqrt{3m}} \cdot \left(\sqrt{K} + 1,7 \sqrt{\frac{V_{3m}}{V_{1m}}} \right)$$

$V_{3m} = 18,233 \text{ m/s}$, calculé précédemment

$\sqrt{K} = 6 \cdot 10^{-3}$ à $10 \cdot 10^{-3}$ est un coefficient correspondant à la rigidité des parois pour la fonte moulée. prenons $7 \cdot 10^{-3}$

$$d_m = \frac{d + d + 0,042 + 0,200}{2} = 0,121 \text{ m}$$

$$\lambda = 0,096 + \frac{1}{\sqrt{0,121}} \left(7 \cdot 10^{-3} + 1,7 \sqrt{\frac{1,008 \cdot 10^6}{18,233}} \right) = 0,0309$$

$$\Delta H_{v_f} = 0,309 \frac{0,995}{0,121} \times \frac{(18,233)^2}{2 \times 9,81}$$

$$\Delta H_{v_f} = 4,305 \text{ m}$$

C) Pertes dans le cone du diffuseur de la Volute:

$$H_c = \lambda \frac{L_c}{d_{mc}} \times \frac{V_{mc}^2}{2g}$$

OU $L_c = 230 \text{ mm}$ longueur du cone de diffuseur

$$d_{mc} = \frac{d_e + d_s}{2} \quad \text{avec } d_e: \text{ diametre de la section d'entree}$$

d_s : diametre de la section de sortie

$$d_{mc} = \frac{42,2 + 100}{2} = 71,1 \text{ mm}$$

V_{mc} : Vitesse moyen d'ecoulement dans la cone

$$Q = V_{mc} \times A_{mc} = V_{mc} \times \frac{\pi d_{mc}^2}{4}$$

$$\text{d'où } V_{mc} = \frac{4 \times Q}{\pi \times d_{mc}^2} = \frac{4 \times 22,52}{\pi (0,07118)^2 \times 3600} = 6,46 \text{ m/s}$$

$$\lambda = 0,0096 \frac{1}{\sqrt{0,07118}} \left(7 \cdot 10^{-3} + 1,7 \sqrt{\frac{1,008 \cdot 10^6}{6,16}} \right) = 2,87 \cdot 10^{-2}$$

$$\Delta H_c = 0,00287 \frac{0,23}{0,07118} \frac{(6,46)^2}{2 \times 9,81} = 0,197 \text{ m}$$

LES PERTES HYDRAULIQUES TOTALES SERONT:

$$\Delta H = \Delta H_r + \Delta H_v + \Delta H_{rf} + \Delta H_{vf} + \Delta H_c$$

$$H = 3,621 + 1,273 + 2,158 + 4,305 + 0,197$$

$$H = 11,554 \text{ m}$$

8) RENDEMENT HYDRAULIQUE: $\eta_h = \frac{H_{0,2} - \Delta H_r}{H_{h,2}} = \frac{140,81 - 11,554}{140,81}$

$\eta_h = 92\%$

REMARQUE: Le rendement hydraulique depend des formes aerodynamique des elements destines a guider le fluide de la rigiolite de leur parois et de leur dimension.

9) CALCUL DES PERTES VOLUMETRIQUES:

Entre elements rotatifs et immobiles des pompes, on utilise des joints d'etancheite qui separent les regions soumisees a des pressions differentes.

Entre les jeux des joints apparaissent des fuites appelees fuites Volumetriques.

- Pertes par fuites du joint

$$\frac{Q_f}{Q} = \frac{1}{1000} \cdot \frac{d_1}{d_2} \cdot \frac{U_2 \cdot d_2^2}{Q} \sqrt{0,75 + 0,25 \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 - \left(1 - \frac{\psi}{2}\right)^2}$$

Q_f : Debit de fuites qu'on doit calculer

$$\psi = \left(\frac{U_2}{2gH}\right)^{-1}$$

d'ou: $\frac{Q_f}{Q} = \frac{1}{1000} \cdot \frac{117}{278} \cdot \frac{42,95 (0,278)^2 \cdot 3600}{92,52} \sqrt{0,75 + 0,25 \left(\frac{117}{278}\right)^2 - \left(1 - \frac{2 \cdot 9,81 \cdot 97,91}{2 \cdot (42,95)^2}\right)^2}$

SOIT: $Q_f = 1,218 \text{ m}^3/\text{s}$

pour les deux Chicanes on a:

$$Q_f = 2 \cdot 1,218 \cdot 10^{-3} = 2,436 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

10) Le rendement Volumetrique:

IL se calcul suivant :

$$\eta_v = \frac{0,0257}{0,0257 + 2,436 \cdot 10^{-3}}$$

$$\eta_v = 90\%$$

$$\eta_w = \frac{Q}{Q + Q_f}$$

II) CALCUL DES PERTES MECANIKES:

Elles comprennent les pertes dues au frottement mecanique des presses - etoupes, des palier du liquide sur les parois des cannaux etc...

II-1) Prissance utile:

$$P = \frac{\rho \times Q \times H}{367,1} = \frac{1 \times 92,52 \times 97,91}{367,1} = 24,68 \text{ (KW)}$$

$$\frac{P_{abs}}{W} = 0,027 + 0,642Q - 9,218 \cdot Q^2$$

En donnant des valeurs à Q, on trouve les valeurs de la pression.

et à partir des valeurs données, on trace la courbe de la puissance en fonction du débit.

