

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

«0»

وزارة التعليم والبحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

«0»

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

«0»

Departement Hydraulique

«0»

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

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 SCIENTIFIQUE

«0»

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المكتبة — BIBLIOTHEQUE  
Ecole Nationale Polytechnique

«0»

Departement Hydraulique

«0»

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

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 Attia.



-----  
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<sup>ère</sup> 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 horizontale
  - .hauteur d'EULER  $H_{thz}$
  - .hauteur d'EULER  $H_{th\omega}$
  - .tracés des courbes  $H_{thz}$  et  $H_{th\omega}$
  - .pompe horizontale(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 Volumetrique
  - Rendement Volumetrique
  - Calcul des pertes de charges Mechanique
    - .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'ENTRAÎNEMENT

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

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

## 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
- I<sub>1</sub>. Données de bases
- I<sub>2</sub>. Etat actuel
- I<sub>3</sub>. Choix du système d'évacuation
- I<sub>4</sub>. Type d'eau à évacuer
- II. Dimensionnement des collecteurs
- II<sub>1</sub>. Interprétation du tableau
- III. Element constitutif du réseau
- III<sub>1</sub>. Ouvrages principaux
- III<sub>1.1</sub>. Pose des canalisations
- III<sub>1.2</sub>. Les Joints
- III<sub>2</sub>. 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 - sahary. 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. <sup>il</sup> 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<sup>6</sup> 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  $P_n = 710 \times 6 = 4260 \text{ habts}$

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.

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

$P_n$ : population future à l'horizon voulu.

$P_o$ : 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 reseau 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'irrégularité 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'irrégularité 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 :

$$k_o = \alpha \cdot B \quad \text{avec } 1,2 < \alpha < 1,4$$

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

$$\text{pop} = 6833 \Rightarrow B = 1,38$$

$$\text{avec } \alpha = 1,25$$

.../...



.../...

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

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

\*- 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 <sup>3</sup> /j	$K_o$	$K_p$	debit de pointe m <sup>3</sup> /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 F<sub>1</sub>

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

Rabatement : 12 m

niveau dynamique : 34

niveau statique : 22 m

cote du forage : 708

coordonnées

$$x = 248,30$$

$$y = 543$$

le forage disponible à un debit de 32 l/s soit : 2764,8 m<sup>3</sup>/j qui est largement suffisant pour l'horizon 2000

Forage : F<sub>2</sub> :

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

Rabatement : = 14

niveau dynamique = 32

niveau statique = 18 m

Coordonnées  $x = 247,80$

$$y = 544,70$$

cote du terrain du forage = 715,06m

.../...

.../...

Le 2ème 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 2ème forage comme sécurité en cas d'accident du  $F_1$  et on aménage une conduite de refoulement du  $F_2$  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, aux 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, caractérisée par les coefficients horaires, le découpage en tranches horaires pendant lesquelles 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				
	10.000	10.001 - 50.000	50.001 - 100.000	100.000	Algerie de titre Rural
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

.../...



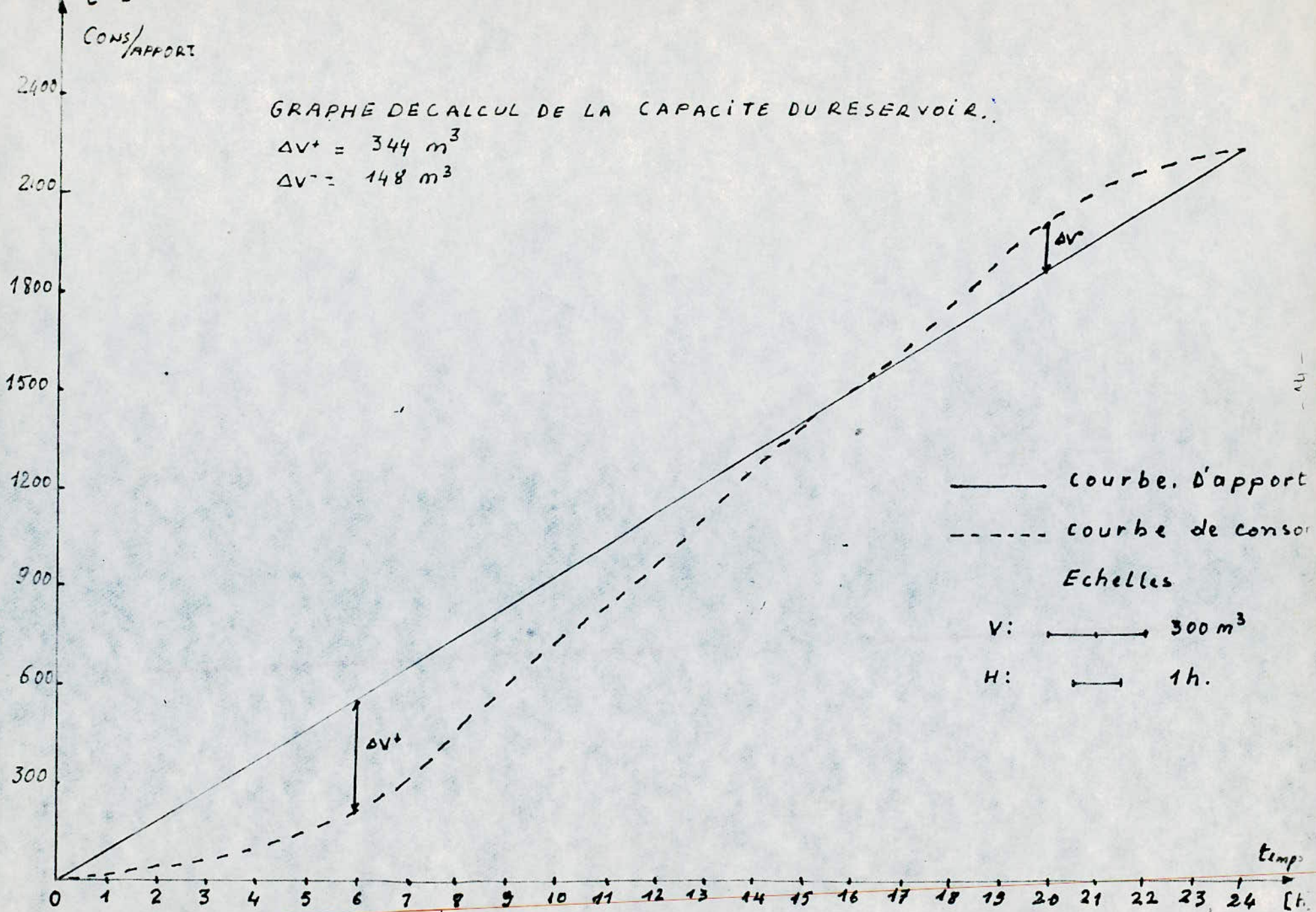
Dt-1H	An	volume m3		volume cumulé m3		Diffirence AV m3	
		Q.st	Q.st an 0,24	v Rapport	V.cumulé	$\Delta V^+$	$\Delta V^-$
0 - 1	1	92,50	22,20	92,50	22,20	70,30	
1 - 2	1	"	22,20	185,00	44,40	140,60	
2 - 3	1	"	22,20	277,50	66,60	210,90	
3 - 4	1,5	"	33,30	370,0	99,9	270,10	
4 - 5	2	"	44,40	462,50	144,3	318,20	
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	1110,00	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/APPORT

GRAPHE DE CALCUL DE LA CAPACITE DU RESERVOIR.

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

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





.../...

Le volume du réservoir

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

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

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

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

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

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'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.

$$C_t : 87,5$$

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

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

$$h_{wi} : 3 \text{ m} \quad \boxed{C_R = 108,5 + h_{we}}$$

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

.../...

.../...

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 theorie de la longueur fluidodynamique de Monsieur LAPRAY . G de lequation  $Q = V A c$  détermine le diamètre de la conduite.  $Q = V A = \frac{\pi D^2}{4} V$

$$\Rightarrow D = \left( \sqrt{\frac{4 Q}{\pi V}} \right)$$

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

$E = 10^{-3}$  rugosité absolue

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

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

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

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

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

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

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

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

de la formule suivante ou détermine  $J_r$ .

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

.../...



.../...

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

$$J_r = 0,004791$$

Verification du regime

$$\left. \begin{aligned} R_r &= V \frac{D_h}{J} = \frac{0,902 \times 0,25}{10^{-6}} = 2,25 \times 10^5 \\ \frac{E}{D_h} &= \frac{10^{-3}}{0,25} = 4 \times 10^{-3} \end{aligned} \right\} \xrightarrow{\text{Moody}} \text{le regime est en transition}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$L_g$  : longueur géométrique.

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

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

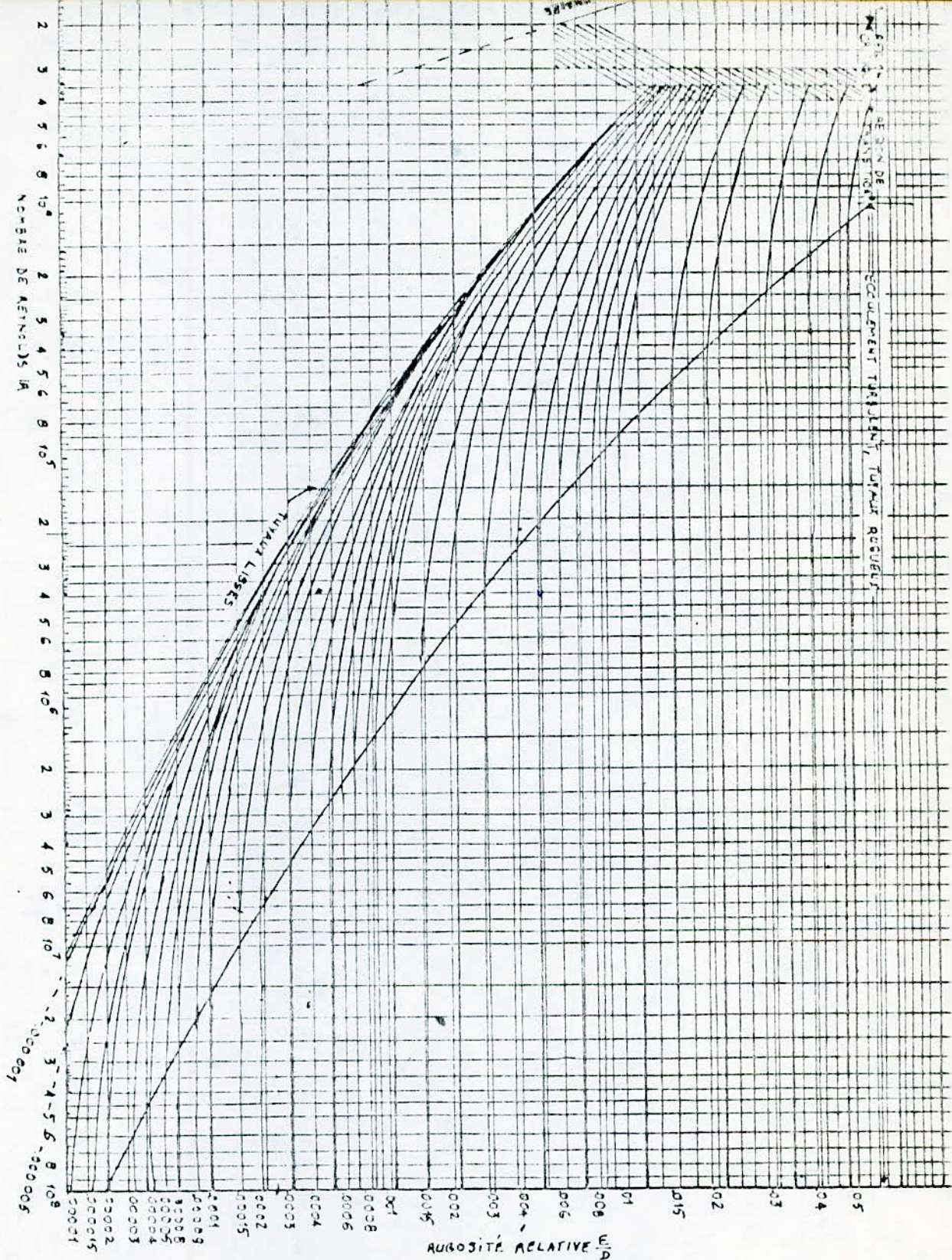
$$C_r = 108,5 + 5,01 = 113,51 \text{ m.}$$

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

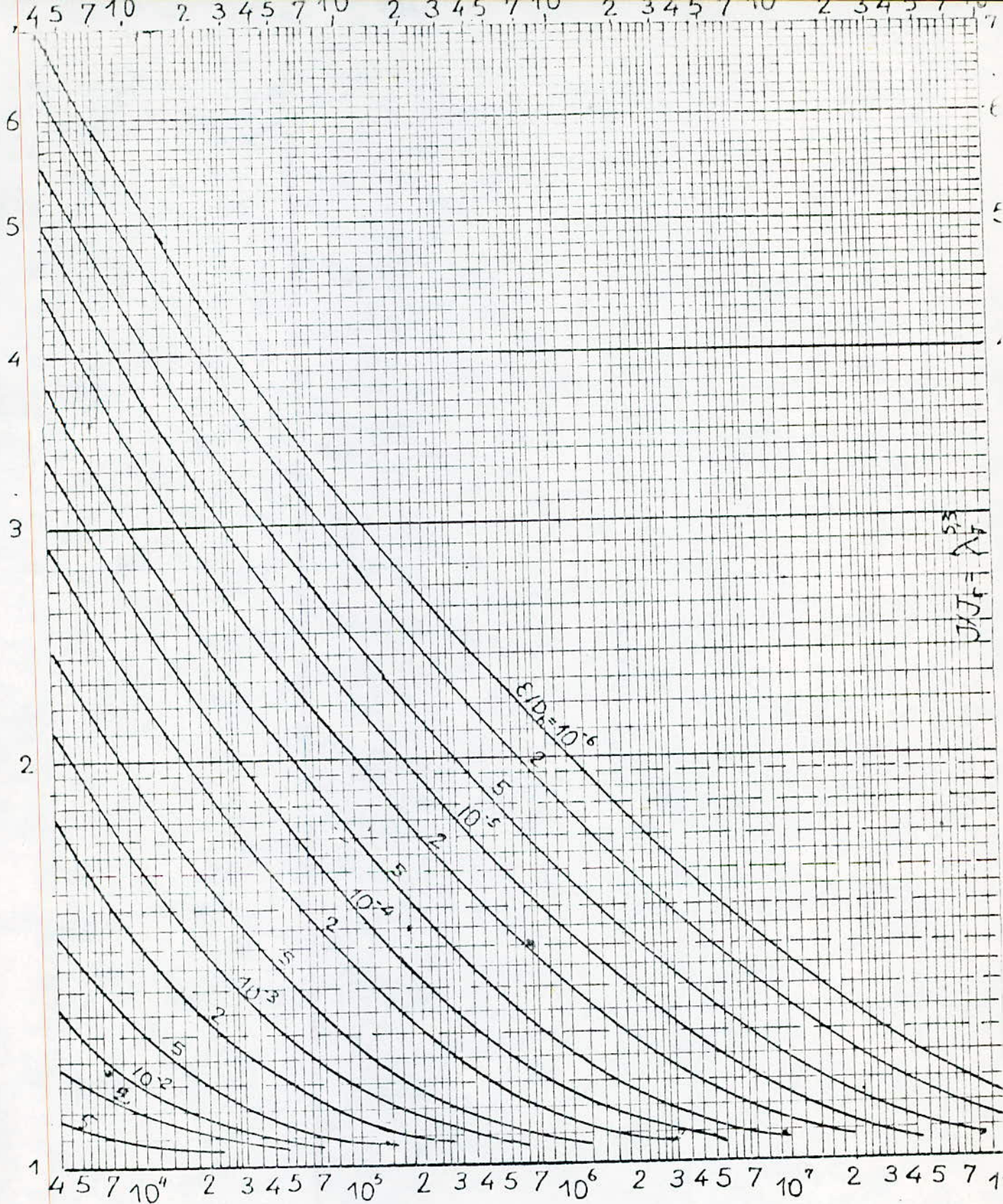
$$C_r = 119,50 \text{ m} \quad \text{avec } L_g = 1280 \text{ m.}$$

.../...











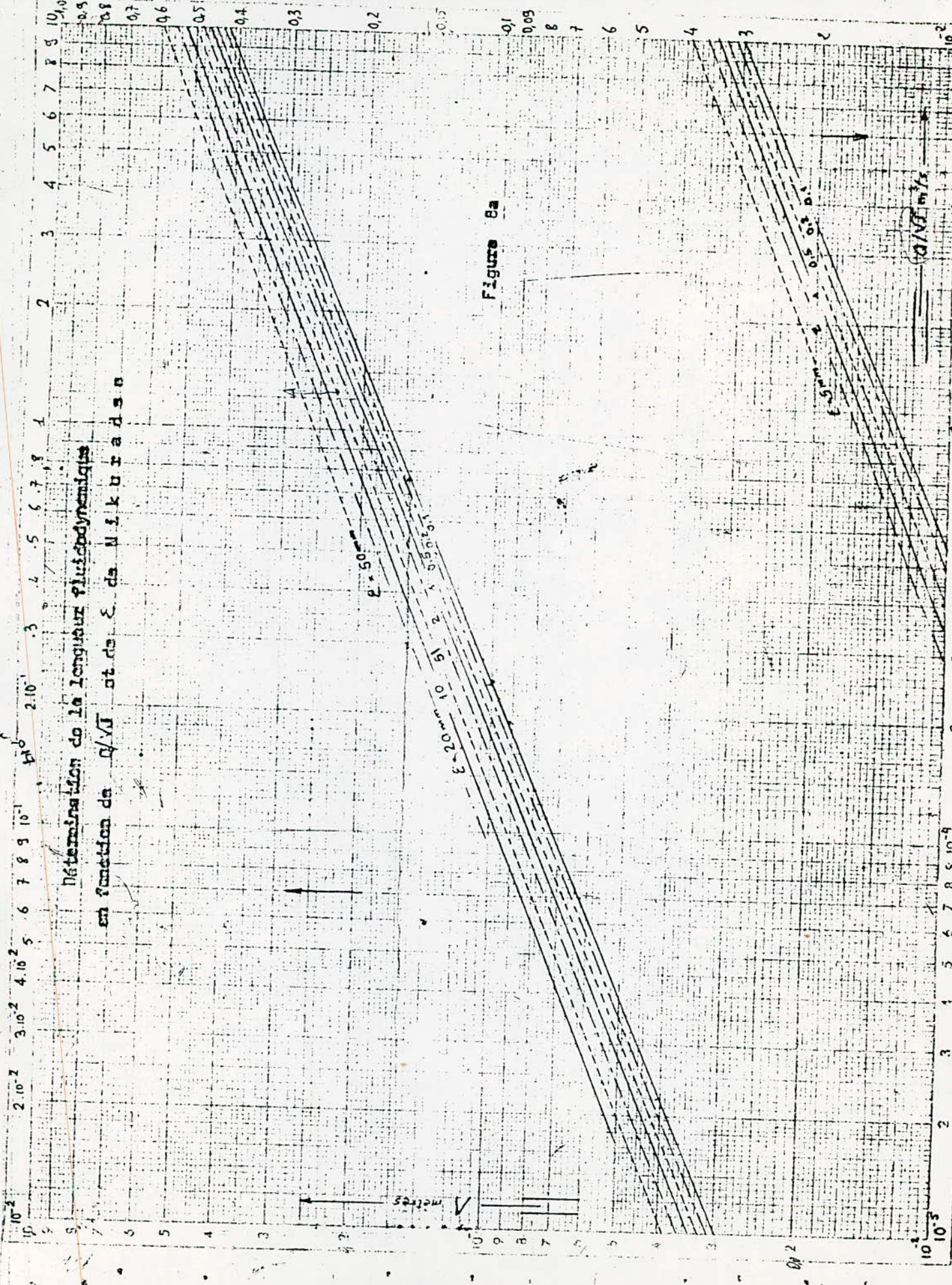


Figure 8a

Détermination de la longueur hydrodynamique

en fonction de  $Re$  et de  $L$  de Nikuradse



6°) - Choix du type de réservoir :

On choisit le réservoir SEMI - ENTERRÉ.

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

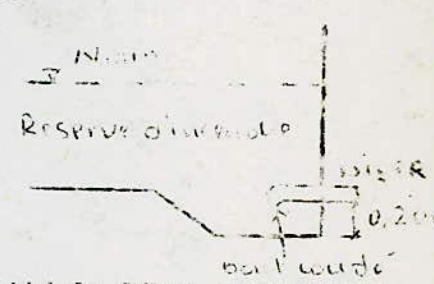
a°) - Conduite d'alimentation :

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



b°) - Conduite de distribution :

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



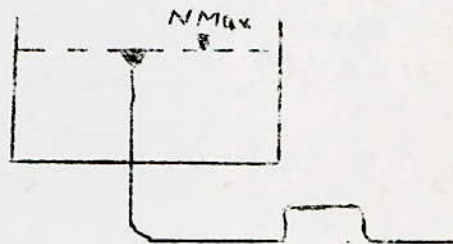
6°) - Conduite de trop plein :

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

.../...

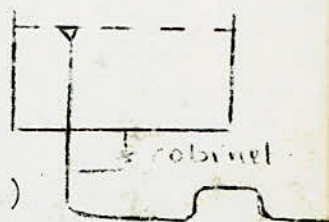
.../....

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 :

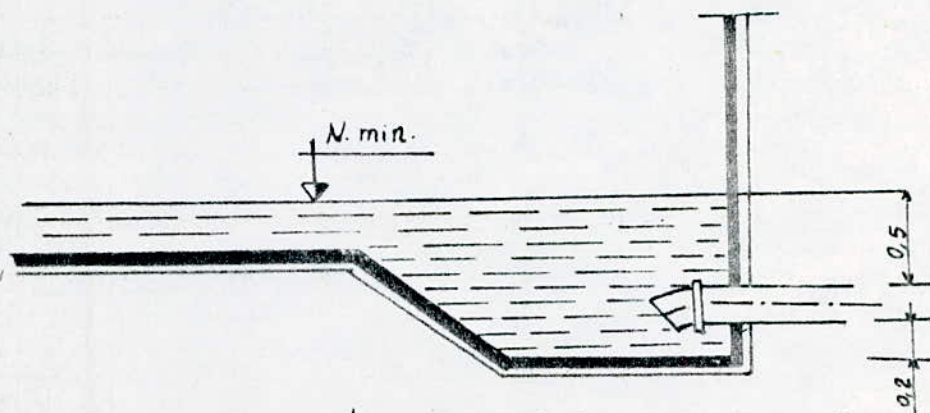
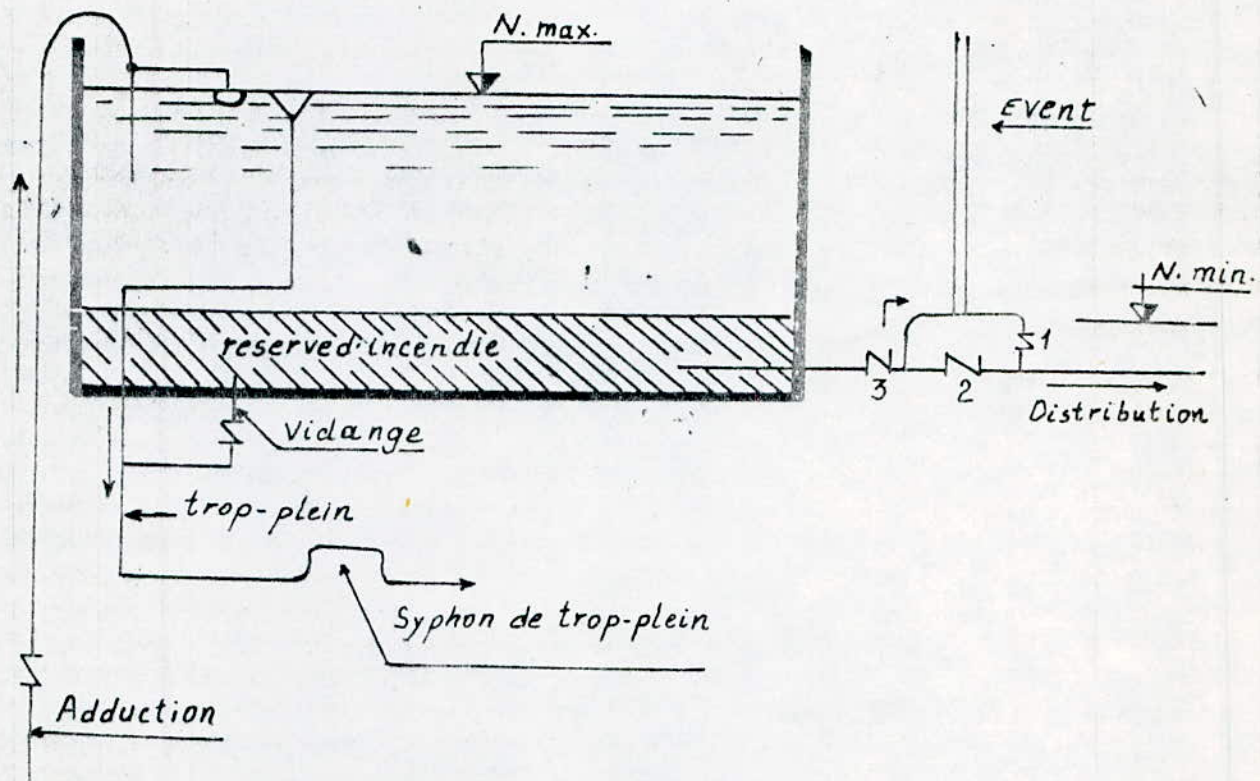
Le volume d'eau réservé est stocké dans le réservoir pour l'extinction de l'incendie. Il ne devrait pas être repris qu'en cas de nécessité et renouvelé de temps à autre.

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)

.../...



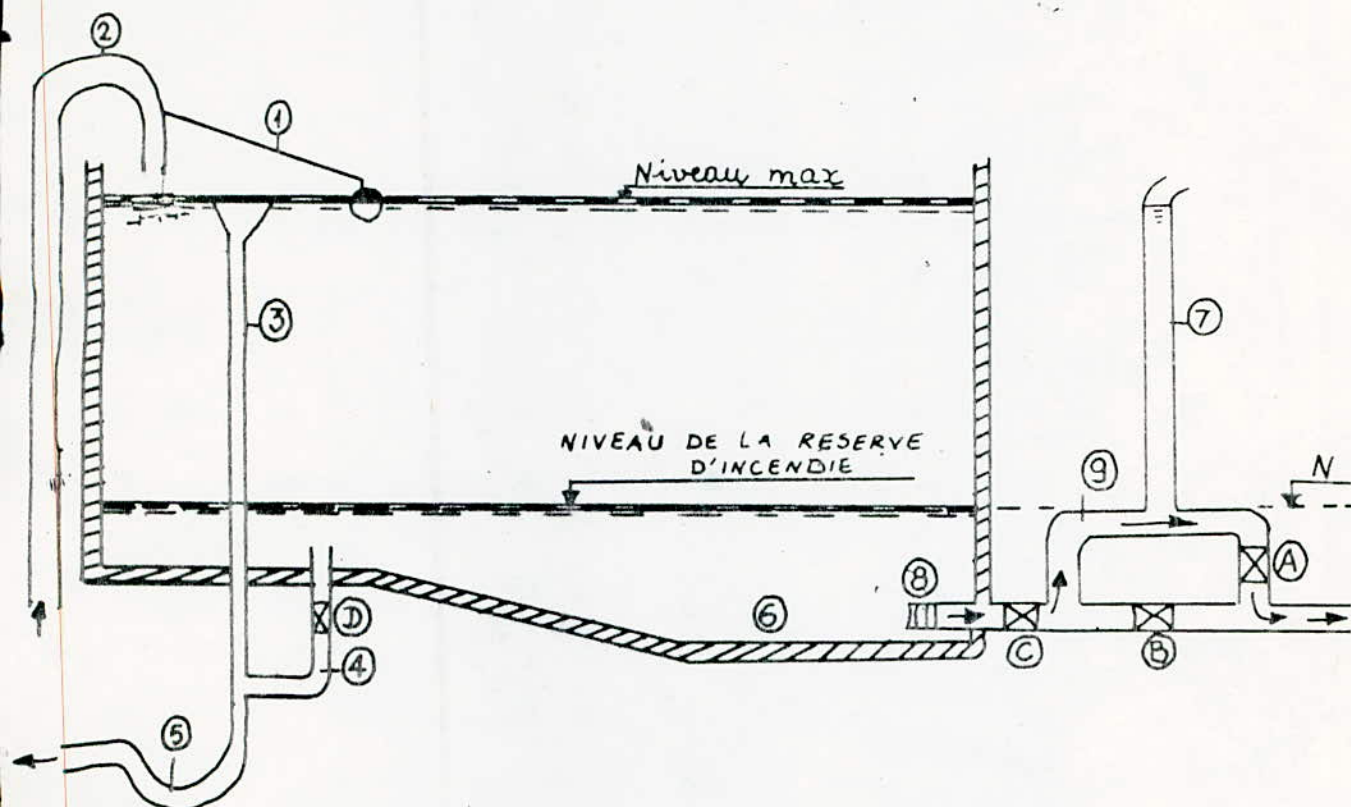
# FONTAINERIE D'EQUIPEMENT



DEPART DE LA CONDUITE DE distribution



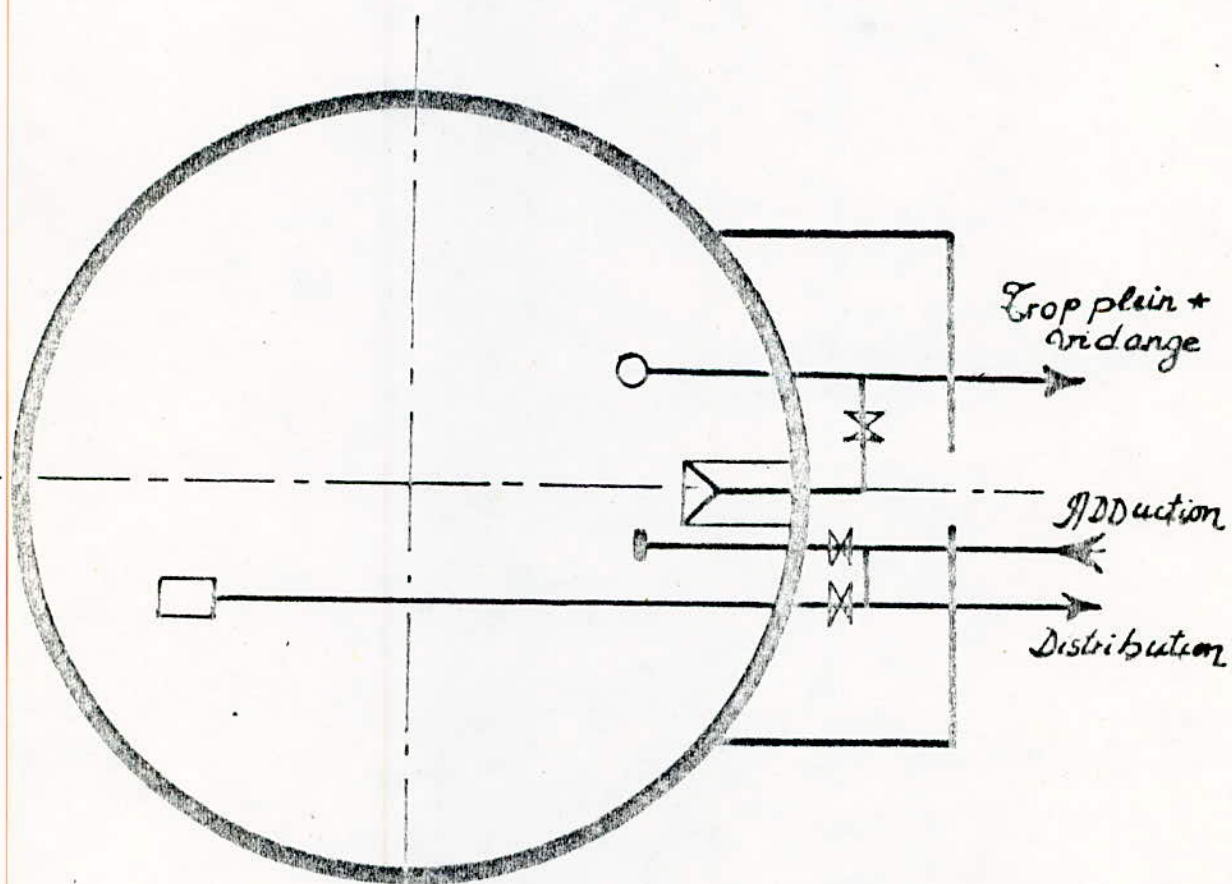
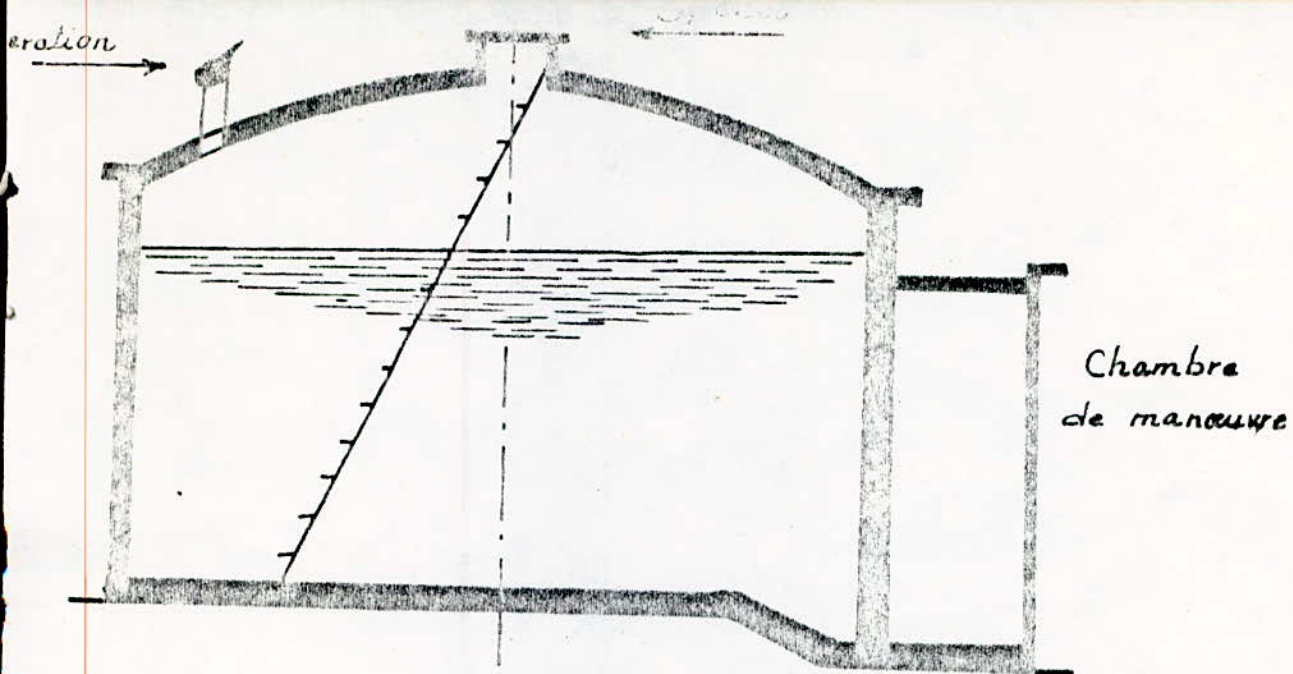
## Équipements du réservoir



Un siphon ⑨, qui grâce à l'évent ⑦ ouvert à l'air libre, se resamorce 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	$\Delta t$ (h)	temps de refoulement (h)	Volume (m <sup>3</sup> )	Volume cumulé (m <sup>3</sup> )
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 <sup>3</sup> )	460,8	1036,8	1612,8	1958,4	2304
Volume Refoulé Cumulé (m <sup>3</sup> )	370	925	1480	1850	2220
$V = V_c - V_r$	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 m<sup>3</sup> et pour des raisons de sécurité on prend le volume de 150 m<sup>3</sup>, et la hauteur de la bache  $h=4\text{m}$

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

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

ON prend  $D=7\text{m}$

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 durée de pompage des forrages et de la station de pompage

### 2) Capacite et dimensionnement:

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:

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

Debit de refoulement vers le reservoir

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

=====> Le volume de refoulement

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

Calcul du temps de pompage

$$t_p = V_r / Q_p = 2220 : 115,2 = 19,25h$$

$$t_p = 19,25h$$

Après majoration on prend  $t_p = 20h$

Le calcul de volumique pompe est  $t_p$  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  $F_1$

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

$$t_p = 20h$$

Temps	$\Delta t$ (h)	Temps de pompage(h)	Volume ( $m^3$ )	Volume cumulé ( $m^3$ )
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



- IV CHAPITRE DISTRIBUTION -

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):

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

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

$$E = 10^{-3}$$

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 un diamètre normalisé D = 250 mm  
vitesse réelle :

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

détermination du gradient de perte de charge J ou supposons que le régime est turbulent rugueux  $\lambda = 1$

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

$$Do = 1,538723$$

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

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

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

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

Y enfication du regime.

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

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

$\Rightarrow$  (Moodus) régime transition

.../...

.../...

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

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

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

Verification pour doncy w

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

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

$$fc = 2,9493$$

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

perte de charge totale

$$Dh = J l_e = 1,15 L_g \times J = 1,5 \times 1160 \times 4,93 \times 10^{-3}$$

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

3°)-Détermination des debit au noeuds :

La surface desservie par chaque noeud sera déterminée par la methode 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 repartition de la population.D'après le plan durbanisation de la ZHUN se compose d'une façon générale de densité diffirente(voir fig).