I-5) TRACES DES COURBES DU RENDEMENT GLOBAL EN FONCTION DU DEBIT

la fonction $\eta = f(Q)$ s'exprime par :

$$\eta(\%) = \frac{gHQ}{P}$$

d'où LE TABLEAU ET LES COURBES

- Caractéristique de la pompe $h(Q)$
- Caractéristique de la conduite $Q(\Delta H)$

$$H = H_g + 0,005 \frac{f}{D^5} \cdot LgQ^2$$

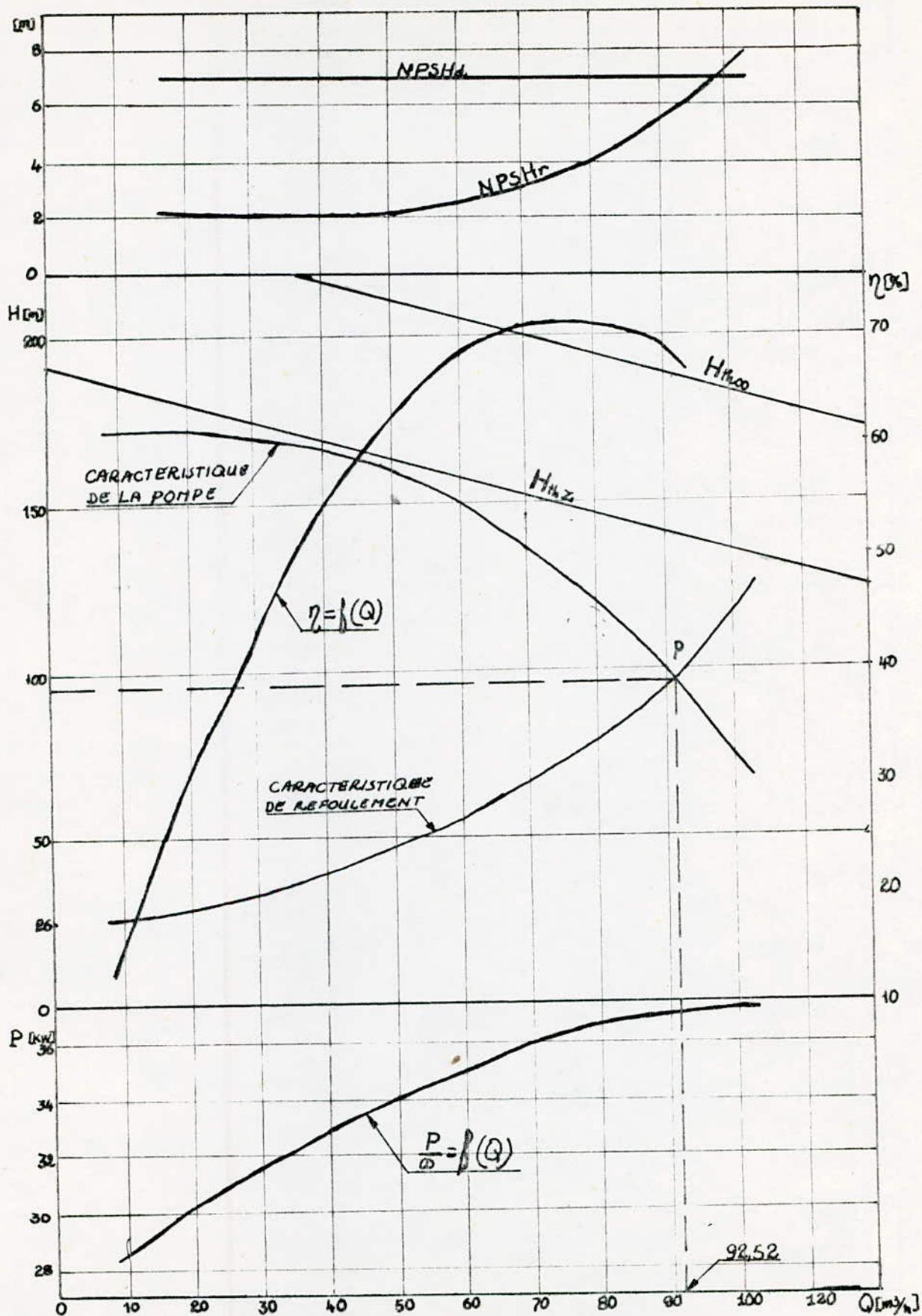
- caractéristique de la puissance absorbée

$$\frac{P_{abs}}{W} = f(Q)$$

- Caractéristique du rendement

$$\eta = f(Q)$$

Q (m ³ /s)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
H (m)	172,5	172	170	167	160	150	136	122	108	76
P (Kw)	28,71	30,23	31,71	32,99	34,14	35,16	36,00	36,71	37,29	37,72
n (%)	16,36	30,96	41,78	55,18	63,45	69,26	71,49	72,37	67,01	54,90



CARACTERISTIQUES DE LA POMPE
STATION DE POMPAGE

La protection des pompes s'appliquent à des Phenomenes divers :

- Hydraulique.
- Mecanique.

Elles peuvent etre avertisseur ou automatique ,c'est a dire evite l'accident ou limitant les effets .

1) Phenomene Hydrauliques:

Il s'agit du desamorçage et les coups de Belier.

-Protection au condition Amont:

*Desamorçage: Une pompe ne doit pas fonctionner à vide donc le niveau d'eau dans le resrvoir doit etre controler Le dispositif utilisé à cet effet est un flotteur en liaison avec un interupteur lui meme raccrdé au contacteur de protection du moteur d'entrainement .

La tension est de 24 Volts ,consistant en l'emploi d'un petit transformateur .

*Coup de Belier:

Ils sont dû à une variation brusque de pression et de debit,le plus important sont ceux qui se produisent au moment de l'arret de la pompe l'eau circule à une vitesse uniforme .

à larret,les forces d'enecies empechent l'eau de s'arreter brusquement,elle continue a avancer au voisinage de la pompe,la variation de la vitesse a l'interieur de la condui conduite donne naissance d'une onde se propagaant avec une célérité (C)

La célérité de propagation du fluide et du tuyau on a:

Etant donne la rapidité avec laquelle ces phenomenes se produisent un avertisseur est initial.Pour les vaincres on adopte des appareils s'attaquant à la cause elle meme.