.../...



.../...

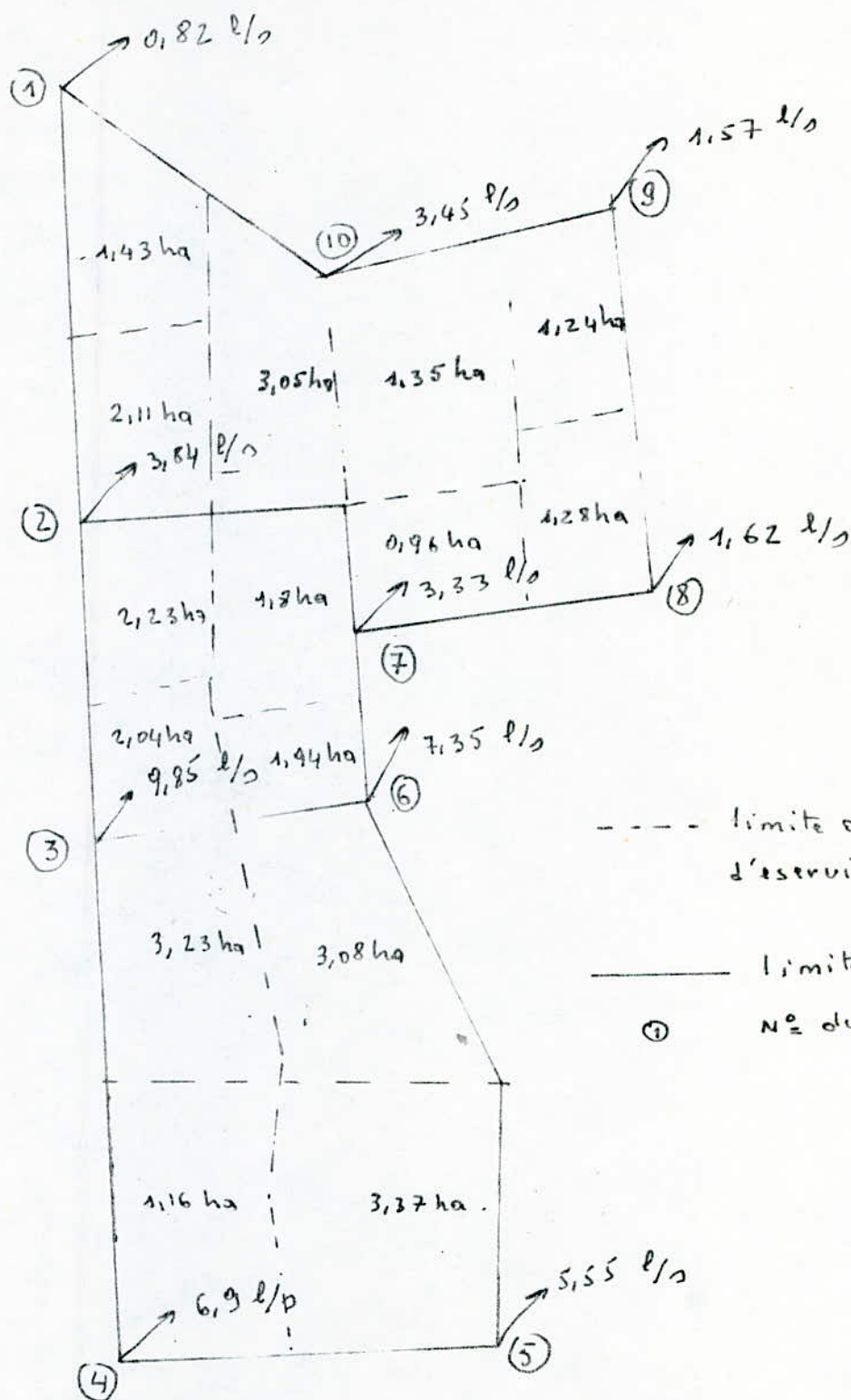
Ayant le debit specifique et le nombre d'habitant deservie  
ou déterminé le debit soutirés.

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

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

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





n° du noeud	n° de la (ha)	surface (ha)	conso- mation spécifique (m3/j/hab)	Densité (hab/hd)	population par noeud (hab)	consomma- tion par noeud(m3/j)	coeffi- cient de pointe kp	debit soutirés (m3/j)	debit soutérés (en l/s)
1.	I.	1,43	0,250	88	126	31,5	2,24	70,56	0,82
2	I II	2,11 2,23	" "	88 182	186 406	46,5 101,5	" "	104,16 227,36	3,84
3	II III	2,04 3,23	" "	182 356	371 1150	92,75 287,5	" "	207,76 644	9,05
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 II	3,08 1,94	" "	254 182	782 353	195,5 88,25	" "	437,92 197,68	7,35
7	II I <sub>2</sub>	1,8 0,96	" "	182 196	327 188	81,75 47	" "	183,12 105,28	3,33
8	I	1,28	"	196	251	62,75	"	140,58	1,62
9	I <sub>2</sub>	1,24	"	196	243	60,75	"	136,08	1,57
10	I <sub>1</sub> I <sub>2</sub>	3,05 1,35	" "	88 196	268 264	67 66	" "	150,08 147,84	3,45

E = 32,09

E = 6 8 3 3

E = 44,28

39

.../...

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

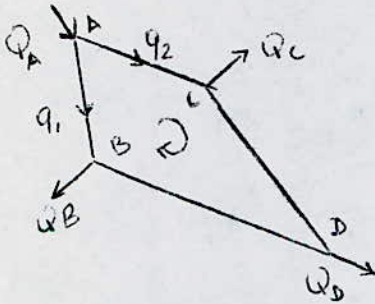
Cette loi repose sur 2 lois fondamentales.

a°) - 1er loi :

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

b°) - 2er loi :

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



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

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

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

5°) - Calcul des pertes de charges :

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

$\Delta H_l$  : perte de charge linéaire (due au frottement exprimé pour l'eau de Darcy W.)

$L_g$  : longueur géométrique

$V$  : vitesse d'écoulement

$f$  : coef de frottement

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

.../...



.../...

$\Delta H_s$  : perte de charge singulière

exprimé par.

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

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

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

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

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

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

$$\text{et d'après l'équation de continuité } Q = V A \quad (2)$$

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

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.

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

Le gradient de perte de charge

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

$$JQ = \frac{\Delta H_Q}{L} = \frac{f}{2g A^2 D} \quad \boxed{m^6 \cdot s^2}$$

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

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

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

$$f = \sqrt[4]{1,14 - 0,86 \ln \frac{E}{Dh}}^{-2}$$

On procède au calcul par itération, jusqu'à 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 supposés de façon à satisfaire la 1ere loi des debits.

Après une 1ere Approximations les débits  $Q_0$  sont corrigés pour une debit  $\Delta Q_0$

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

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

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

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

pour que la deuxième loi satisfaite il faut que

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

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

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

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

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

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

.../...



.../...

sous forme Générale

$$DQ_i = - \frac{r Q_i^2}{2 \sum Ir Q_{il}}$$

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
÷
Rcl 00
=
2nd log
x
2
+/-
+ 1
.
1
4
=
x²
1/x
Sto 05
LbL
=
2
. 5
1
x
Rcl 00
x
2nd π
x
Rcl 04
÷
4
÷
Rcl 01

```

```

2nd |x|
÷
Rcl 05
√x
+
Rcl 03
÷
3
.
7
÷
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
÷
2nd π
x²
÷
9
.
8
÷
Rcl 00
yx
5
=
Sto 07
R/S
x
Rcl 02
=
Sto 08
Sum 09
R/S
÷
Rcl 01
=
Sto 10
Sum 11
R/S
LbL
B
Rcl 09
R/S
÷

```

```

Rcl 11
R/S
÷
2
=
+/-
Sto 12
Rcl 09
+/-
Sum 09
Rcl 11
+/-
Sum 11
Rcl 12
R/S
LRN

```

## Introduction

$\phi(m) \rightarrow$  Sto 00  
 $Q(m^3/s) \rightarrow$  Sto 01  
 $L_c(m) \rightarrow$  Sto 02  
 $E_i(m) \rightarrow$  Sto 03  
 $\gamma(m^2/s) \rightarrow$  Sto 04  
 Precision  $x \neq t$  0.0001

## Resultats

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

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

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

## Remarque

- Si  $Q < 0$ : l'introduire avec le signe (-) et aussi la longueur  $L_c = 1.15 L_q$
- ne jamais utiliser la touche CLR



M	ady	tronçon	Le	$\phi$	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	"	0,002	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				
A H	r Q		C P H	C M A		Q							
23,976	-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	1,191	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

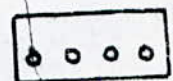
0,777 7786,36  
-0,049

0,090 6603,731  
+0,0068



# ZHUN DE BIRINE

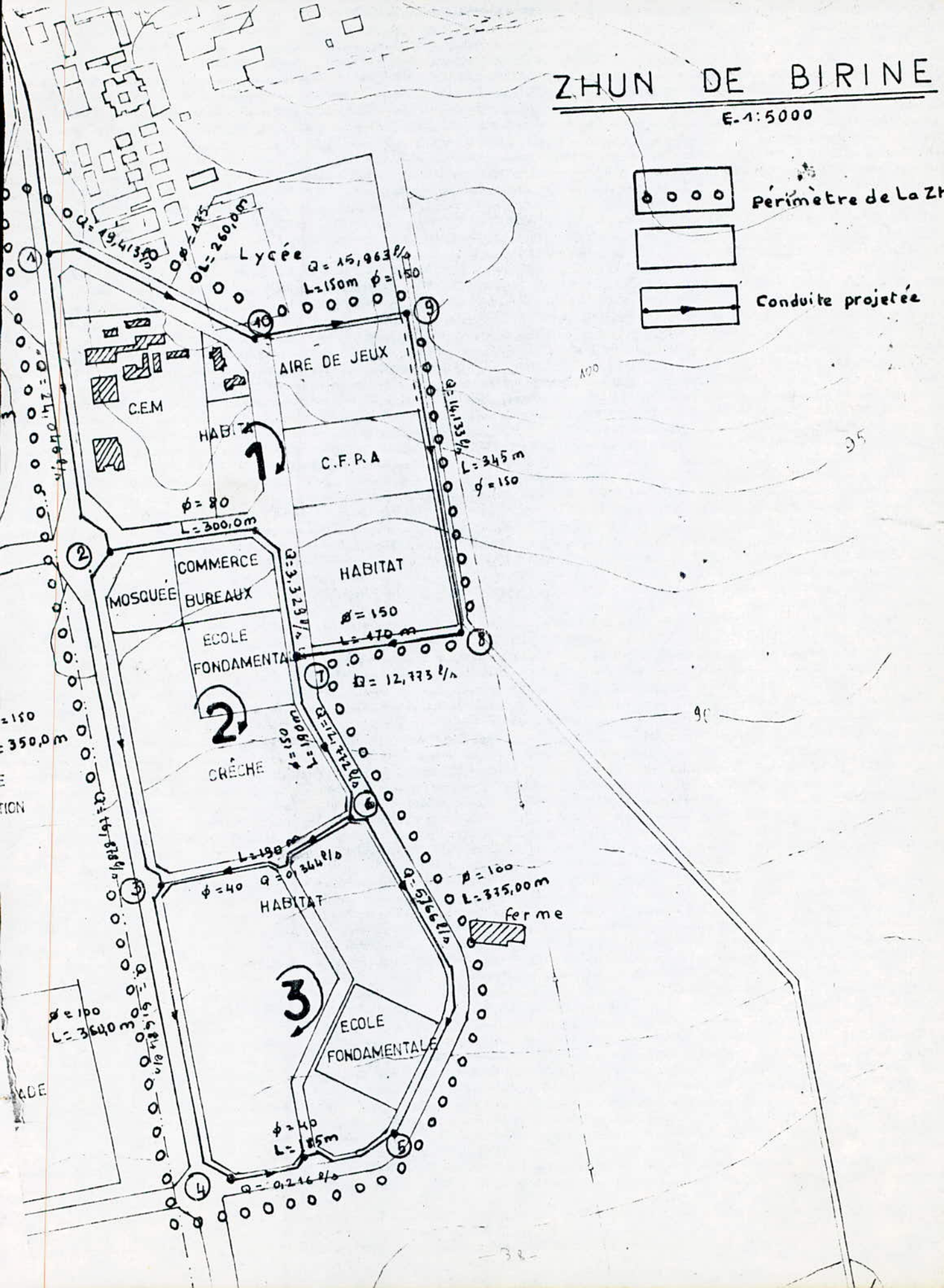
E-1:5000



Périmètre 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 ).

Tout d'abord on calcul le côté piézométrique du point de raccordement du réseau, qui est égales.

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

$C_P$  : Côte piézométrique du point 1

$C_R$  : Côte du radier du réservoir

$\Delta H_{R-1}$  : perte de charge le long de la conduite (Réservoir - point 1).

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

$$P_i = C_{pi} - C_{Ti}$$

$C_{Ti}$  : 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. $\Delta H = \frac{L}{L_0}$ (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<sup>dé</sup>préssion  
eclatement .....suite 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 accéssoirs (robinèterie)donc une perte d'eau considirable.

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

$$C = \frac{[K/\gamma]^{1/2}}{(1 + KD/EE)^{1/2}}$$

C: célérité de l'onde en(m/s)

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

$\gamma$ : masse volumique de l'eau =  $1000 \text{ Kg/m}^3$

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 considérable perte d'eau.

### Cheminées d'équilibre

C'est un réservoir couvert a l'air libre dont, la cote maximale est superieur à la surpression maximale. Cette cheminée va injecter de l'eau 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 procède se procéder sur les tronçons :

F<sub>1</sub> ..... Fâche de Reprise

F<sub>2</sub> ..... Bache de Reprise

### Principe de calcul du réservoir d'air :

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

#### Méthode de BERGERON:

Elle consiste à déterminer 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:

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

2°) Unité de temps:

$$t = \frac{L}{C}$$

L: longueur de la conduite  
en (m)

3°) Valeur maximales du coups de béliet

$$b = \frac{1}{g} \frac{C}{V_0}$$

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

$V_0$ : 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  $Z_0 = H_0 + I_0$

. 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:  $V_{fi} < V_{fi-1}$

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

6°) On dimensionne la tuyere; son diametre interieur  $d$   
"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

$$F_1 \dots \dots \dots d = 0,07 \text{ m}$$

$$D_t = 0,1 \text{ m}$$

$$F_2 \dots \dots \dots d = 0,05 \text{ m}$$

$$D_t = 0,08 \text{ m}$$

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

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

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.  $\Delta H_1$

Ces pertes sont calculées en fonction du rapport  
rapport  $m_1$  des sections de la veine contrctée (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  $\Delta H_1$

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



## B) aA LA DESCENTE $\Delta H_2$

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:

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

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

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

On aura donc:

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

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

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

### 8) Variation du Volume d'air dans le reservoir

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

$V_m$  = vitesse moyenne égale à la moyenne arithmétique des vitesses au débit et à la fin de chaque intervalle.

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

$V_o$ : Vitesse de l'écoulement avant la disjonction

$V_f$ : Vitesse à la fin de l'intervalle

Le volume d'air dans le reservoir:

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

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

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

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

$H_o$ : hauteur Géométrique de refoulement au delà de la prise de l'anti-Bélier

IO) On calcule les pertes de charges dans le refoulement  $\zeta$ .

$$=k.V^2 \quad \text{avec } k = \frac{f}{D} \cdot \frac{1}{2g} \cdot L_e \quad L_e = 1,15lg$$

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

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

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

$\zeta$  - montée

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

$\zeta'$  - 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 <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>
débit	Q (m <sup>3</sup> /n)	0,032	0,026
diamètre de la conduite.	D (mm)	250	200
Longueur de la conduite.	L (m)	1700	1450
Hauteur géométrique	H <sub>g</sub> (m)	74	58,94 ± 59
Diamètre de la tubulure	D <sub>t</sub> (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 <sub>0</sub> (m <sup>3</sup> )	2	2
Matière de la conduite.		Acier	Acier
épaisseur de la conduite.	e (mm)	6	5
coef de compressibilité	K (Pa)	2,15 × 10 <sup>9</sup>	2,15 × 10 <sup>9</sup>
Module d'élasticité	E	2 × 10 <sup>11</sup>	2 × 10 <sup>11</sup>
Masse volumique.	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	1000	1000
Rugosité de la conduite (abs)	ε (mm)	1	1
céperité	$a = c = \left( \frac{K/g}{1 + KD/gs} \right)^{0,5}$ (m/s)	1218,564	1226,171
temps $t_v = \frac{2L}{a}$		2,79	2,36
valeur max du C.B.	$B = \frac{a v_0}{g}$	80,82	103,84
rapport des vitesses	$K_1 = \frac{V_1}{V_2} = \left( \frac{D}{0,92d} \right)^2$	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 <sub>1</sub> <sup>2</sup>	0,06224 V <sub>1</sub> <sup>2</sup>
rapport des vitesses	$K_2 = \frac{V_2}{V_t} = \frac{2D^2}{d^2}$	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.....y

5 m.....1cm d'ou y = 506,618cm

- Echelle pour l'axe des absises

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

0,1x0,04906.....2cm

1.....X d'ou X = 407,633cm

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

-FORAGE(F2)---B.R

Echelle pour l'axe des ordonnées

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

3984,469.....y

5.....1cm d'ou y = 796,939

Echelle pour l'axe des absises

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

0,1x0,0314.....2cm

1.....X d'ou X = 636,942

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

-Bache de reprise-----Reservoir

Echelle pour l'axe des ordonnée

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

3984,697.....Y

5.....1cm d'ou Y = 796,939

Echelle pour l'axe des absises

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

0,1x0,0314.....2

1.....X d'ou X = 636,942

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

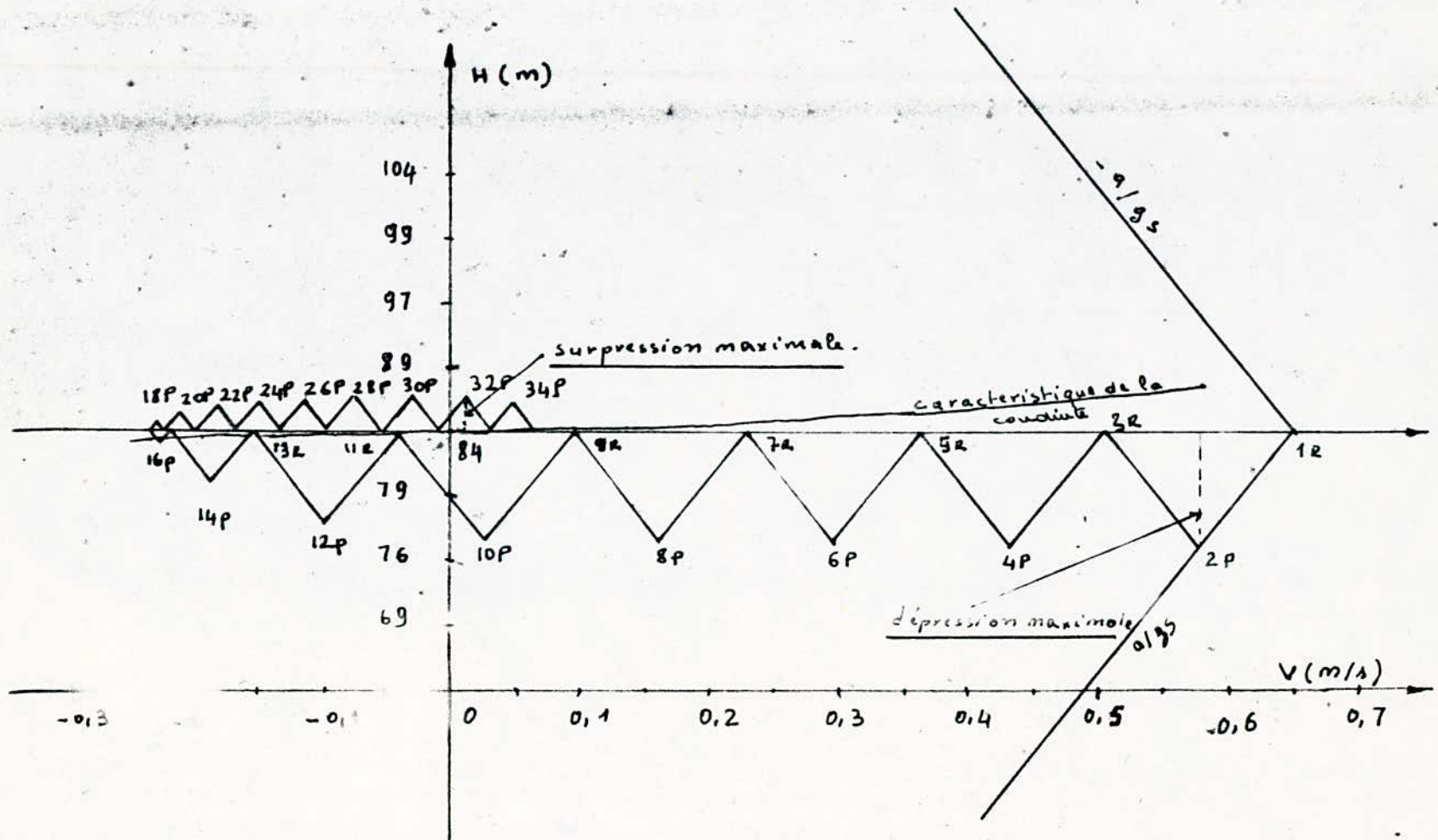


intervale de temps $\theta = 2L/C$	variation du vol d'air $\Delta U = \Delta V_m \theta$ $\Delta U = 0,1369 V_m$	volume d'air dans la cloche. $U_n = U_{n-1} \pm \Delta U$	pression dans le réservoir d'air $Z_n = Z_0 U_n^{1/4} = 234,306 / U_n^{1/4}$	vitesse de l'eau dans la tuyère montée: $V_1 = 15,06 V$ descente: $V_2 = 25,51 V$	perte de charge dans la tuyère montée: $\Delta h_1 = 0,0663 V^2$ descente: $\Delta h_2 = 0,122 V^2$	pression dans le conduit avec p.-d.c. montée: $Z - \Delta h_1$ descente: $Z + \Delta h_2$	perte de charge dans le réchauffement $\delta = K V_f^2 = 11,506 V_f^2$	pression dans la conduite sans p.-d.c. montée: $Z - \Delta h_1 - \delta$ descente: $Z + \Delta h_2 + \delta$	vitesse lue sur le graphique $V_{fn}$	designation des points $P_{2n}$	vitesse moyenne. $V_m = \frac{V_{fn} + V_{fn-1}}{2}$	vitesse finale. choisie. $V_{fi}$
0	0	$U_0 = 2 m^3$	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	6R	0,505	0,43
30	0,049	2,202	77,630	4,442	1,319	76,310	1,001	75,30	0,295	8R	0,3625	0,295
40	0,031	2,233	76,149	2,409	0,388	75,76	0,294	75,46	0,160	10R	0,2275	0,160
50	0,012	2,245	75,556	0,376	0,0094	75,546	0,0071	75,53	0,025	12R	0,0925	0,025
60	-0,0051	2,239	75,830	2,551	0,775	76,605	0,115	76,72	-0,10	14R	-0,0375	-0,10
70	-0,0019	2,219	76,784	4,846	2,888	79,673	0,415	80,08	-0,190	16R	-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	20R	-0,2325	-0,235
100	-0,0308	2,128	81,435	5,484	3,698	85,133	0,531	85,66	-0,215	22R	-0,225	-0,215
110	-0,0273	2,101	82,925	4,719	2,738	85,663	0,393	86,05	-0,185	24R	-0,2	-0,185
120	-0,0229	2,078	84,212	3,826	1,800	86,010	0,258	86,27	-0,150	26R	-0,1675	-0,150
130	-0,0181	2,060	85,255	2,933	1,058	86,314	0,152	86,46	-0,115	28P	-0,1	-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 éleveur