Il s'agit du :

-Volant d'enercie:

Le couple moteur cesse brusquement,seuledonc on augmente cette enercie par un Volant

Cette solution est encombrante vue les dimensions dux volant.

-Reservoir d'air:

On instale des renflards d'air pour combler les vides et ammortie le choc en retour cette solution est la meilleur.

CHAPITRE V CHOIX DU MOTEUR D'ENTRAÎNEMENT

1) GENERALITES:

Dans la generalite des cas d'entrainement des pompes centrifuges est assure au moyen de moteur thermique ou electrique. Du fait de leur fonctionnement a des vitesses de rotation sensiblement egales a celles des moteurs, il est tres facile de realiser un decouplage direct en bout arbre sans adjonction de reducteur ou multiplicateur de vitesses/

Dans notre etude l'utilisation d'un moteur electrique est tres avantageuse car nul ne peut nier les multiples avantages lies a l'utilisation de l'energie electrique, la facilite avec laquelle s'opere le demarage, elle est plus economique et plus en securite.

2) GENRE ET TYPE DE MOTEUR:

Les types de moteur qui se pretent le mieux a l'entrainement des pompes sont les asynchrones et les synchrones. Comme il s'agit d'une petite station de pompage les moteurs synchrones sont elimines du fait de leur prix eleve motive par l'existence qui les accompagnent.

Nous adoptons donc des moteurs asynchrones.

3) CHOIX DES MOTEURS:

31) Moteur electrique:

- Type ~~A~~ Synchron
- Courant alternatif 220-380 Volts
- Frequence 50 Hertz
- Vitesse 2950 trs/mn

32) Moteur thermique:

- Type Diesel a 4 temps
- Combustible huile lourde
- Vitesse 1500 trs:mn

REMARQUE:

La puissance du Moteur, elle doit etre egale a celle absorbee par la pompe.

CHAPITRE VI BATIMENT DE STATION DE POMPAGE

1-Généralités:

L'emplacement de station de pompage une fois déterminé (suivant la topographies des lieux le plus rationnel et le plus économique), se pose le problème de son aménagement.

La station de pompage, réunie, en principe, groupées dans un même bâtiment:

- _ La salle des machines, des installations électrique, et de captage hydrauliques.
- _ La salle des annexes (bureau, magasin, stérilisation, atelier, etc...)

Ces différentes parties du bâtiment d'usine revêtent des importances divers selon la puissance installée. Chaque cas nécessite une étude spéciale. Le bâtiment lui-même doit être de construction durable, à murs épais. Il est recommandé de prévoir une sous-toiture ou une isolation thermique équivalente.

On bréf le bâtiment doit abriter tous les équipements utilisés donc il nécessite une étude architecturale.

2-Organisation et conception.

2-1 Salle des machines:

Pour éviter toute pollution de l'eau, cette salle la plus importante, elle ne devra pas autant que possible, être installée au dessus de l'eau (au dessus de la bache), mais à proximité cependant si les précautions nécessaires en vue de réaliser la protection de l'eau sont prise, on pourra néanmoins, adopter cette disposition superposée, qui permettra de réduire l'encombrement des installations.

Cette salle commandera toute l'organisation, son dimensionnement est donné par l'encombrement des groupes moto-pompes ainsi que par celui des canalisations et de leurs pièces de raccord normalisées.

L'étude de salle donc commence obligatoirement par le tracé des conduites et la mise en place des groupes suivant les plans de constructions.

Dans les installations de moyenne et petite importances(notre cas) les divers canalisations sont poses en caniveaux facilement accessibles,recouverts de tôle sterie ou de caillebotis metalique à clairvoie.

Les pompes(des deux groupes) seront installees a un niveau tel que leur capacite pratique d'aspiration de l'instalaation et que leur amorçage soit facilité.Elles sont de type horizontales; Dans une parie bien degagee de la salle,on disposera le tableau de commande et de controle de la station,qui groupera notamment::

- La commande des groupes,ainsi que celle des vannes a distance.
- Les amperimetres,et compteurs horaires de marche.
- Les indications hydrauliques ;debit,niveau divers,tel que hauteur d'eau,tant a la prise(puit, filtre,etc...) qu'au lieu de refoulement (reservoir),position d'ouverture des vannes telecommandées .Ces indicateurs seront fournis a des transmetteurs en liaison electri ue.

+X+Il est indisponsable de prevoir un secours permetant de p prendre le relais en cas d'indisponibilté quelconque du groupe en fonctionnement,ou de s'ajouter exeptionnele- ellement à celui-ci pour fournir un appoint eventuel.

X Une pompe de secours identique a la p resedente entrainee par un moteur DIESEEst destiné à fonctionner en cas de a coupure du raiseau electrique ou defaillance de la pompe initiale.

XL'etude de l'adduction du ouit (F2)et aussi prevu comme cas de secours.

22)Salle des annexes

Cette salle n'a aucune communication avec la salle des machines en raison desc corrosions possibles par les agents(sterisant)qui sont de puissantsoccydants il devra etre possible de suivre ,la salle des mavnines;la marche de la chloration grace a une cloison (ou une partie)vitrée bien etanche .

X Les autres annexes qui fairont partie du batiment, quands les dispositiöns architecturales les permettent, ou bien ils seront construit a part .

23) ECLAIRAGE:

L'éclairage est nécessaire quelque soit pour une station de pompage son importance, l'ouvrier chargé d'une réparation ou même simplement de l'entretien, doit prévoir accomplir son travail dans de bonnes conditions.

tandis que les installations électriques pourront être renfermées dans des coffrets (armoires métalliques).

24) VENTILATION ET CHAUFFAGE:

Puisque le climat de la zone est très variable entre l'hiver et l'été, on doit obligatoirement évacuer la chaleur produite par les moteurs à l'extérieur, une ventilation naturelle est suffisante pour ce type de station.

Pendant les périodes de grand froid, l'eau pourrait effectivement geler dans les canalisations restées pleines, si la station était arrêtée; et n'oubliant pas également qu'une salle des machines équipée en moteur DIESEL doit être chauffée à plus de 10°C afin de faciliter le démarrage des moteurs ainsi les personnels de la station.

- III PARTIES -

A S S A I N I S S E M E N T

- II PARTIES -

A S S A I N I S S E M E N T

- P A R T I E - III -
ASSAINISSEMENT

I°) - Introduction :

L'Assainissement des Agglomération à pour objet d'assurer l'évacuation.Rapide et sans stagnation des eaux usées et des eaux pluviales dans les conditions satisfaisantes,pour la santé publique et la protection de l'environnement.

- Notre étude consiste à projeter un réseau d'assainissement pour la Z H U N de Birine.

- A l'aide d'une carte topographique .Nous avons d'éduirt que le bassin versant d'épasse les 200 Ha pour notre étude nous avons pris en considération. Que le périmètre de la ZHUN (32,09 Ha) avec une extention de (32,63 tandis que les eaux provenant de la zone nom urbanisé seront évacuées à l'aide de Faussés.(voir shéma).

I₁°) - Données de base.

- Carte topographique Ech. 1 : 1000 (Z H U N)
- " " Ech. 1 : 10000 (Region de Birine)
- " " Ech. 1 : 5000 (Ville de Birine)

I = 94 l/s/ha.intensite pluviométrique pour une durée de t = 15 mois. \cap .

- Pour le calcul des eaux usée on doit se referer à la première partie (A.E.P.).

I₂°) - Etat actuel :

Il n'ya aucun réseau d'égout dans cet endroit puis qu'il s'agit pratiquement d'un terrain d'une Nouvelle EHUN tandisque l'assainissement de la ville est assuré par un système unitaire.

I₃°) - Choix du système d'évacuation :

Parmie les trois systèmes : système separatif, système psendoseparatif, système unitaire.

On choisie le système unitaire comme celui de la ville.Dans ce cas toute les eaux sont recueillies dans un système unique de collecte Le système necessite des ouvrages(bouches d'égout,regards de visite)relativement important afin de vehiculer des débits de pointe de ~~raisclement~~ il presente des avantages telle que la simplicité,le faible encombrement et l'économie.

.../...

I₄^o) - Types d'eau à évacuer :

Dans l'agglomération considérée, les eaux à évacuer sont de 2 types.

- eaux de ruissellement
- eaux usées d'origine domestique

II_{4.1}^o) - eaux de ruissellement :

Elle comprennent les :

- eaux de pluie
- eaux de l'avage
- eaux de drainage

Elle sont peut dangeureuses moi s les sables quelles entrainent constituent une sujtion pour leur évacuation.

La pollution des eaux est variable, dans le temps, plus forte au debut d'une precipitation qu'a la fin parsuite du nettoyage, cette pollution est dâe au matière que les eaux entrainent (huile, Mazont etc...)

I_{4.2}^o) - Debit a evacuer :

- Les ouvrages sont calculés pour la plus forte precipitation decennale.

Où choisit, pour la détermination du débit la Méthode rationnelle.

$Q = C.I.A. \int 1/s \int.$

I.intensité (maximale) enregistrée de la precipitation en moyenne

$\int 1/s/ha \int.$

Elle est caractérisé par sa durée, son intensité et sa frequence

A: Surface du bâssin versant $\int Ha \int$

C: Coefficient de ruissellement d'une surface donnée qui est égale au rapport du volume d'eau qui ruisselle de cette surface. au volume d'eau tombé sur elle. Pour notre cas nous avons pris les volumes de C. du tableau suivant :

Surface	Coefficient " C "
Habitation très deuse	0,9
Habitation deuse	0,6 ÷ 0,7
Habitation moins deuse	0,4 ÷ 0,5
Quartier residuelles	0,2 ÷ 0,3
Zone industrielle	0,2 ÷ 0,3
Jardin praivies	0,05 ÷ 0,2

.../...

I_{5.1}^o) - Eaux usées d'origine domestique :

- Elle comprennent :
- eaux ménagères - eaux de cuisine
 - eaux de l'essive
 - eaux de toilettes.
 - eaux de vannes : (W.C, urine etc...)

Elle renferme des matières minérales et les matières organique elle peuvent être :

- a. Matière en suspension d'écouable en (2heures)
- b. " " " non décomptable
- c. " dissoutes

I_{5.2}) - Débit à évacuer :

d'une manière générale, les débits d'eaux usées sont évalués sur la base des consommations d'eau potable recensées.

Selon les normes 20% de l'eau seront perdues et 80% seront rejetée par le réseau.