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 l'écoulement la tuyère $V_1 = 18,90 V_f$ : monté $V_2 = 32 V_f$ : descendu	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 $Z + \Delta h_2$ : descendu	Perte de charge de refolement $\delta = 13,108 V_f^2$	Pression dans la conduite sans p.d.c $Z - \Delta h_1 - \delta$ : monté $Z + \Delta h_2 + \delta$ : descendu	Vitesse due sur la grille $V_{fn}$	désignation des poutres $P_{2n}$	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	1R	—	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 1998-1999) du professeur F. - R. D.

(Voir suite ann. 10)

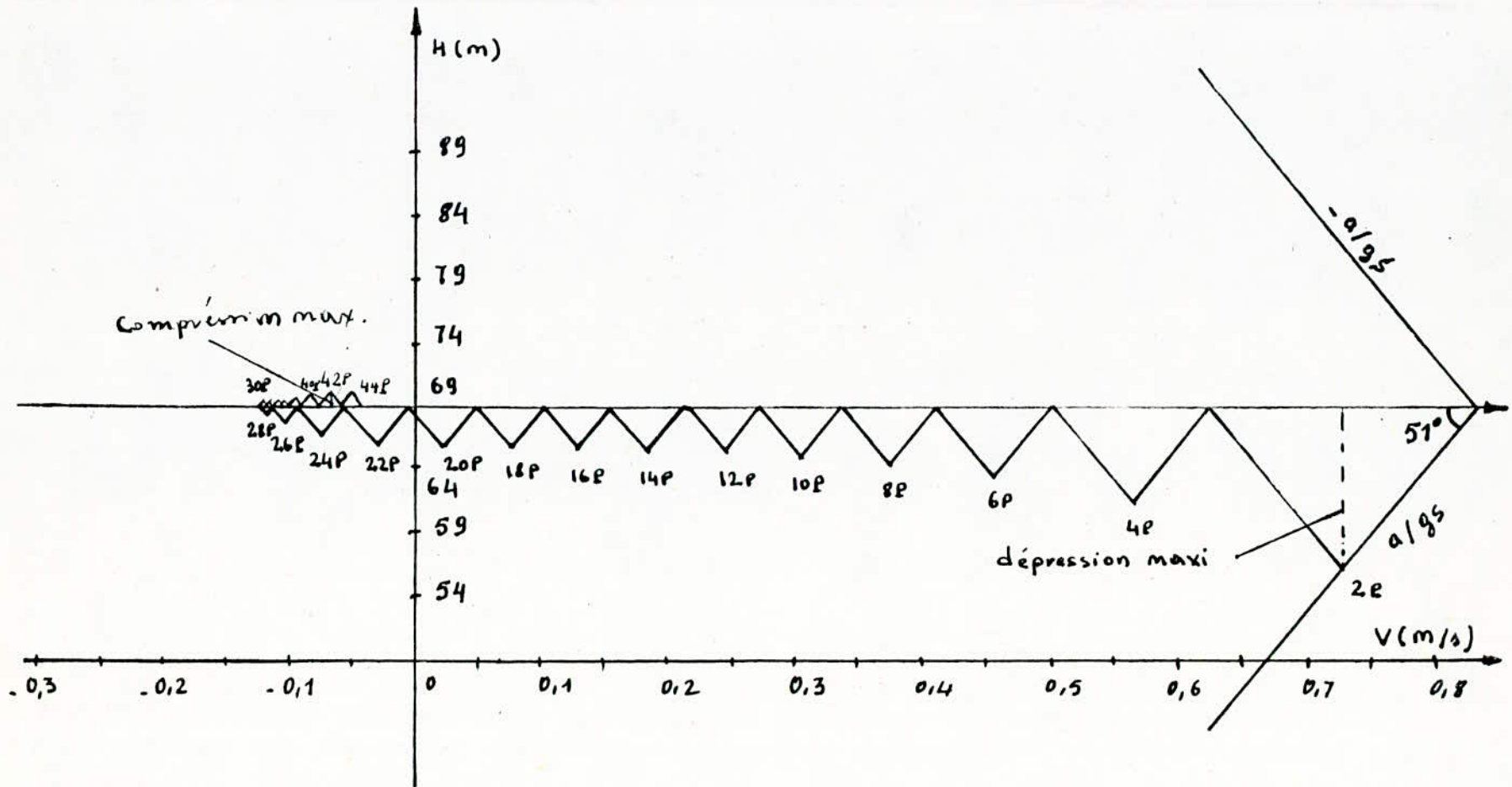
T82.

	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	1,1440	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 éleveur

Épure de Bergeron  $F_2 - BR$ .



## DIMENSIONNEMENT DES RES.

### Forage F<sub>1</sub>:

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 m<sup>3</sup> à 2,245 m<sup>3</sup>.

-Pendant la phase de surpréssion, le volume atteint un volume de 2,0376 m<sup>3</sup>, on prend un volume de 2,5 m<sup>3</sup>

### 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 calottes

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

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

$$H = h - 2 h_c = 1,015 - 2 \cdot 0,3 = 0,415 \text{ m}$$



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

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

hauteur maximale a partir du sommet

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

DE même pour le forage  $F_2$  ( voir tableau suivant )

F O R A G E			$F_1$	$F_2$
Volume max en dépression	$m^3$		2,245	2,2603
" " " surpression	$m^3$		2,0376	2,183
Volume pris $U_0$	$m^3$		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 élliptique	$m^3$		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 de 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 $D_t = 80 \text{ mm}$	! $m_1 = \text{abaque} \rightarrow c_1 = 1,55$
! -Diamètre de la tuyère $d = 50 \text{ mm}$	! $\Delta H_1 = c_1 \cdot V_1^2 / 2g = 0,079 V_1^2$
! -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	! $m_2 = \text{abaque} \rightarrow c_2 = 2,05$
! -Coef de compressibilité $K = 2,15 \cdot 10^9 \text{ Pa}$	! $\Delta H_2 = c_2 \cdot V_2^2 / 2g = 0,1046 V_2^2$
! Module d'elasticité $E = 2 \cdot 10^{11}$	! $\phi = K \cdot V_f^2 = 0,104,416 V_f^2$
! -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



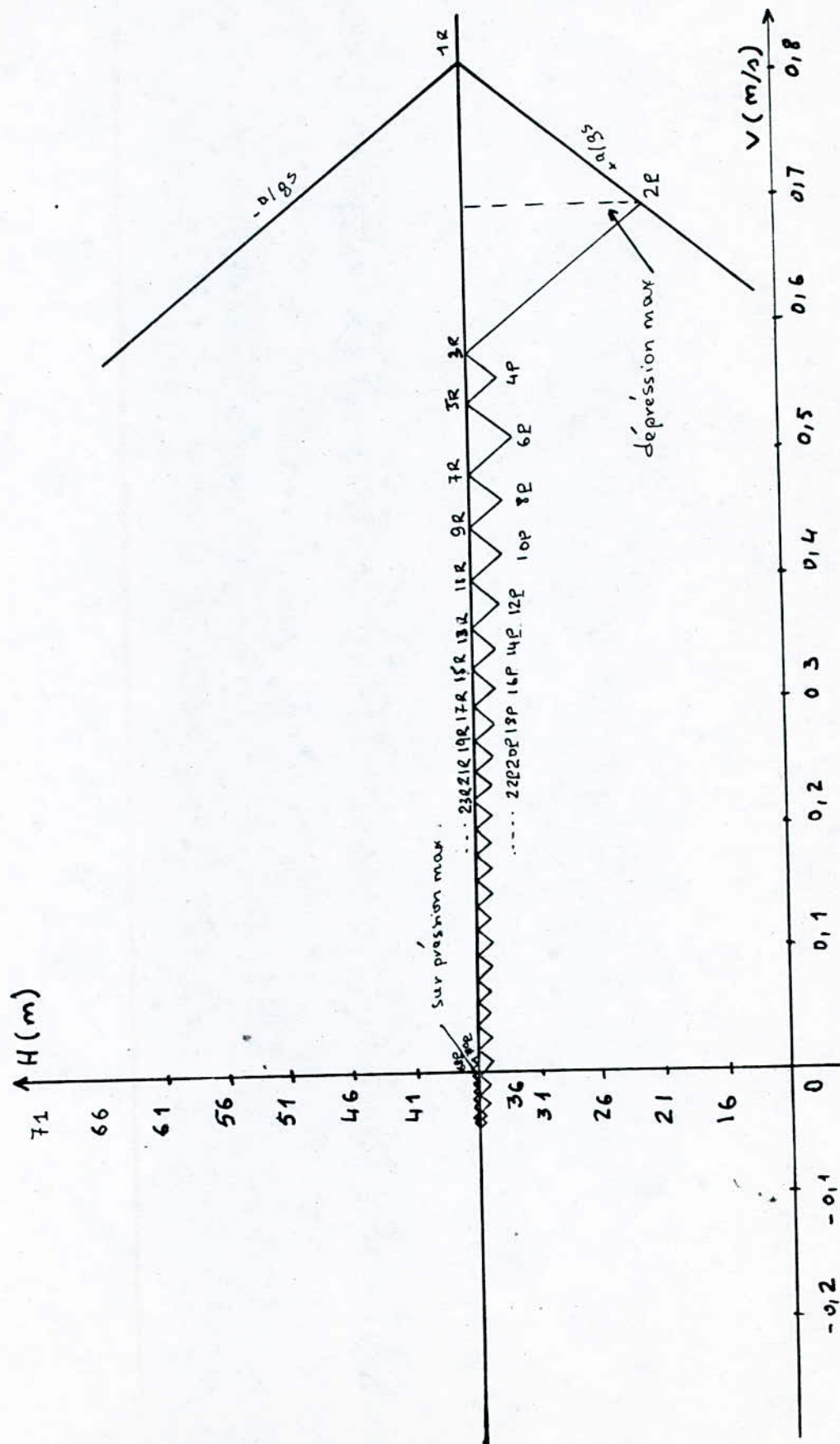
Interval de temps $\Theta = 2 \text{ s}$	Variation du Volume d'air $\Delta U = S V_m \Theta$ $\Delta U = 0,1369 V_m$	Volume d'air dans la cloche. $U_0 = U_m \neq 0$	Pression dans le réservoir d'air $Z_0 = \frac{Z_0 U_0}{U_0} = 234,206 / U_0^{1,4}$	Vitesse de l'eau dans la tuyère montée: $V_1 = K_1 V_2 = 15,06 V_2$ descente: $V_1 = K_1 V_2 = 25,57 V_2$	Perte de charge dans la tuyère montée: $\Delta h = 0,0663 V_2^2$ descente: $\Delta h = 0,1822 V_2^2$	Pression dans la conduite avec p.d.c. montée: $Z - \Delta h$ descente: $Z + \Delta h$	Perte de charge dans la réfoulement: $\delta = K_1 V_2^2 = 11,506 V_2^2$	Pression dans la conduite sans p.d.c montée: $Z - \Delta h - \delta$ descente: $Z + \Delta h + \delta$	Vitesse lue sur le graphique $V_{jn}$	désignation des points $P_{jn}$	Vitesse moyenne $V_m = \frac{V_{jn} + V_{jn+1}}{2}$	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	0,41
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	34,108	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



170	0,0680	6,3768	36,3687	1,9845	0,3111	36,026	1,1512	34,900	0,105	34p	0,115	0,105
180	0,0560	6,4325	35,9200	1,6065	0,2030	35,716	0,7544	34,96	0,085	36p	0,095	0,085
190	0,0443	6,4772	35,576	1,228	0,1192	35,457	0,4411	35,01	0,065	38p	0,075	0,065
200	0,0310	6,5089	35,334	0,803	0,0503	35,283	0,1886	35,09	0,042	40p	0,053	0,042
210	0,0199	6,5280	35,183	0,472	0,017	35,166	0,065	35,10	0,025	42p	0,033	0,025
220	0,0096	6,5370	35,117	0,142	0,0016	35,116	0,0058	35,11	0,407	44p	0,016	0,007
230	-0,0007	6,5360	35,123	0,320	0,0107	35,134	0,0104	35,14	-0,01	46p	-1,25 $\times 10^{-3}$	-0,01
240	0,0103	6,5256	35,2080	0,800	0,0669	35,274	0,065	35,34	-0,025	48p	-0,0175	-0,025
250	0,0184	6,5071	35,348	1,200	0,1506	35,495	0,146	35,645	-0,0375	50p	-0,0312	-0,037
260	0,0236	6,483	35,529	1,360	0,1934	35,722	0,188	35,911	-0,0425	52p	-0,040	-0,042
270	0,0251	6,4582	35,723	1,360	0,1934	35,916	0,1886	36,105	-0,0425	54p	-0,042	-0,042
280	0,0244	6,4337	35,913	1,280	0,1730	36,085	0,1671	36,250	0,0400	56p	-0,0412	-0,040
290	0,0221	6,4115	36,088	1,120	0,1312	36,220	0,1279	36,340	0,0350	58p	-0,0375	-0,035
300	0,0177	6,3937	36,295	0,800	0,0609	36,290	0,0652	36,310	0,025	60p	-0,030	-0,025
310	0,0118	6,381	36,32	0,480	0,0240	36,347	0,023	36,37	0,015	62p	-0,02	-0,015
320	0,0073	6,3742	36,184	0,320	0,0100	36,3970	0,010	36,40	0,010	64p	0,012	-0,010
330	4,436 $\times 10^{-3}$	6,3697	36,420	0,160	1,28 $\times 10^{-3}$	36,420	2,61 $\times 10^{-3}$	36,42	-0,005	66p	0,0075	-0,005
340	-7,39 $\times 10^{-4}$	6,3689	36,426	0,0047	1,76 $\times 10^{-4}$	36,426	6,52 $\times 10^{-3}$	36,42	0,002	68p	-1,25 $\times 10^{-3}$	0,002
350	3,69 $\times 10^{-3}$	6,3725	36,397	0,189	2,82 $\times 10^{-3}$	36,394	0,010	36,38	0,01	70p	6,25 $\times 10^{-3}$	0,010

# Arrêt brusque du groupe éleveatoire

Σ pure de Bergeron (BR - Réservoir)



$E_h$ : 2 cm  $\rightarrow$  0.1 m/s  
 $E_v$ : 1 cm  $\rightarrow$  5 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  $U_o = 3 \text{ m}^3$

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:  $h_1 \equiv H_a + h_c = 1,088742 \text{ m}$

Lors de la dépression le volume augmente de :

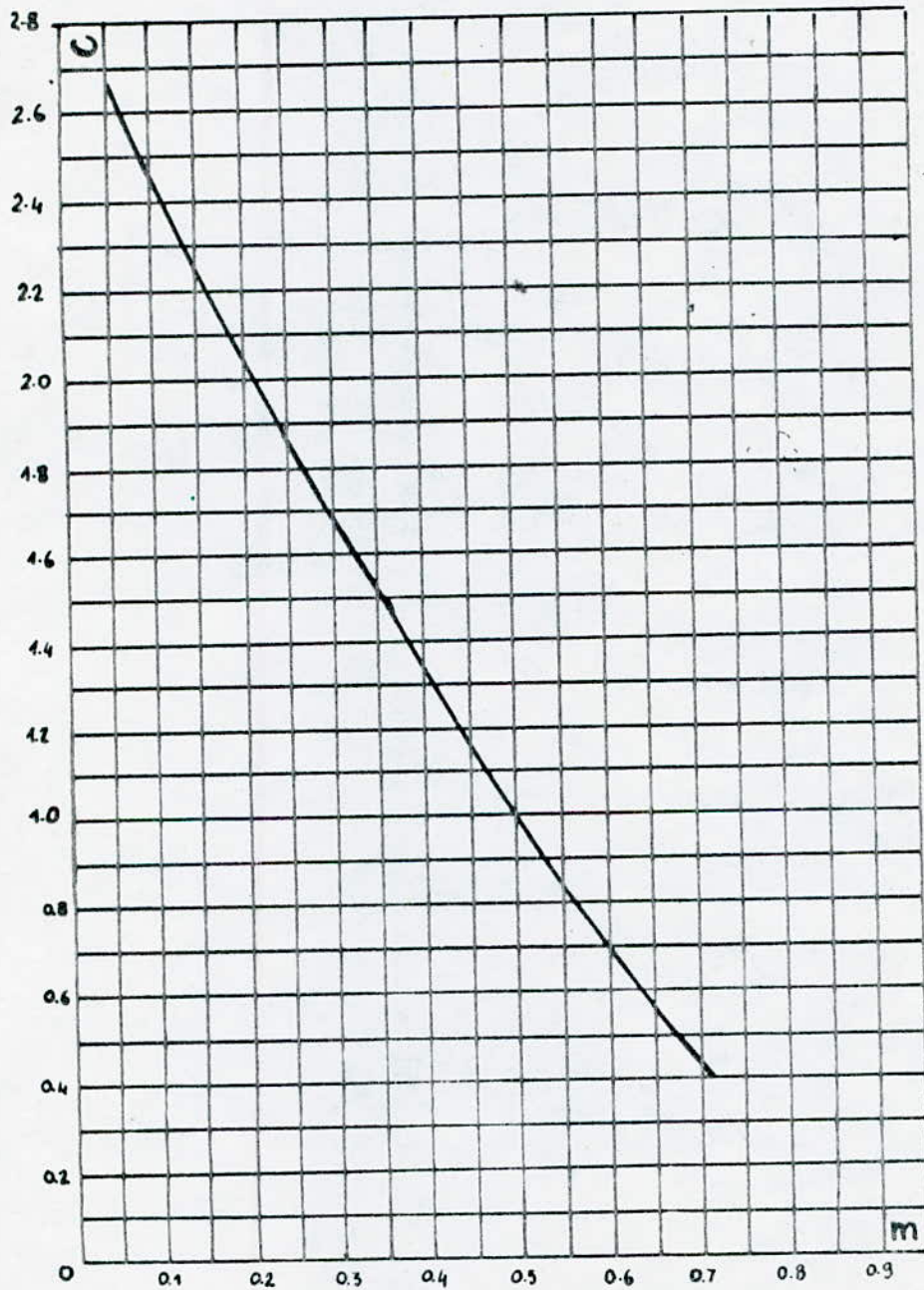
$$6,5376 - 3 = 3,53760 \text{ m}^3$$

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

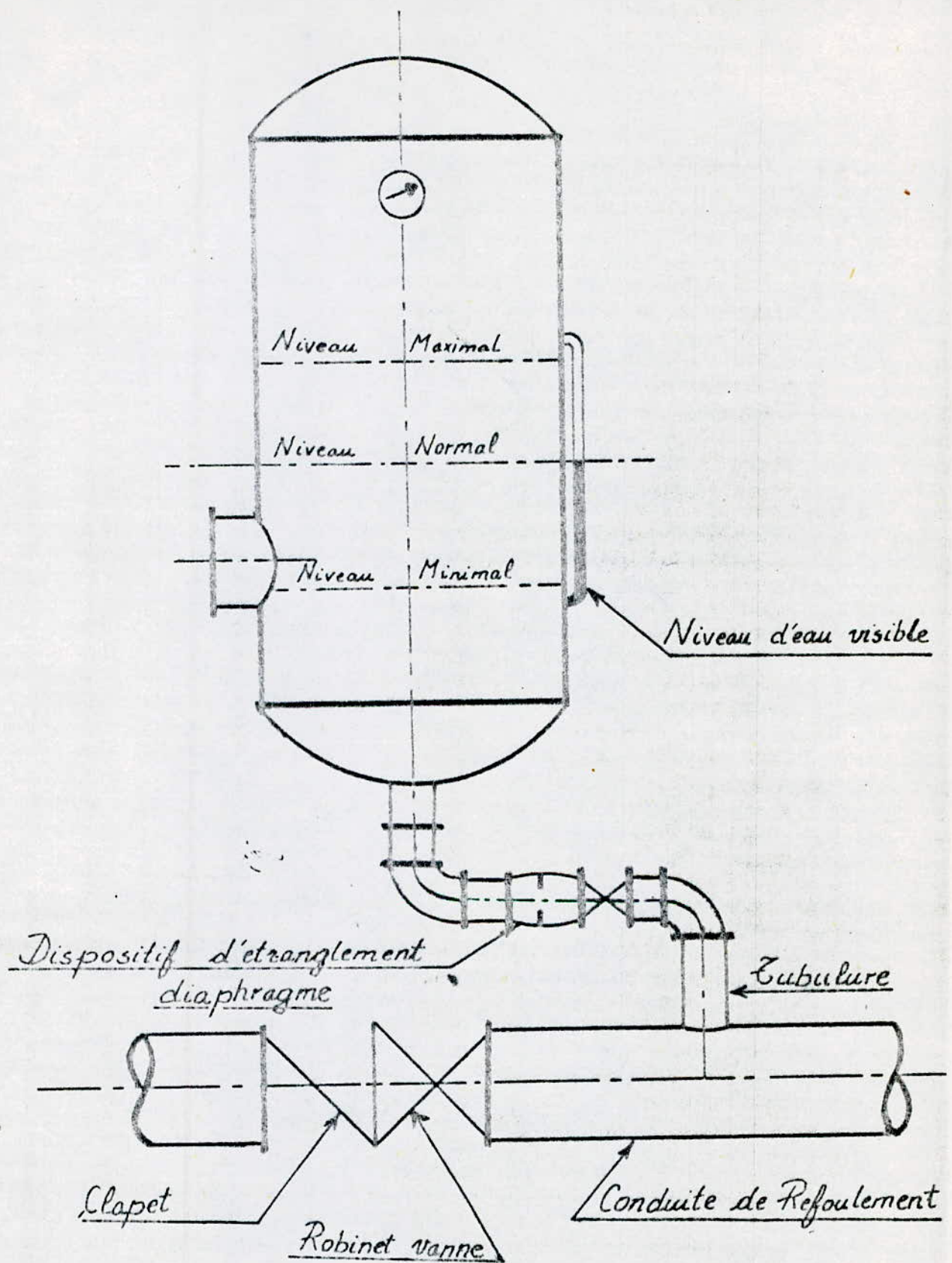
Hauteur maximale à partir du sommet

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

Coefficient de perte de charge  
dans un clapet







1. Le premier est la pompe à eau.

2. Le second est la pompe à huile.

3. Le troisième est la pompe à eau.

4. Le quatrième est la pompe à huile.

5. Le cinquième est la pompe à eau.

6. Le sixième est la pompe à huile.

7. Le septième est la pompe à eau.

8. Le huitième est la pompe à huile.

## - II - PARTIES

-----

### STATION DE POMPAGE

-----



Il est initiatif 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.

$D = \sqrt{VQ}$  formule de BONIN

$D = 1,5\sqrt{VQ}$  formule de Bresse  
avec

D: Diamètre en (m)

Q: Debit en ( $m^3/s$ )

Application:

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

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

Soit la gamme:

(150 200 250 300)

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

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

Soit la gamme:

(150 200 250)

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

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

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:

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

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 ( $\Delta H$ ), avec les données suivantes:

$L(m)$  la longueur de la conduite.

$Q(m^3/s)$  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 superieure de la crosse serverse.

$H_g$  : Hauteur géometrique total d'élévation (calculé sur schéma).

La puissance absorbée:

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

Où :  $P$  : puissance (kw)

$g$  ; accélération de la pesanteur  $= 9,81m/s^2$

$Q$  : debit à refouer ( $m^3/s$ )

$\eta_p$ : rendement de la pompe prise  $= 70\%$

L'énergie consommée par la pompe:

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

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

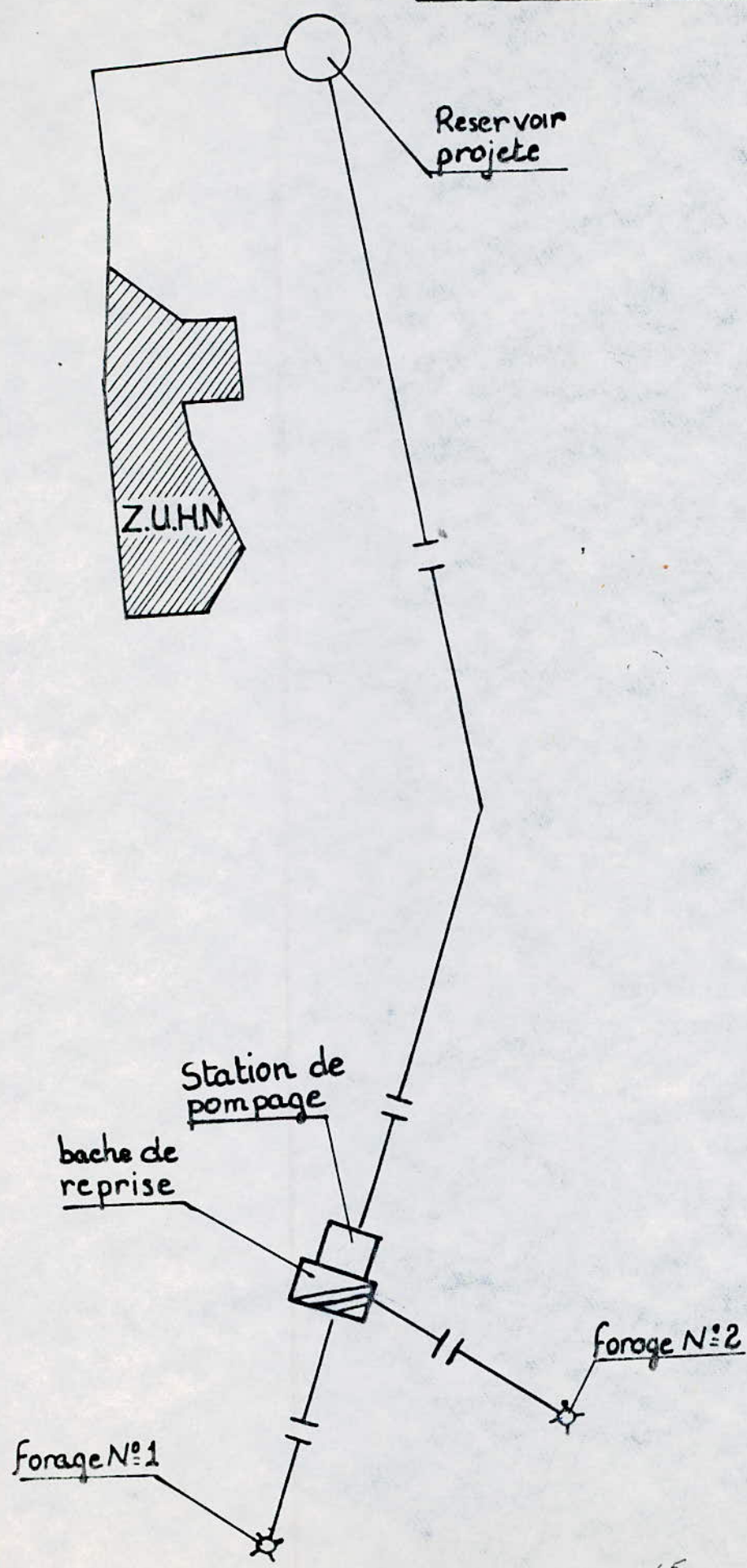
$$A = \frac{0,08}{(0,08+1)^{30} - 1} + 0,08$$

$$A = 0,0888.$$

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



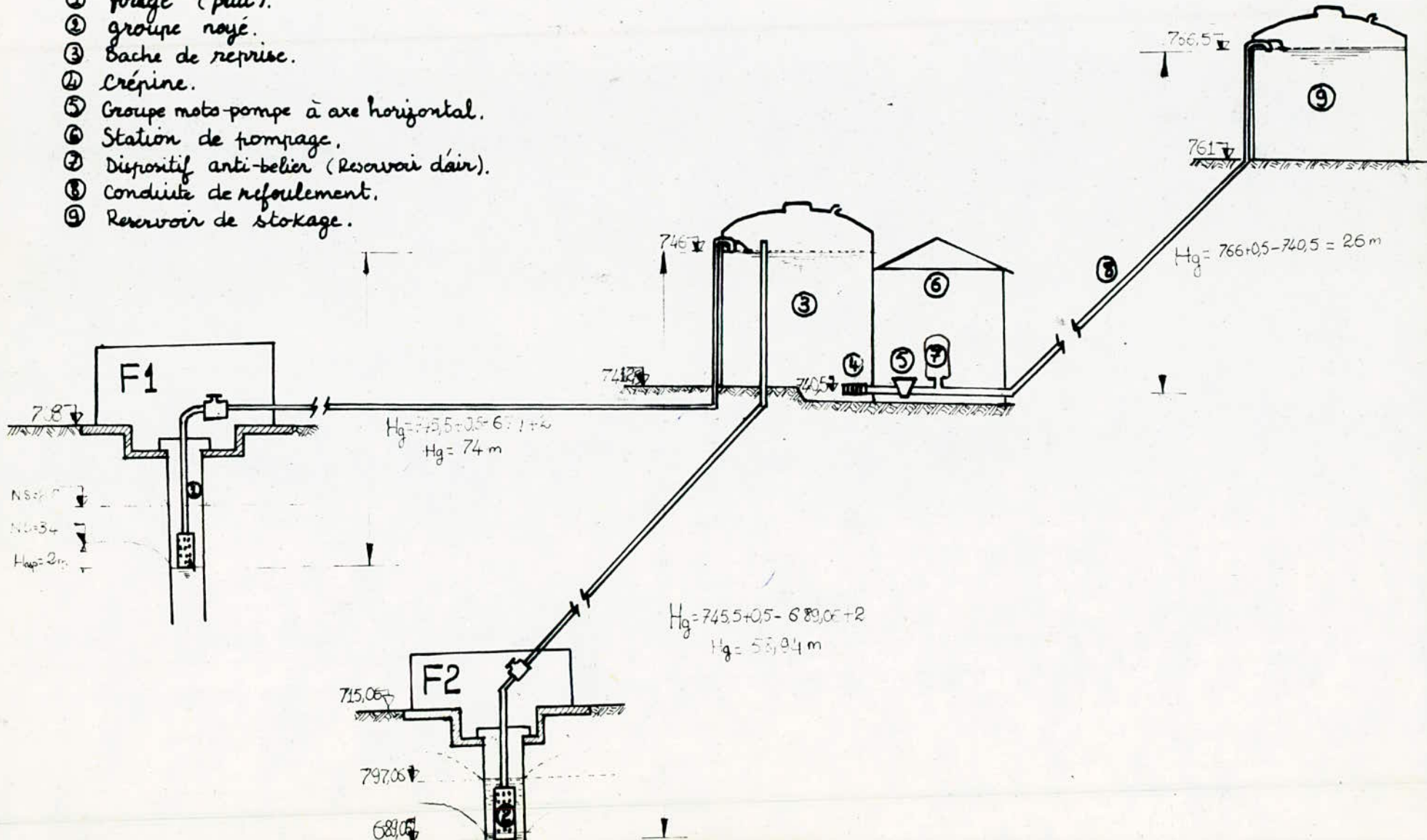
Schema des adductions



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

## Legende

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





Calcul du Reynolds. J.  $\Delta H$ . f  
 Sur programme TI 59.  
 138 pas.

LRN

2nd LbLA 1.14 =  $0.86 \times (RcL 01 \div RcL 02)$

Sto 07  $Ln x = x^2 \frac{1}{x}$  Sto 05 Sto 08 RcL 03

$\times RcL 02 \div RcL 00 =$  Sto 06 R/s 2nd LbL B

$(RcL 07 \div 3.7 + 2.51 \div RcL 06 \div RcL 08 \sqrt{x})$

$Ln x \times 0.86 = x^2 \frac{1}{x}$  Sto 09 - RcL 08 = 2nd |x|

INV 2nd  $x \geq t$  RcL RcL 09 Sto 08 GTO B

2nd LbL RcL RcL 09  $\times RcL 03 x^2 \div 19.6 \div$

RcL 02 = Sto 10 R/s 2nd LbL C RcL 10  $\times$

RcL 04 = Sto 11 R/s 2nd LbL D RcL 11  $\times 0.15$

= Sto 12 R/s 2nd LbL E RcL 12 + RcL 11 = R/s LRN

Execution

V (m<sup>2</sup>/s)  $\xrightarrow{\text{sto}}$  00

E (m)  $\xrightarrow{\text{sto}}$  01

D (m)  $\xrightarrow{\text{sto}}$  02

V (m/s)  $\xrightarrow{\text{sto}}$  03

L<sub>g</sub> (m)  $\xrightarrow{\text{sto}}$  04

$x \geq t$  0.0001

Resultats (appuyer)

Sur

A  $\longrightarrow$  R<sub>e</sub>

B  $\longrightarrow$  J

C  $\longrightarrow$   $\Delta H_L$  (m)

D  $\longrightarrow$   $\Delta H_s$  (m)

E  $\longrightarrow$   $\Delta H_t$  (m)

RcL 05  $\longrightarrow$  f<sub>nix</sub>

RcL 09  $\longrightarrow$  f<sub>cod</sub>

# RECHERCHE DE LA HAUTEUR MANOMETRIQUE (Programme sur TI 59)

Puit (1) — Bache de reprise.