- débit moyen des eaux usées. $Q_{mu} = 0,8 Q.$

Q : débit de consommation moy. $Q = 1707,96 \text{ m}^3/\text{J}$

$Q_{mu} = 0,8 \times 1707,96 = 1366,368 \text{ m}^3/\text{J}$

$Q_{mu} = 15,814 \text{ l/sec}$

- débit de pointe des eaux usées. $Q_{up} = Q_{mu} \cdot C_p$

C_p : Coefficient de pointe $C_p = \max. \left\{ \begin{array}{l} C_p = 1,5 + \frac{2,5}{(\sqrt{Q_{mu}})} \quad Q_{mu} \text{ en l/s} \\ C_{p2} = 2,6 - 0,4 \log \frac{N}{1000} \end{array} \right.$

$C_{p2} = 2,6 - 0,4 \log \frac{N}{1000}$

N: Nbre d'habitant

$C_p \neq \max \left\{ \begin{array}{l} C_{p1} = 1,5 + \frac{2,5}{(\sqrt{15,814})} = 2,12 \end{array} \right.$

$C_{p2} = 2,6 - 0,4 \log \frac{6833}{1000} = 2,26$

$C_p = 2,26$

.../...

$$Q_{up} = 15,814 \times 2,26 = \underline{\underline{35,74 \text{ l/s}}}$$

- debit spenfique

$$Q_{sp} = \frac{Q}{N} = \frac{\text{debit moyen Journalier}}{\text{nombre d'abitants}} = \frac{1707,96}{6833}$$

$$Q_{sp} = 249,957 \text{ l/s/Hab}$$

$$\underline{\underline{Q_{sp} = 2,8930 \times 10^{-3} \text{ l/s/hab}}}$$

$$\text{- densité } d = \frac{N}{S} = \frac{\text{Nbre d'abitants}}{\text{surface de la ZHUM}} = \frac{6833}{32} = 213,53 \text{ hab/ha}$$

d'après la formule suivante ou détermine Q_{mu} debit moyen usées pour

$$\text{chaque tronçon } Q_{mu} = 0,8 \frac{S \cdot d}{N} \cdot Q_{sp}$$

.../...
II.- Dimensionnement des collecteurs principaux :

II₁. Interprétation du tableau : (voir tableau)

- 1.- On détermine les longueurs des tronçons en(m)
- 2.- On détermine. Les surfaces des bassins d'apports(ha).
- 3.- Coefficient de ruissellement pris du tableau et ayant
I.- l'intensité de pluie on détermine Q

$$Q = C I A$$

- 4.- Ayant la surface de chaque bassin et la densité on détermine le débit d'eau usée Q_{mu} .
- 5.- On calcul le débit total $Q_t = Q_p + Q_{mu}$
- 6.- On dimensionne chaque tronçon avec le débit cumulé (Q_t) de ce tronçon.
- 7.- On détermine côte du terrain (Amont, Aval) de la carte topographique du terrain.
- 8.- Les cotes du radier (Amont et Aval) sont déterminées après avoir choisie une pente sur le profil pour laquelle la vitesse soit admissible.

$$C_r = C_t - (1,5 + \phi)$$

- 9.- Ayant i_0 (pente) et le débit Q_t on tire le diamètre du tronçon considéré de l'abaque VII. canalisation circulaire [Formule de Bazin].
- 10.- de même pour V_{ps} et Q_{ps} Ayant i et D (avec même Annexe) le coefficient $r_Q = \frac{Q}{Q_{ps}}$ étant calculé, à l'aide de l'abaque annexe X on tire le rapport r_H et r_v
- 11.- La hauteur de remplissage $H = D r_H$ et la vitesse réelle de l'eau dans le tronçon $V = r_v V_{ps}$ et on dernier on calcul. La vitesse de l'écoulement pour le 1/10 du débit à pleine section.

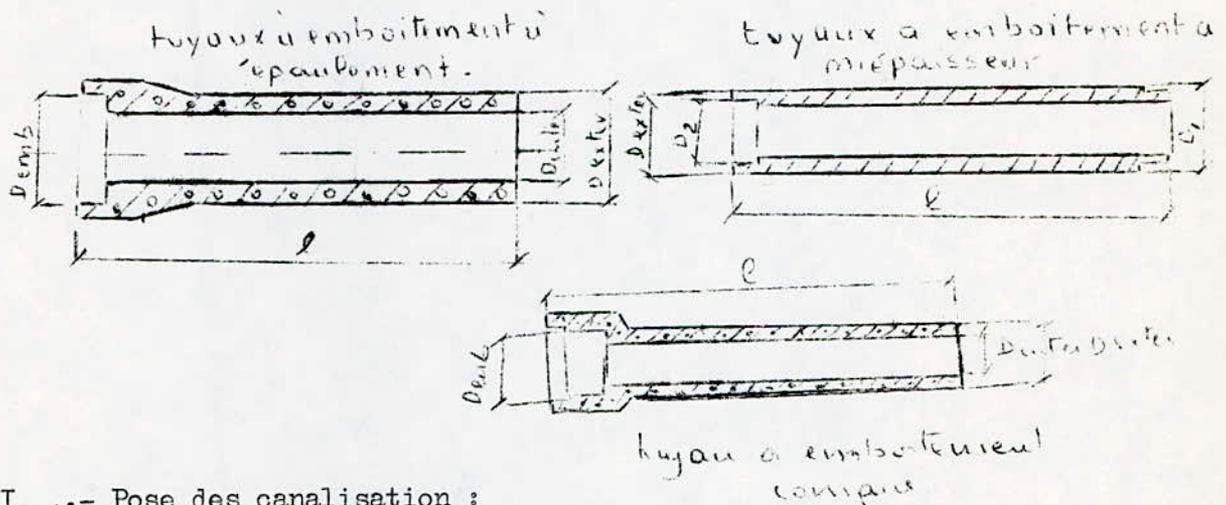
çon	ba ssin	ce E à la ZHUN ha	surface projet (ha)	surface du ba- ssin versant ha	surface cumulé (ha)	lon- gueur (m)	coeff de ruise- llement ck	inten- sité de plu- vie l/s ha	debit des eaux plu- viales Q= CIA l/s	debit des eaux usées l/s	debit to- tal Q = Qp+Qu	debit cumulé	C O T E			
													Terrain		Radier	
													Amont	Aval	Amont	Aval
1 - 2	A _I	4,15	4,36	8,51	8,51	310	0,40	94	319,976	4,635	324,611	324,611	93,75	92,80	91,40	90,60
2 - 3	A _{II}	4,42	5,40	9,82	18,33	350	0,30	94	276,924	4,936	981,860	606,471	92,80	88,97	90,60	86,60
3 - 4	A _{III}	9,69	6,30	15,99	34,32	320	0,30	94	450,918	10,822	461,740	1068,211	88,97	84,28	86,60	82,00
4 - 5	C	0,21	-	0,21	34,53	110	0,30	94	5,922	0,234	6,156	1074,367	84,28	84,05	82,00	81,4
1 - 2	B _I	4,47	3,10	7,57	7,57	190	0,40	94	284,632	4,992	289,624	289,634	96,50	93,10	24,4	91
2 - 3	B _{II}	5,8	3,2	9,00	16,57	300	0,30	94	253,80	6,477	260,277	549,901	93,10	89	90,80	86,60
3 - 4	B _{III}	3,09	8,12	11,21	27,78	410	0,30	94	316,122	3,451	319,573	869,474	89	83,75	86,60	81,40
4 - 5	C	0,25	-	0,25	28,03	70	0,30	94	7,05	0,279	7,329	876,803	83,75	84,05	81,40	81,00
5 - 6	C	"	2,15	2,15	64,71	100	0,2	94	40,42	-	-	1991,590	84,05	83,17	81,00	80,20

tronçon	pente ra- dier	diamètre mm	Q_{ps}	V_{ps}	r_Q	$r_H = \frac{H}{H_{ps}}$	$rV = \frac{V}{V_{ps}}$	$H = \phi r_H$	$V_{max} = V_{ps} r_V$	$\frac{I}{10}$	$Q = 0,6 V_{ps}$
1 - 2	0,002580	800	0,458	0,911	0,70	0,615	1,068	0,492	0,973		0,546
2 - 3	0,0114	800	0,963	1,916	0,63	0,58	1,05	0,464	2,011		1,149
3 - 4	0,0143	800	1,078	2,14	0,99	0,805	1,136	0,644	2,438		1,287
4 - 5	0,00545	1000	1,229	1,566	0,873	0,721	1,112	0,721	1,742		0,94
1 - 2	0,01789	600	0,546	1,934	0,53	0,523	1,01	0,313	1,960		1,160
2 - 3	0,0140	200	1,067	2,123	0,512	0,508	1,008	0,406	2,140		1,273
3 - 4	0,01268	800	1,015	2,020	0,8560	0,71	1,10	0,568	2,22		1,21
4 - 4	0,00574	1000	1,262	1,607	0,694	0,60	1,06	0,6	1,703		0,96
5 - 6	0,008	1200	2,460	2,175	0,81	0,68	1,10	0,816	2,408		1,30

III.- element constituf du réseau :

III₁.- ouvrages principaux :

Il s'agit des tuyaux choisie pour la canalisation pour notre cas ou pré-
fère les tuyaux en béton armé de profil circulaire variant de 300 à 2500mm
de diamètre et d'épaisseur de 50 à 150 mm et de longueur 5 m.



III_{1.1}.- Pose des canalisation :

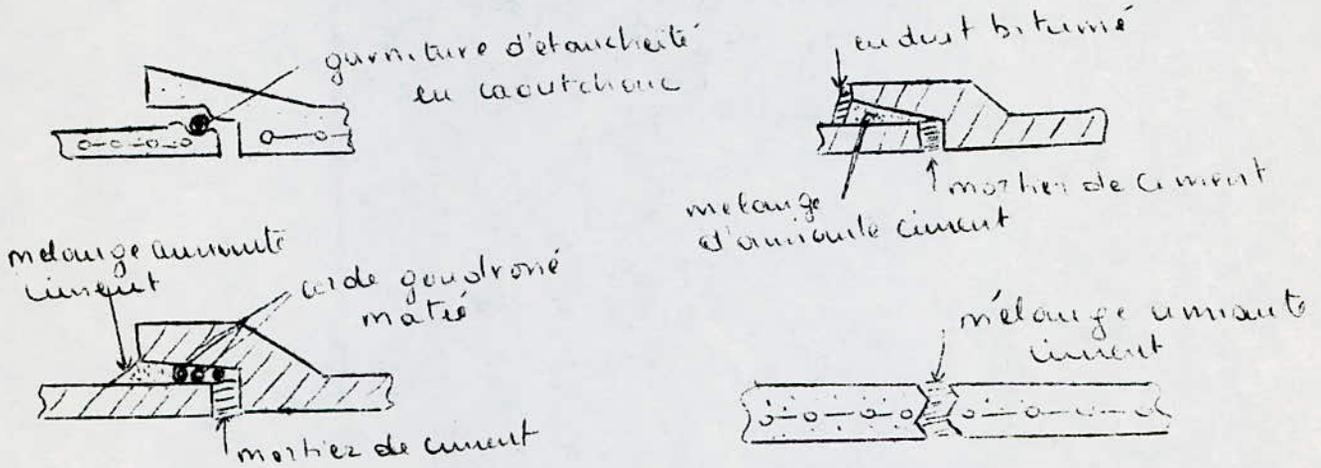
Lors de la pose des conduites ou doit respecter les points suivant :

- Les canalisation doivent être disposés suffisamment bas par rapport à la canalisation d'eau potable, Gaz, électricité, etc...
- Influence des températures et l'écrasement des véhicules (capacité portante)
- S'il existe l'embrèvement doit être dirigé vers l'amont.
- Si le tronçon étudiés présente un bon terrain les tuyaux seront posé sur une lit de sable.
- * dans le cas ou le sol est meuble ou posera le tuyau sur un lit de béton.
- * Si un affaissement irrégulier du sol est à craindre, le lit sera fait en béton armé.

.../...