Q (m <sup>3</sup> /s)	D (mm)	V (m/s)	L <sub>g</sub> (m)	R	f <sub>N</sub>	f <sub>c</sub>	J	ΔH <sub>L</sub> (m)	ΔH <sub>s</sub> (m)	ΔH <sub>T</sub> (m)	H <sub>g</sub> (m)	H <sub>mt</sub> (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 <sup>3</sup> /s)	D (mm)	V (m/s)	L <sub>g</sub> (m)	R	f <sub>N</sub>	f <sub>c</sub>	J	ΔH <sub>L</sub> (m)	ΔH <sub>s</sub> (m)	ΔH <sub>T</sub> (m)	H <sub>g</sub> (m)	H <sub>mt</sub> (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 <sup>3</sup> /s)	D (mm)	V (m/s)	L <sub>g</sub> (m)	R	f <sub>N</sub>	f <sub>c</sub>	J	ΔH <sub>L</sub> (m)	ΔH <sub>s</sub> (m)	ΔH <sub>T</sub> (m)	H <sub>g</sub> (m)	H <sub>mt</sub> (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 <sup>3</sup> /h)	V (m/s)	L <sub>s</sub> (m)	R	f <sub>N</sub>	f <sub>c</sub>	J	$\Delta H_L$ (m)	$\Delta H_s$ (m)	$\Delta H_t$ (m)	H <sub>g</sub> (m)	H <sub>mt</sub> (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	"	0,031745	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

# 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:  $Q=32\ell/s=0,032\text{ m}^3/s$ ;  $\eta_p=70\%$

$\varnothing$ (mm)	Hmt (m)	$P = \frac{9,81 \times Q \times H_{mt}}{\eta_p}$ (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)	Ressource annuels: $E = P \times 24 \times 365$ (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  $\varnothing 200 \Rightarrow H_{mt} = 67,32 \text{ m}$ .



Frais d'amortissement

$\phi$ (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

$\phi$ (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: $F = E \times e$ $e = 0.23$
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

$\phi$ (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  $\phi 200 \implies H_{mt} = 97.91 \text{ m}$ .

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

### I) Generalite:/

On appelle une pompe une machine destinee 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'energie mecanique de son moteur d'entrainement en energie hydraulique; c'est à dire qu'elle transmet au courant liquide qui la traverse une certaine puissance. La reserve d'energie reçu par le liquide à l'interieur de la pompe permet au courant de surmonter les pertes de charges et de s'elever jusqu'à une certaine hauteur. C'est à dire l'augmentatin de son energie specifique à une dimension lineaire, c'est la hauteur qui est crée 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 generale la hauteur se compose de l'augmentation de la hauteur piezometrique (hauteur statique) et l'augmentation de l'energie cinetique (hauteur dynamique du liquide).

En Bref une pompe est constituée pour repondre à des conditions precises de fonctionnement debit 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 destine à l'aisser entrer le liquide est fixé au premier par l'intermediaire des aubes ces derniers ont une forme culindrique.



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 reliées entre eux sur la base de la vitesse spécifique pour des angles de sortie, de la roue différents.

les constantes de traces sont relevées 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:

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

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

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

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

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

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

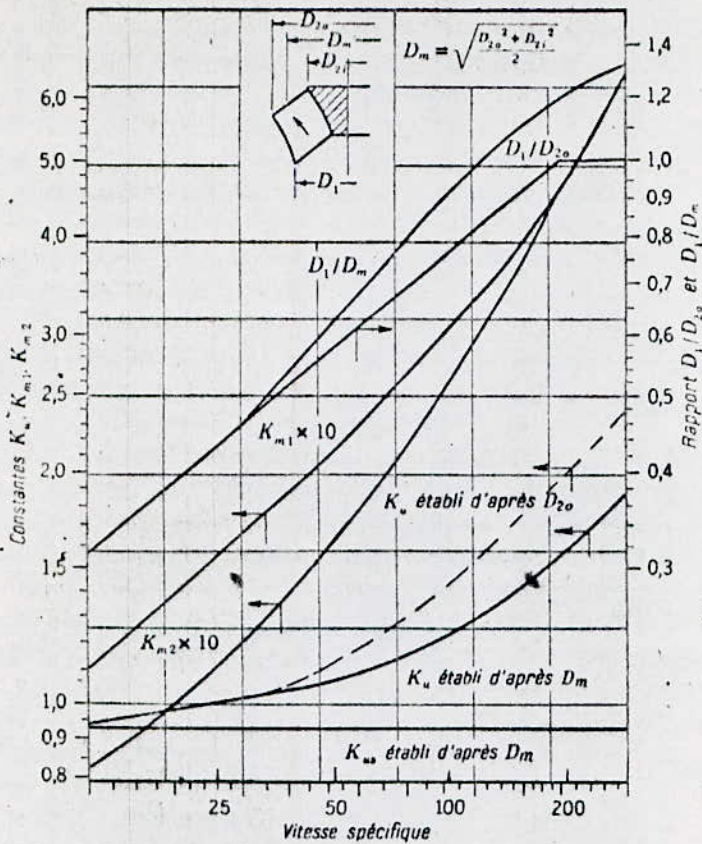


FIG. V-2. — Constantes de tracé de roue.

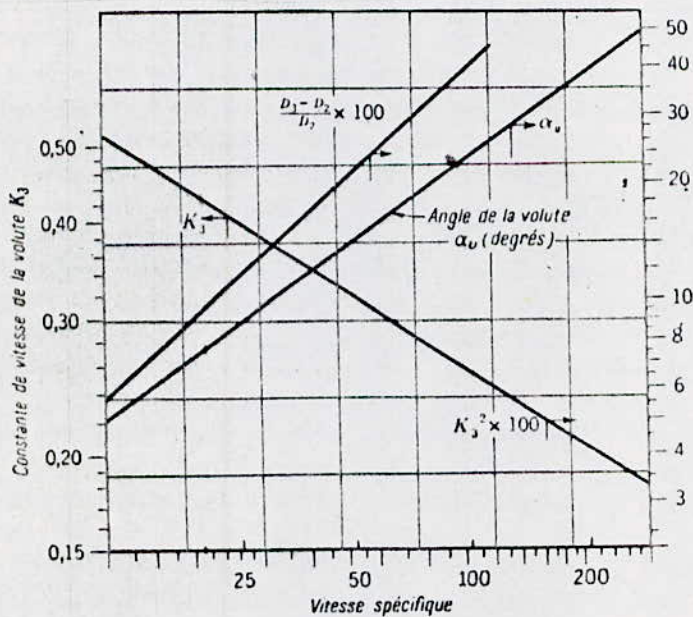


FIG. VII-5. — Constantes du tracé de la volute.



### 22) 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  $f(N_{sp})$

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

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

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

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

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

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

### 23) 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 specifiques ( $N_s$ ) 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 dirigée 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 ( $\alpha$ ) formé par les deux grandeurs ( $U$  et  $W$ ). l'angle ( $\beta$ ) 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 ( $\alpha_1$ ) très voisin de  $90^\circ$  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 ( $\alpha_2$ ) que les aubages de diffuseur seront construits, par contre ( $\beta_2$ ) appelé angle de sortie de la roue aura une valeur entre  $16^\circ$  et  $30^\circ$  c'est un angle de construction pour les aubages de la roue. Il en est de même pour ( $\beta_1$ ) à l'entrée. sa valeur est comprise entre  $15^\circ$  et  $50^\circ$ .

#### 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

$$V_{m2} = 0,102 \sqrt{2 \times 9,81 \times 97,91}$$

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

#### 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

$$K_{m1} = 0,14 \quad V_{m1} = 0,14 \sqrt{2 \times 9,81 \times 97,91} = 6,136 \text{ m/s}$$

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

Vitesse relative à l'entrée ( $W_1$ )

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

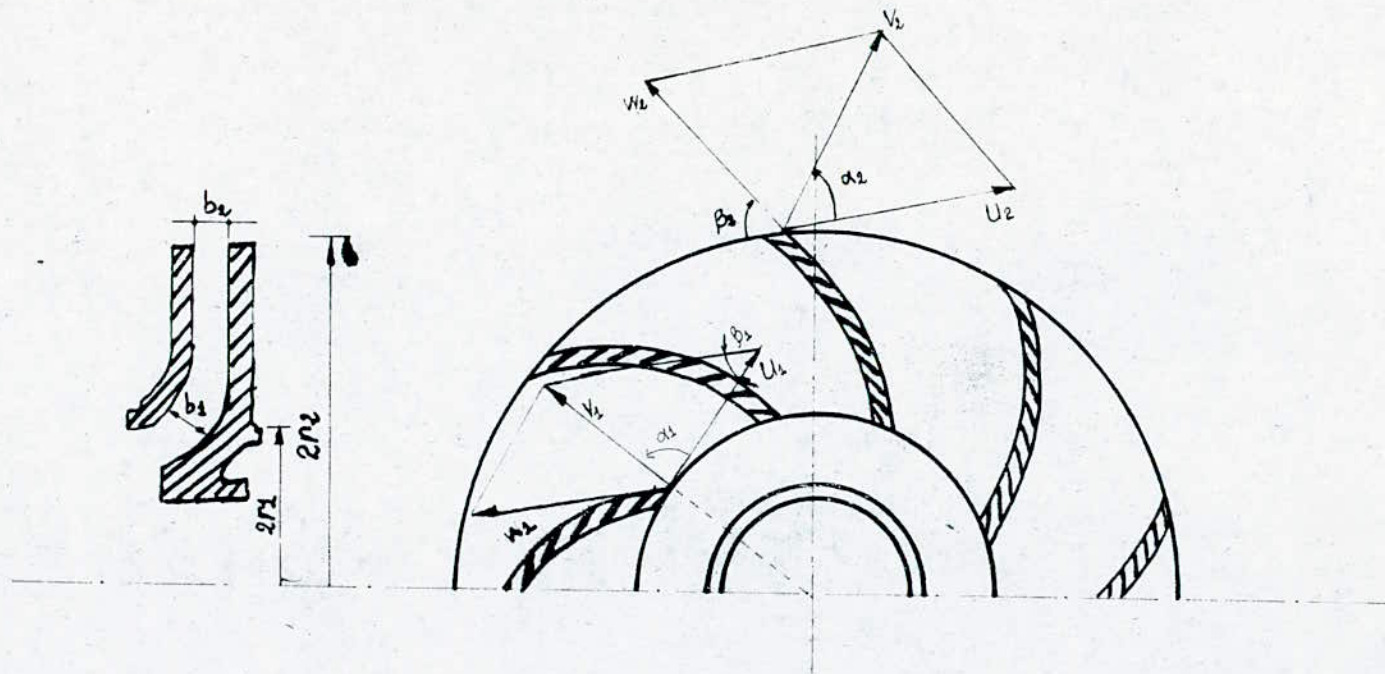
$$W_1 = \sqrt{(6,136)^2 + (18,039)^2}$$

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

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

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

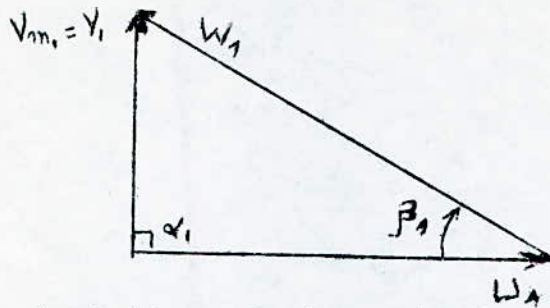
Ecoulement du liquide à l'intérieur du rotor (la roue)



Coupe d'une pompe centrifuge.

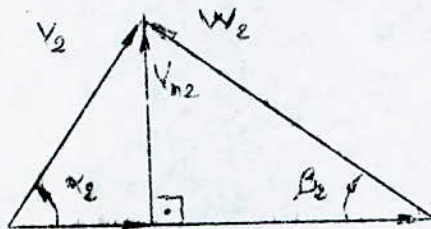


$\alpha_1 = 90^\circ$  car l'écoulement est radial



44) Caractéristique du triangle des vitesses de sortie:

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



441) Calcul de  $V_{2u}$  :

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

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

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  $W_2$

$$W_2 = \sqrt{V_{m2}^2 + (V_2 - V_{2u})^2} = \sqrt{(4,47)^2 + (42,95 - 32,16)^2}$$

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

444) Calcul de l'angle  $\alpha_2$

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

445) Calcul du nombre d'aubes  $Z$

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

$K_s = 6 \text{ à } 6,5$  pour les aubes courbées en forte.

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

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

45) Calcul des PAS:

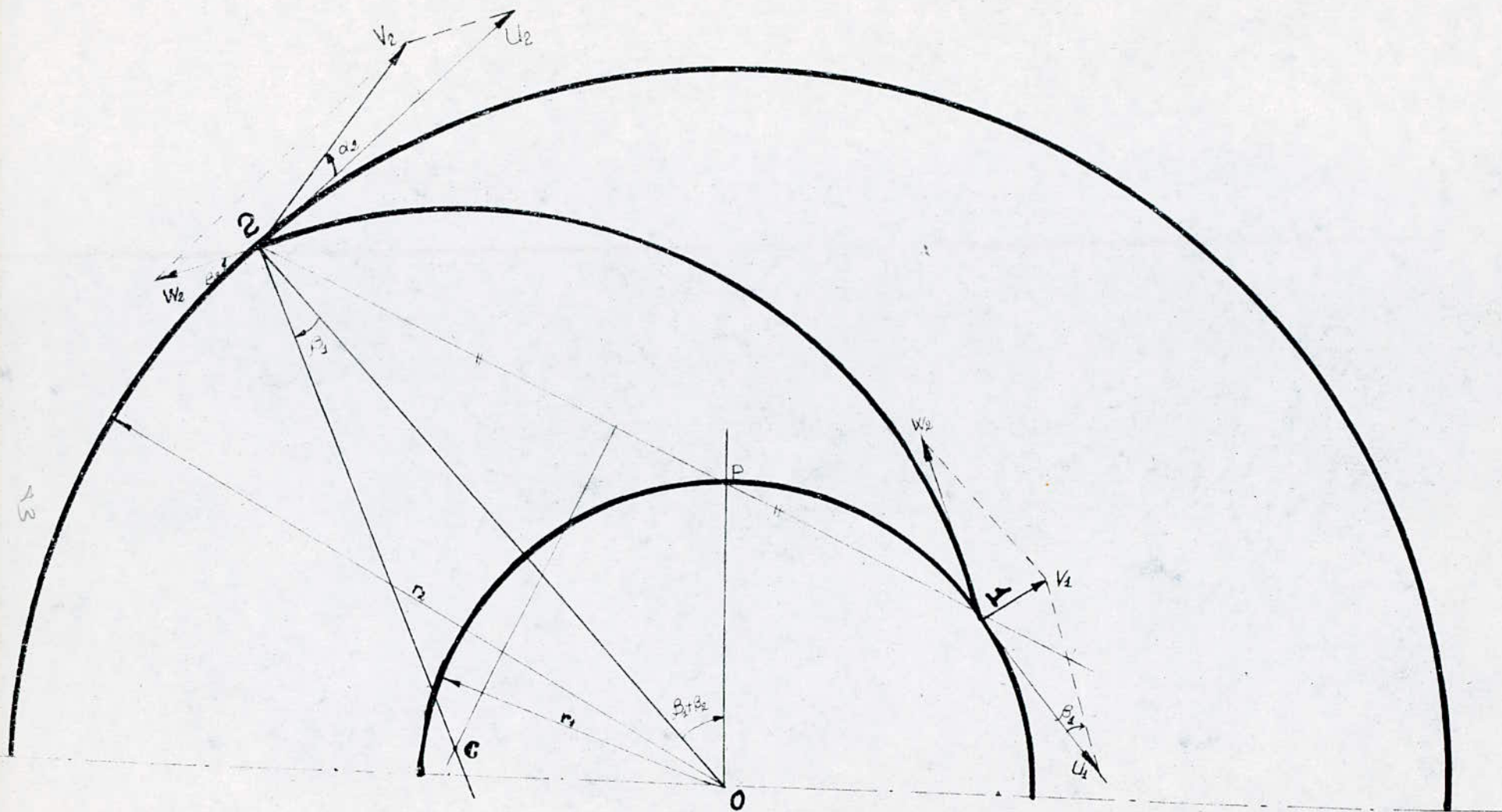
$$t_1 = \frac{\pi \cdot d_1}{Z} = \frac{\pi \cdot 117}{6} \Rightarrow t_1 = 61,264 \text{ mm}$$

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

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  $(\beta_2)$  avec (0-2)
4. On trace un rayon (OP) qui renferme l'angle  $(\alpha_2)$  avec (0-2)  
on determine ainsi le point P;
5. On prolonge (2-P) jusqu'a la rencontre 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





PROFIL DE L'AUBE ET LES TRIANGLES DES VITESSES

Echelle 1:1

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

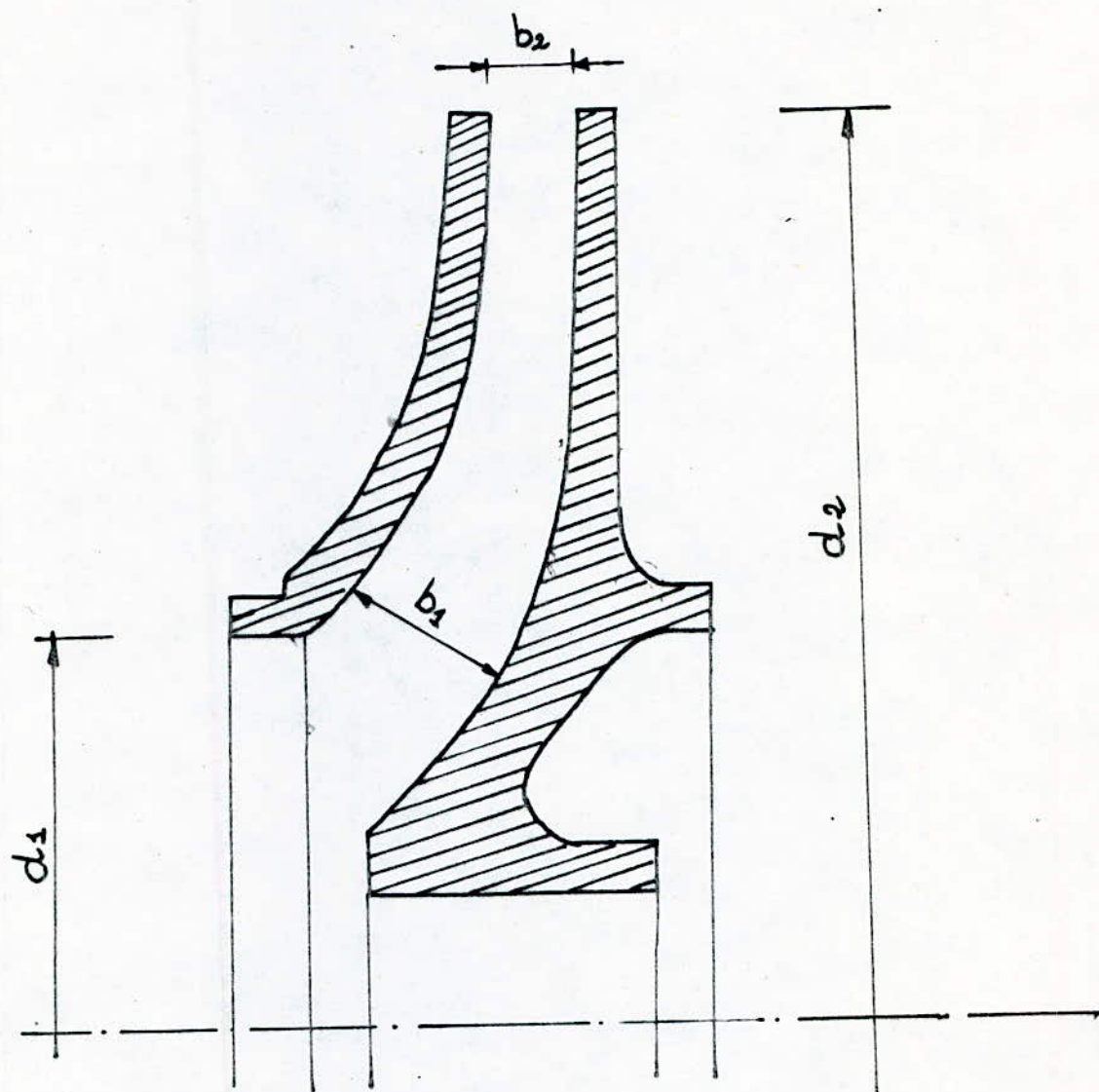
$$b_2 = \frac{Q_t}{\pi d_2 V_{m2}} \cdot \frac{t_2 + \sqrt{r_2}}{t_2} = \frac{0,028013}{\pi \cdot 0,27807 \times 4,47}$$

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

#### 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  $180^\circ$  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) a 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/

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

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'élévation; elle 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 égale à celui qui traverse une cellule; et la Hauteur d'élévation 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)

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

$Q_r$ : 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

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

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

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

#### 65) Angle de la Volute:

L'angle( $\alpha_v$ ) 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.

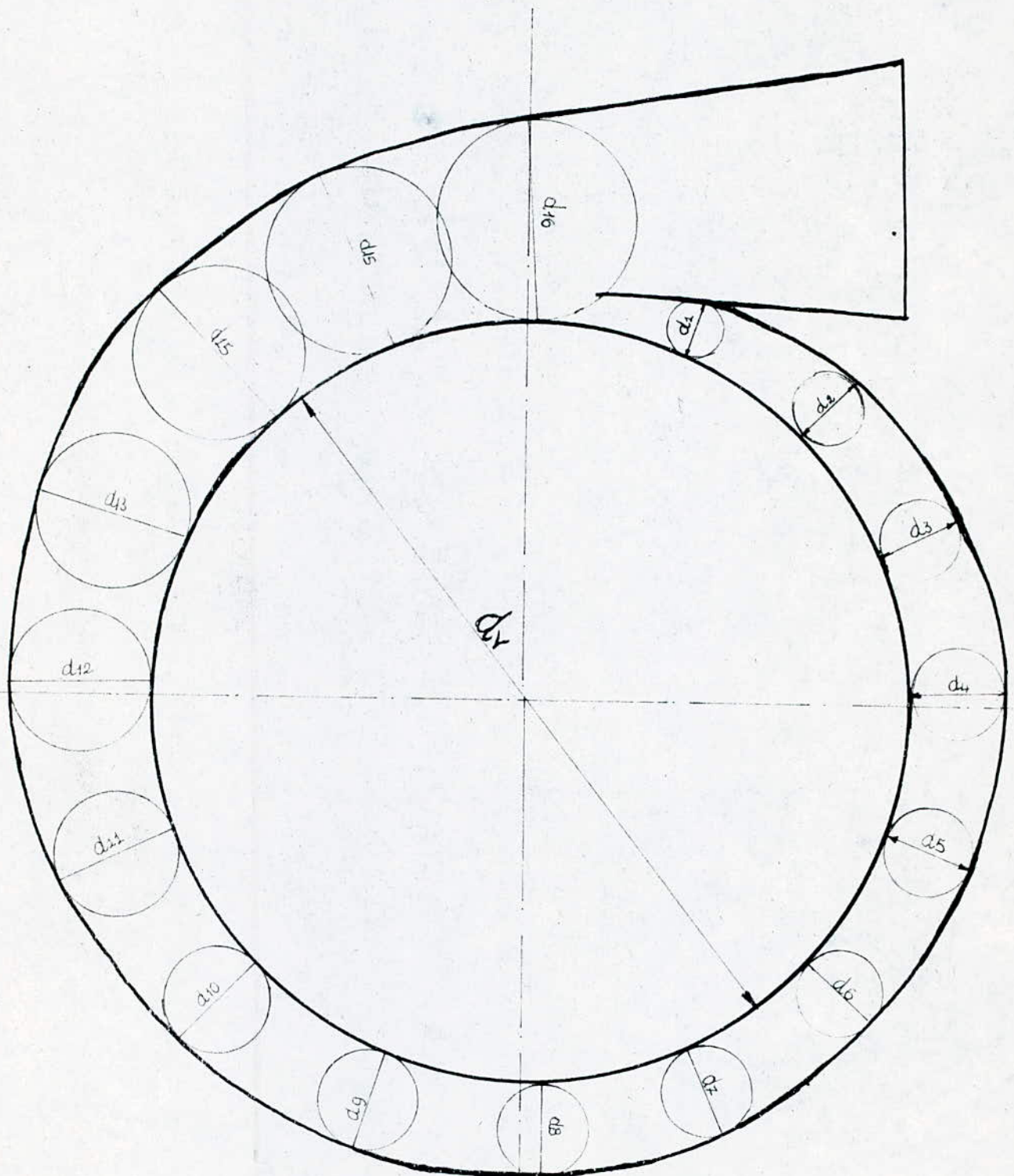
$$d_v = d_2 + \frac{B_2}{30}$$

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

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



# TRACE DE LA VOLUTE



Echelle 1:2

### CHAPITRE III CARACTERISTIQUE DE FONCTIONNEMENT DES POMPES

#### 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 mètre cube d'eau élevé.

##### 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 réduit 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 accroît 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:

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

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

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:



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

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;

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

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

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

La puissance maximale que peut fournir le groupe électropompe est:

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

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 homologue de pompes.  
 $f(x)=0 \quad H_{max}=H+aQ^n$

$$^*LBLA (Rel19E + ((Rel19 \times .999999)E - (Rel19 \times 1.000001)E) \times Rel19 \times .000001)$$