III_{1.2} - Les Joints :

Le rôle des joints est d'assurer l'étanchéité entre les assemblage de la canalisation. Les joints de tuyaux à emboîtement et à épaulement.



III₂ - ouvrage Annexe :

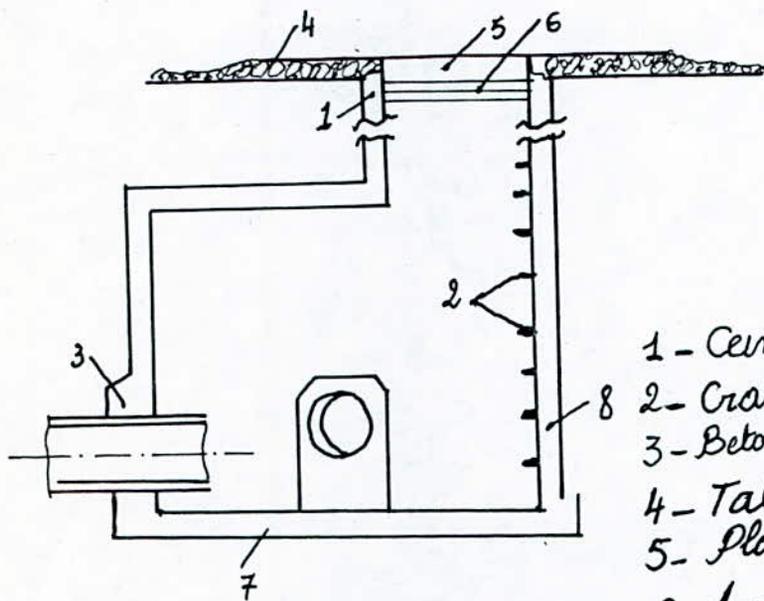
III_{2.1} - Les regards de visite :

a.- Rôle: Il permettent l'accès au canalisation pour les curages et il assurent la ventilation des égouts.

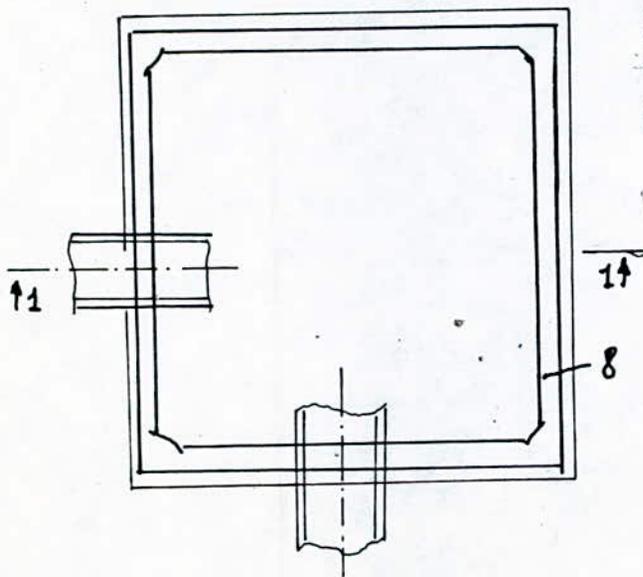
b.- emplacement : il sont installés ;

- a. chaque jonction de canalisation
- a chaque changement de direction
- changement de pente
- au point de chute.

Il sont distants de 50m pour les petites, canalisations (égout non visitable) et de 100 à 200 m pour les grandes canalisations.



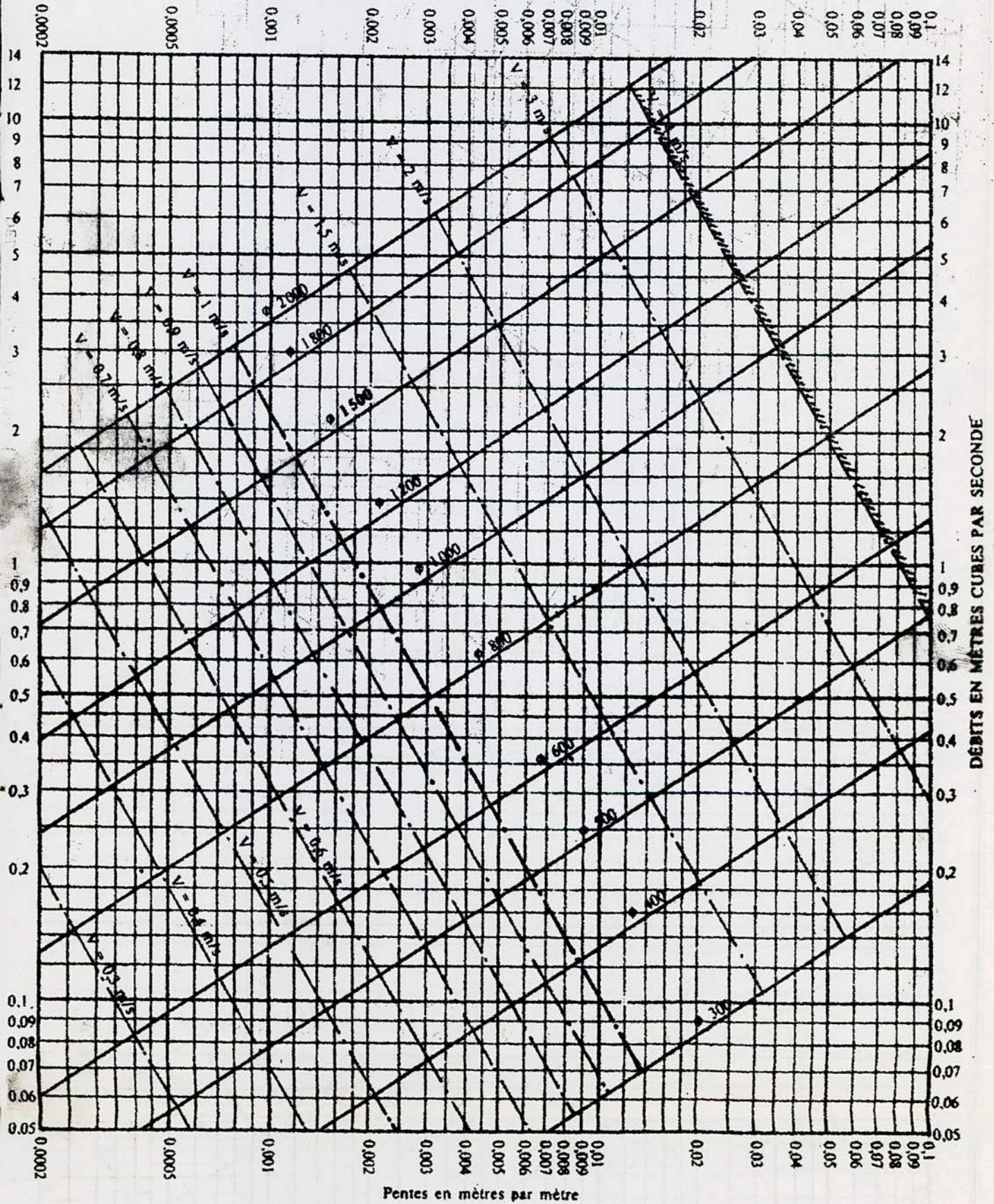
- 1 - Ceinture de goulot
- 2 - Crampons.
- 3 - Béton coulé en place autour des conduits
- 4 - Talus
- 5 - Plaque métallique.
- 6 - Anneau d'assise de la plaque.
- 7 - Radier.
- 8 - Panneaux des murs plats