$$SUM19^*|X| - .000001 = ^*x \geq t A Rel19 R/s GT0066 LRN$$

$$^*LBLE ST004 ((Rel01 y^{Q_1} Rel04 - Rel02 y^{Q_2} Rel04) \div (Rel02 y^{H_3} Rel04 - Rel03 y^{Q_3} Rel04) - (Rel12 - Rel11) \div (Rel13 - Rel12)) INV SBR$$

$$^*LBLB (Rel12 - Rel11) \div (Rel01 y^{H_2} Rel04 - Rel02 y^{H_1} Rel04) = ST005 R/s$$

$$^*LBLC Rel05 \times Rel01 y^{Q_1} Rel04 + Rel11 = ST006 R/s$$

$$^*LB LD (Rel06 \div Rel05) INV y^{H_{max}} Rel04 = ST007 R/s$$

$$^*LBLE Rel06 \div (Rel04 + 1) \div Rel05 = INV y^{Q_{opt}} Rel04 = ST014 y^{Q_{opt}} Rel04 \times Rel05$$

$$+ \div + Rel06 = ST015 \times Rel14 = ST016 R/s$$

$$^*LBLA' Rel06 - Rel05 \times Rel00 y^{H_{max}} Rel04 = ST010 INV SBR$$

$$^*LBLB' Rel06 - Rel10 = \div Rel05 = INV y^{H_{max}} Rel04 = ST000 INV SBR$$

$$^*LBLC' \times B' \times Rel10 \div Rel16 \times Rel17 = ST018 R/s$$

$$^*LB LD' Rel08 \times Rel14 \sqrt{x} \div Rel15 y^{Q_{opt}} .75 = ST020 R/s Rel09 \times Rel15 \sqrt{x} \sqrt{x} \div Rel14 \sqrt{x} = ST029 R/s$$

$$^*LBL x \Rightarrow t Rel08 \times Rel09 y^{N^D} 3 = ST021 Rel08 x^N \times Rel09 x^D = ST022 Rel00 \div$$

$$Rel21 = ST030 Rel10 \div Rel22 = ST040 Rel05 \times Rel21 y^{N^D} Rel19 \div Rel22$$

$$= ST025 Rel14 \div Rel21 = ST034 Rel10 \div Rel22 = ST035 Rel30 \times Rel40$$

$$\div Rel34 \div Rel35 \times Rel17 = ST018 Rel06 \div Rel22 = ST036 Rel07 \div Rel21$$

$$= ST037 R/s$$

$$^*LBL x^2 Rel36 - Rel25 \times Rel30 y^{H_t} Rel19 = ST041 R/s$$

$$^*LBL \sqrt{x} Rel36 - Rel40 = \div Rel25 = INV y^{H_t} Rel19 = ST031 R/s$$

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

$$LRN 225 ST008 1.8 ST009 88 ST017 9 ST000$$



### Execution.

SBR + introduire les éléments donnés  $A \rightarrow n \leftrightarrow Q_4$

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

$'E' \rightarrow H_{qt} \quad Q_{qt} \rightarrow 16$      $Rd 14 \rightarrow Q_{qt}$      $Rd 15 \rightarrow H_{qt}$

$'A' \rightarrow H \leftrightarrow 10$      $'B' \rightarrow Q \leftrightarrow 10$      $'C' \rightarrow e \rightarrow 18$

$'D' \rightarrow N_{qt} \leftrightarrow 20$      $R/s \rightarrow D_{qt} \leftarrow 29$      $SBR \times \hat{a} \rightarrow Q_{+max}$

$Rd 30 \rightarrow Q_+$      $Rd 40 \rightarrow H_+$      $Rd 25 \rightarrow Q_+$

$Rd 36 \rightarrow H_{+max}$      $Rd 37 \rightarrow Q_{+max}$      $SBR \times \hat{a} \rightarrow \hat{H}_+$

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

Calcul du tableau des paramètres  $Q_+, H_+$

$Q_+ \rightarrow 30$      $SBR \times \hat{a} \rightarrow H_+ \leftrightarrow Rd 41 \times Rd 22 = STO 10 'C' \rightarrow e$

$H_+ \rightarrow 40$      $SBR \sqrt{x} \rightarrow Q_+ \leftrightarrow Rd 31 \times Rd 21 = STO 00 'C' \rightarrow e$

### Tableau :

$Q_+ \quad H_+$

### 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 <sub>max</sub>	116.9950	89.1894
Q <sub>max</sub>	0.0451	0.0457
H <sub>opt</sub> ·Q <sub>opt</sub>	2.5920	1.9360
Q <sub>opt</sub>	0.0289	0.0288
H <sub>opt</sub>	89.5467	67.0399
N <sub>sp</sub>	16.6574	20.6723
D <sub>sp</sub>	38.8734	36.2015
P	25.4023	18.9736
ND <sup>3</sup>	45,068	45,068
N <sup>3</sup> D <sup>2</sup>	511725,622	511725,622

Resultats des parametres adimensionnels Q<sub>+</sub> H<sub>+</sub>

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



## Résultats d'étude et choix des pompes.

Forges		F (1)	F (2)
debit désiré $Q_d$	[m <sup>3</sup> /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 $\eta$	[%]	75	75
Diamètre de la roue $D$	[mm]	215	215
1 <sup>re</sup> VARIANTE	Debit a reduire $Q'_p$	116.40	99
Reduction de temps de pompage	Hauteur correspondante $H'_p$	79.50	71.50
	Volume d'eau pendant 24h $V$	2764.8	2160
	Durée de pompage $t = \frac{V}{Q'_p}$	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 <sup>e</sup> VARIANTE	$H'$	80.80	75.50
Vannage	$\Delta H = H' - H$	1.80	8.18
	$P = \frac{9.8 \cdot Q_d \cdot H}{3600 \cdot \eta}$ [KW]	33.82	24.68
3 <sup>e</sup> VARIANTE	$Q''_p$	115.80	90.88
Rognage de l'impulseur de la pompe	$H''_p$	80.50	75.00
	$m = (Q/Q''_p)^{0.5}$	0.997	0.995
	Pourcentage de rognage $1-m$	0.30	0.50
	$P = \frac{9.8 \cdot Q_d \cdot H}{3600 \cdot \eta}$ [KW]	33.87	24.76
4 <sup>e</sup> VARIANTE	$P = 9.8 \cdot R_{cl} 16$	25.40	18.97
VARIANTE CHOISIE		4 <sup>e</sup> Variante	4 <sup>e</sup> Variante

# CHOIX DE LA POMPE.

## forage F.2.

SERIE : GB (J. SCHNEIDER)

TYPE : 3. GB 40

$N = 2850 \text{ tr/min}$

$\varnothing_{roue} = 215 \text{ mm}$

$\eta = 75\%$

## forage F.1.

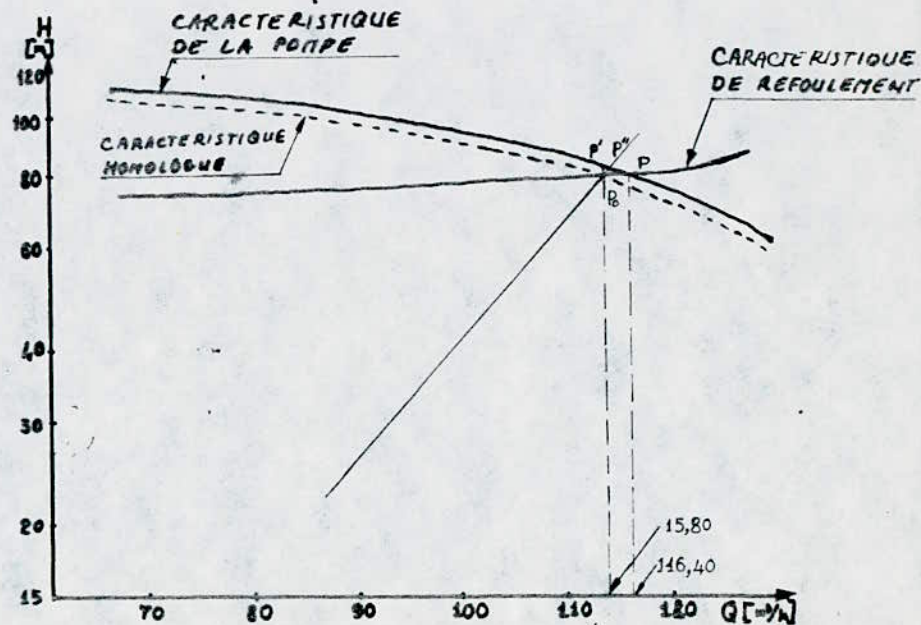
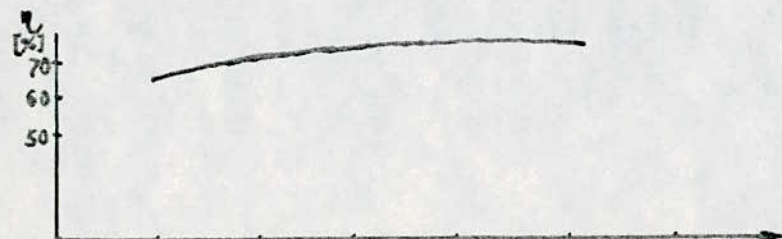
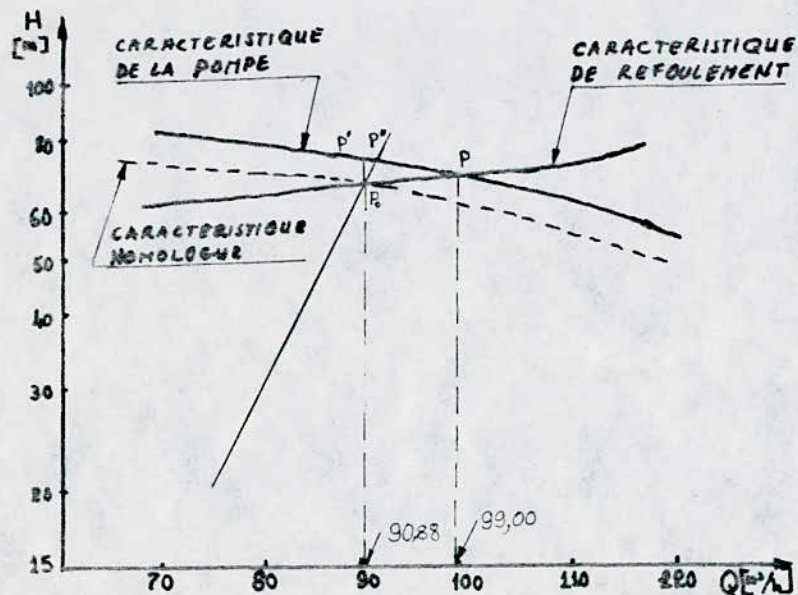
SERIE : G.B.(J.(SCHNEIDER)

TYPE : 4. GB 50

$N = 2850 \text{ tr/min}$

$\varnothing_{roue} = 215 \text{ mm}$

$\eta = 75\%$





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.

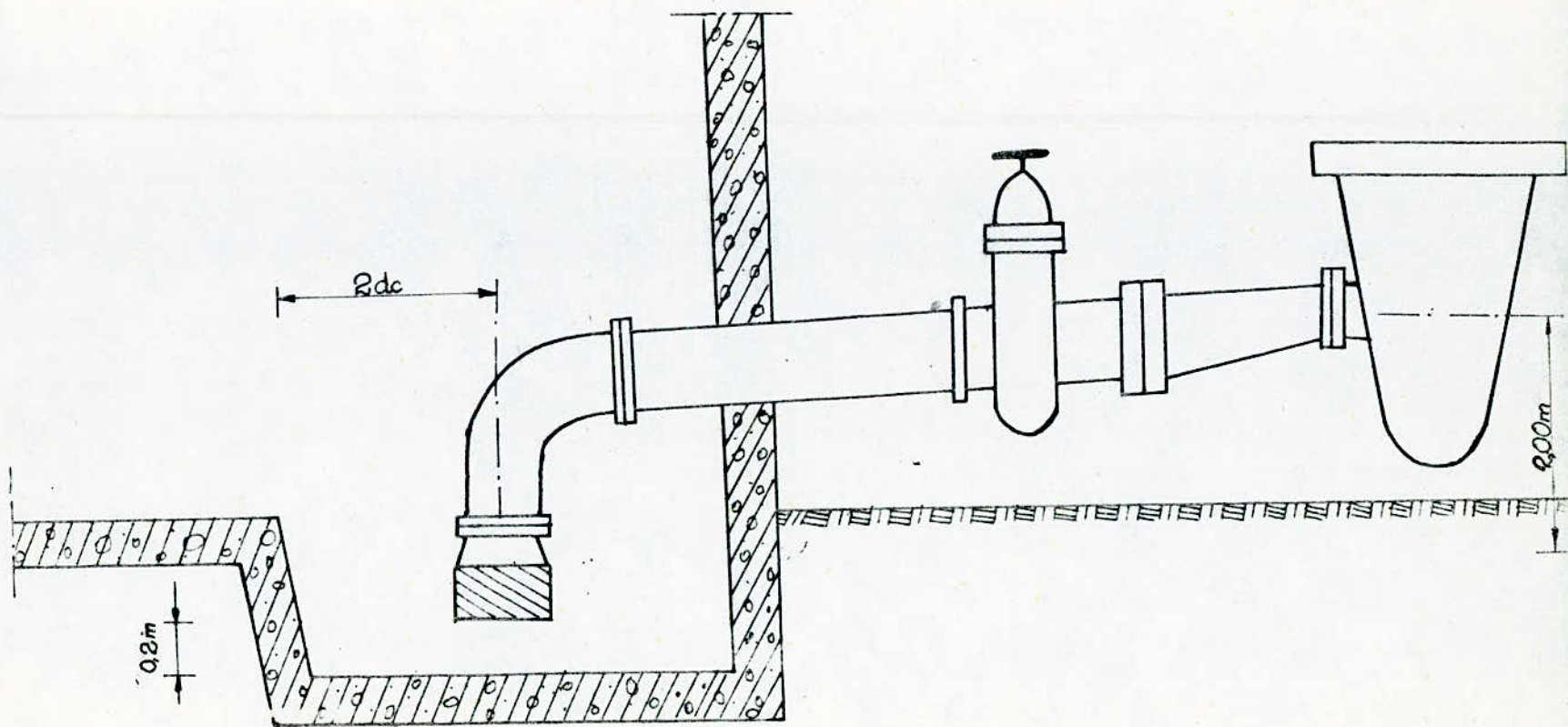
### 3) TUYAUTERIE D'ASPIRATION:

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 désamorçage.
- Emplacement de la crepineau niveau le plus bas.

(VOIR SCHEMA )

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  $P_a = 10^5$  Pascals

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

$P_r = 23369,12$  Pascals à  $30^\circ C$

$\rho$ : masse volumique de l'eau,  $\rho = 998 \text{ Kg/m}^3$  à  $20^\circ C$

$g = 9,81 \text{ m/s}$

$h_a$ : 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

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

$V_a$ : Vitesse moyenne d'écoulement en m/s  $V = 0,82 \text{ m/s}$

$L$ : Longueur développée de la tuyauterie ( $L = 5 \text{ m}$ )

$g = 9,81 \text{ m/s}$

$D_a$ : Diamètre inférieur de la tuyauterie  $D = 200 \text{ mm}$

$\lambda$ : Coefficient de perte de charge Lineaire qui dépend du nombre de REYNOLDS

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

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

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

Pertes de Charges singulière:

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

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

$\xi$ : Est un Coefficient de perte de charge qui dépend de l'accessoire utilisé.

Accessoir	$\xi$	$\Delta H$
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

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

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

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

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



Le N.P.S.H<sub>d</sub> 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<sub>r</sub>

On détermine le N.P.S.H<sub>r</sub> (REQUIS) de la pompe choisie à l'aide de la constante de THOMA (S')

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

Donc N.P.S.H<sub>r</sub> = ~~6~~ H<sub>mt</sub> ± 0,455 × 97,91 = 4,458 m

## 53) Vérification 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/

### 6.1) Hauteur de EULER 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  $\alpha_1 = 90^\circ$ , soit

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

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

### 6.2) 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  $K = 0,6(1 + \sin \beta) = 0,6(1 + \sin 22,5) = 0,529$  coef correctif

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

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

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

$$P = 0,334$$

Soit une hauteur fictive de:

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

$$H_{th\infty} = 188,06 \text{ m}$$

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

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

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

$$H_{th\infty} = 188,06 \text{ m}$$

## 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:

$$\Delta H_{rt} = 0,05 \left( 1 - \frac{\omega}{\omega_0} \right) \cdot H$$

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

$\omega$ : est le coefficient sans dimensions de la hauteur hauteur.

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

b) Dans la Volute:

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

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



72) Pertes par frottement dans les cannaux:

a) Dans la roue:

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

$e_1, e_2$  : 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  $l = 90 \text{ mm}$

$\lambda$ : Coefficient de frottement en fonction du nombre de RENOLDS

$$R = \frac{bW}{\nu} = \frac{0.05 \times 15.36}{1.00 \times 10^{-6}} = 1.6 \times 10^5$$

$\nu$ : 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  $(\lambda)$  sur la courbe des essais de PRANDTL, de KARMAN et NIKURADSE en page 13 (KOVATS):

soit  $\lambda = 0.034$

$$\Delta H_{rf} = \frac{1}{4} \lambda \frac{l}{b} \frac{W^2}{2g} = 0.032 \frac{2 \times 0.034 + 2 \times 0.0105}{0.034 \times 0.0105} \frac{15.36^2}{2 \times 9.8}$$

$$\Delta H_{rf} = 2.158 \text{ m}$$

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

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

OU:  $L_m$ : Longueur du tronçon prise du dessin  $= 0.995 \text{ m}$

$d_m$ : Diamètre moyen du tronçon.

$\lambda$ : Coefficient de frottement, donné par la formule de MISES

$$\lambda = 0.0096 + \frac{4}{\sqrt{K}} \cdot \left( \sqrt{K} + 1.7 \sqrt{\frac{V_{3m}}{V_{3m}}} \right)$$

$V_{3m} = 18.233 \text{ m/s}$ , calculé précédemment

$\sqrt{K} = 6.10^{-3}$  à  $10.10^{-3}$  est un coefficient correspondant à la rigidité des parois pour la fonte moulée. prenons  $7.10^{-3}$