Regard rectangulaire.

ANNEXE VII

RÉSEAUX PLUVIAUX EN SYSTÈME UNITAIRE OU SÉPARATIF
(Canalisations circulaires - Formule de Bazin)

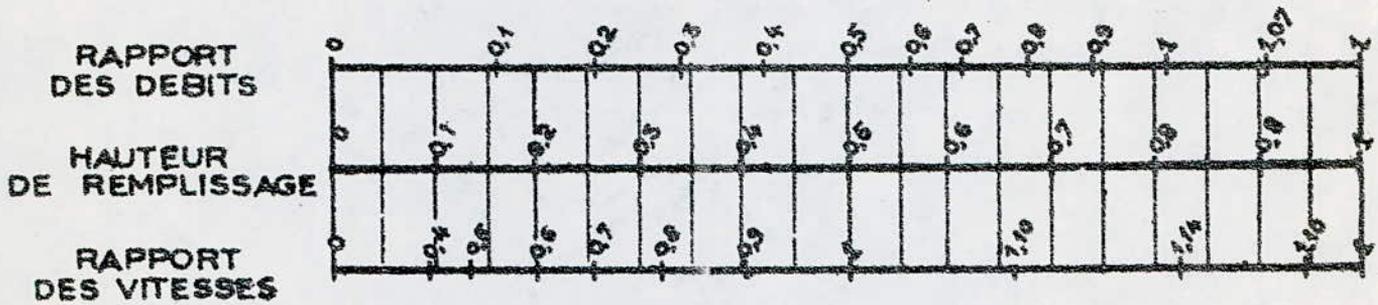


ANNEXE X

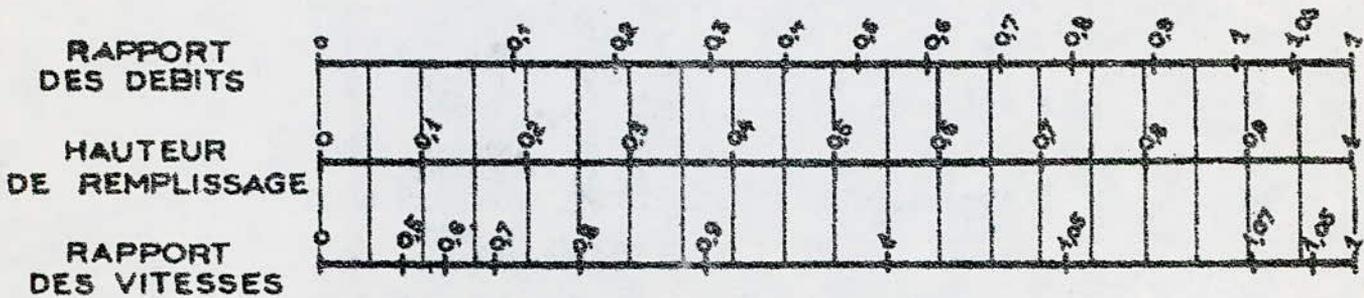
VARIATIONS DES DÉBITS ET DES VITESSES
EN FONCTION DE LA HAUTEUR DE REMPLISSAGE

(d'après la formule de Bazin)

a) Ouvrages circulaires



b) Ouvrages ovoïdes normalisés



Exemple - Pour un ouvrage circulaire rempli aux $3/10$, le débit est les $2/10$ du débit à pleine section et la vitesse de l'eau est les $78/100$ de la vitesse correspondant au débit à pleine section

BIBLIOGRAPHIE

6

- A . DUPONT (Hydraulique Urbaine) TI-TII-TIII
- G . Lapray (Théorie de la longueur fluïdo-dynamique)
- J . Bonnin (Hydraulique Urbaine)
- A; J.Stépanff (Pompes centrifuge et pompe hélice)
- Cour 205 (Régulation Asservissement)
- Catalogue des pompes, Jeumont Schaneller.
- Cour d'assainissement urbaine (O.P.U)
- H.Guerrée Les eaux usées dans les agglomérations
urbaines ou rurales(TI-TIII)
- G; Gomela