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

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

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

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

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

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

OU  $L_c = 230mm$  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

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

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

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

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

$$\lambda = 0,0096 \frac{1}{\sqrt{0,07118}} \left( 7 \cdot 10^{-3} + 1,7 \sqrt{\frac{1,008 \cdot 10^6}{6,46}} \right) = 2,87 \cdot 10^{-2}$$

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

LES PERTES HYDRAULIQUES TOTALES SERONT:

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

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

$$H = 11,554m$$



8) RENDEMENT HYDRAULIQUE:  $\eta_h = \frac{H_{0,2} - \Delta H_1}{H_{h,2}} = \frac{140,81 - 11,554}{140,81}$

$\eta_h = 92\%$

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

9) CALCUL DES PERTES VOLUMETRIQUES:

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

Entre les jeux des joints apparaissent des fuites appelées 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 :

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

$$\eta_v = 90\%$$

II) CALCUL DES PERTES MECANIKES:

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

II-1) Puissance utile:

$$P = \frac{P_{x2} \times H}{367,1} = \frac{1 \times 92,52 \times 97,91}{367,1} = 24,68 \text{ (KW)}$$

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

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

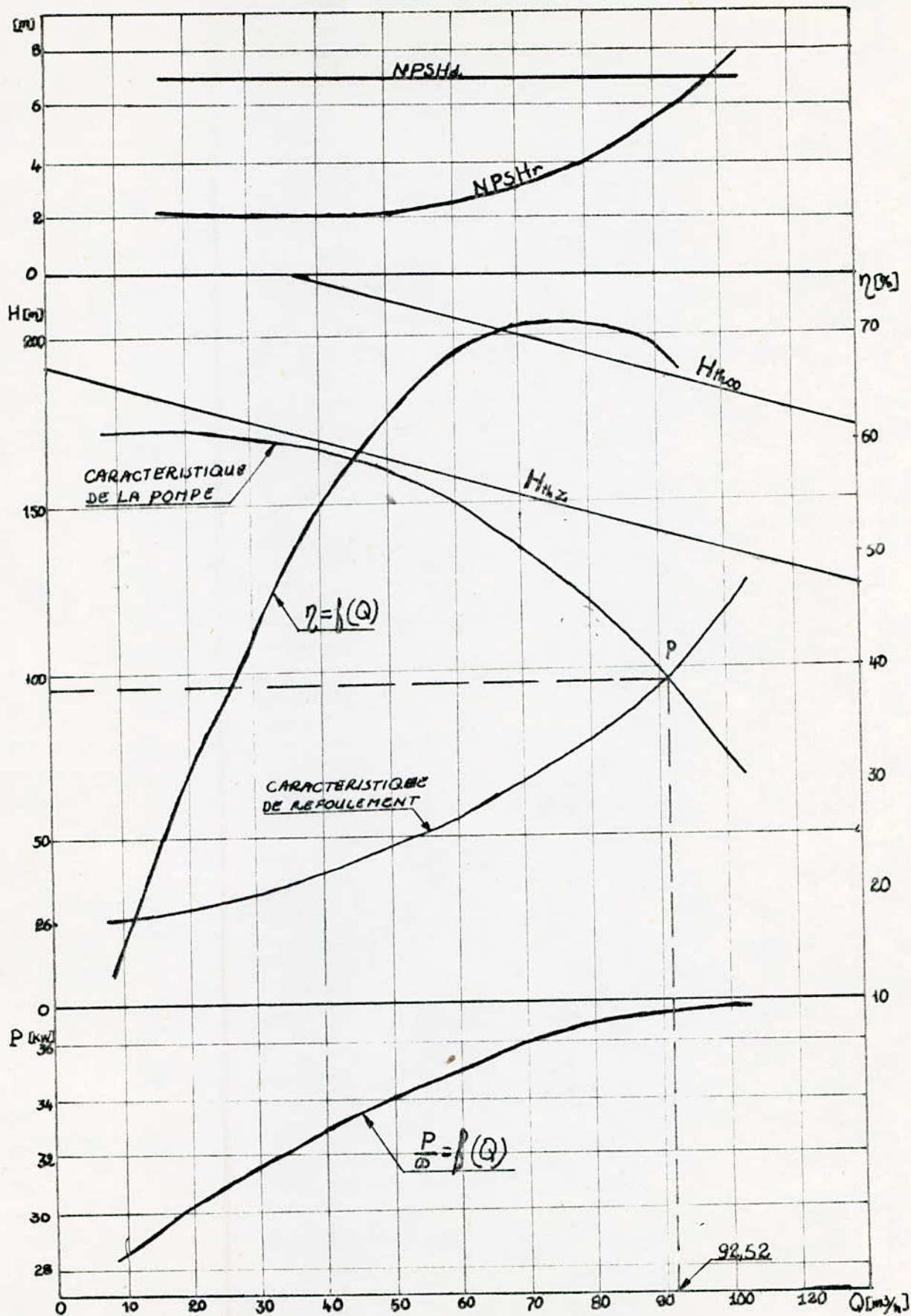
$$\frac{P_{abs}}{W} = f(Q)$$

- Caractéristique du rendement

$$\eta = f(Q)$$

Q (m <sup>3</sup> /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	72,32	63,01	54,90





CHARACTERISTIQUES DE LA POMPE  
STATION DE POMPAGE

## CHAPITRE IV PROTECTION DES POMPES

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 reservoir doit etre controler Le dispositif utilisé à cet effet est un flotteur en liaison avec un interrupteur lui meme raccorde 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 l'arret,les forces d'energies 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 conduite donne naissance d'une onde se propageant 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 vaincre on adopte des appareils s'attaquant à la cause elle meme. Il s'agit du :

### -Volant d'energie:

Le couple moteur cesse brusquement,seule donc on augmente cette energie par un Volant Cette solution est encombrante vue les dimensions du volant.

### -Reservoir d'air:

On instale des renflards d'air pour combler les vides et amortir 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 assuré au moyen de moteur thermique ou électrique. Du fait de leur fonctionnement à des vitesses de rotation sensiblement égales à celles des moteurs, il est très facile de réaliser un écoulement direct en bout arbre sans adjonction de réducteur ou multiplicateur de vitesses/

Dans notre étude l'utilisation d'un moteur électrique est très avantageuse car nul ne peut nier les multiples avantages liés à l'utilisation de l'énergie électrique, la facilité avec laquelle s'opère le démarrage, elle est plus économique et plus en sécurité.

### 2) GENRE ET TYPE DE MOTEUR:

Les types de moteur qui se prêtent le mieux à l'entraînement des pompes sont les asynchrones et les synchrones. Comme il s'agit d'une petite station de pompage les moteurs synchrones sont éliminés du fait de leur prix élevé motivé par l'excitatrice qui les accompagne.

Nous adoptons donc des moteurs asynchrones.

### 3) CHOIX DES MOTEURS:

#### 31) Moteur électrique:

- Type ~~A~~ Synchron
- Courant alternatif 220-380 Volts
- Fréquence 50 Hertz
- Vitesse 2950 trs/mn

#### 32) Moteur thermique:

- Type Diesel à 4 temps
- Combustible huile lourde
- Vitesse 1500 trs/mn

#### REMARQUE:

La puissance du Moteur, elle doit être égale à celle absorbée par la pompe.



## CHAPITRE VI BATIMENT DE STATION DE POMPAGE

### 1-Généralités:

L'emplacement de station de pompage une fois déterminé (suivant la topographie des lieux le plus rationnel et le plus économique), se pose le problème de son aménagement.

La station de pompage, réunit, en principe, groupées dans un même bâtiment:

- \_ La salle des machines, des installations électriques, et de captage hydrauliques.
- \_ La salle des annexes (bureau, magasin, stérilisation, atelier, etc....)

Ces différentes parties du bâtiment d'usine revêtent des importances diverses 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 bref 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 prises, 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 stérile ou de caillebotis métallique à claire-voie.

Les pompes( des deux groupes) seront installées à un niveau tel que leur capacité pratique d'aspiration de l'installation et que leur amorçage soit facilité.Elles sont de type horizontales; Dans une partie bien dégagée de la salle,on disposera le tableau de commande et de contrôle de la station,qui groupera notamment::

- La commande des groupes,ainsi que celle des vannes à distance.
- Les ampèremètres,et compteurs horaires de marche.
- Les indications hydrauliques ;débit,niveau divers,tel que hauteur d'eau,tant à la prise(puits,filtre,etc...) qu'au lieu de refoulement (réservoir),position d'ouverture des vannes télécommandées .Ces indicateurs seront fournis à des transmetteurs en liaison électrique.

+X+Il est indispensable de prévoir un secours permettant de reprendre le relais en cas d'indisponibilité quelconque du groupe en fonctionnement,ou de s'ajouter exceptionnellement à celui-ci pour fournir un appoint éventuel.

X Une pompe de secours identique à la précédente entraînée par un moteur DIESEL est destinée à fonctionner en cas de coupure du réseau électrique ou défaillance de la pompe initiale.

X L'étude de l'adduction du huit (F2)et aussi prévu comme cas de secours.

## 22) Salle des annexes

Cette salle n'a aucune communication avec la salle des machines en raison des corrosions possibles par les agents(stérilisant)qui sont de puissants oxydants il devra être possible de suivre ,la salle des machines;la marche de la chloration grâce à une cloison (ou une partie) vitrée bien étanche .

X Les autres annexes qui feront partie du bâtiment, quand les dispositions architecturales les permettent, ou bien ils seront construits à 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.



- II 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).

I<sub>1</sub>°) - Données de base.

- Carte topographique Ech. 1 : 1000 ( Z H U N )

- " " Ech. 1 : 10000 ( Région de Birine )

- " " Ech. 1 : 5000 ( Ville de Birine )

I = 94 l/s/ha.intensite pluviométrique pour une durée de  
t = 15 mois. n .

- Pour le calcul des eaux usée on doit se referer à la première partie ( A.E.P. ).

I<sub>2</sub>°) - 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.

I<sub>3</sub>°) - 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.

.../...

I<sub>4</sub><sup>o</sup>) - 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<sub>4.1</sub><sup>o</sup>) - 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 entraînent constituent une sujétion pour leur évacuation.

La pollution des eaux est variable, dans le temps, plus forte au debut d'une precipitation qu'a la fin par suite du nettoyage, cette pollution est due au matière que les eaux entraînent (huile, Mazont etc...)

I<sub>4.2</sub><sup>o</sup>) - Débit a evacuer :

- Les ouvrages sont calculés pour la plus forte precipitation decennale.

On choisit, pour la détermination du débit la Méthode rationnelle.

$$Q = C.I.A. \left[ \frac{1}{s} \right].$$

I. intensité ( maximale) enregistrée de la precipitation en moyenne

$$\left[ \frac{1}{s/ha} \right].$$

Elle est caractérisé par sa durée, son intensité et sa fréquence

A: Surface du bassin versant  $\left[ \text{Ha} \right]$

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<sub>5.1</sub><sup>o</sup>) - 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<sub>5.2</sub><sup>o</sup>) - 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.  $Q = 1707,96 \text{ m}^3/\text{J}$

$$Q_{mu} = 0,8 \times 1707,96 = 1366,368 \text{ m}^3/\text{J}$$

$$/ \quad Q_{mu} = 15,814 \text{ l/sec} /$$

- débit de pointe des eaux usées.  $Q_{up} = Q_{mu} \cdot C_p$

$C_p$ : Coefficient de pointe  $C_p = \max. \left\{ \begin{array}{l} C_p = 1,5 + \frac{2,5}{(\sqrt{Q_{mu}})} \quad Q_{mu} \text{ en l/s} \\ C_{p2} = 2,6 - 0,4 \log \frac{N}{1000} \end{array} \right.$

$$C_{p2} = 2,6 - 0,4 \log \frac{N}{1000}$$

$N$ : Nombre d'habitant

$$C_p \neq \max \left\{ \begin{array}{l} C_{p1} = 1,5 + \frac{2,5}{(\sqrt{15,814})} = 2,12 \\ C_{p2} = 2,6 - 0,14 \log \frac{6833}{1000} = 2,26 \end{array} \right.$$

$$C_{p2} = 2,6 - 0,14 \log \frac{6833}{1000} = 2,26$$

$$/ \quad C_p = 2,26 \quad /$$

.../...

../...

$$Q_{up} = 15,814 \times 2,26 = \underline{\underline{35,74 \text{ l/s}}}$$

- debit spenfique

$$Q_{sp} = \frac{Q}{N} = \frac{\text{debit moyen Journalier}}{\text{nombre d'abitants}} = \frac{1707,96}{6833}$$

$$Q_{sp} = 249,957 \text{ l/s/Hab}$$

$$\underline{\underline{Q_{sp} = 2,8930 \times 10^{-3} \text{ l/s/hab}}}$$

$$\text{- densité } d = \frac{N}{S} = \frac{\text{Nb're d'abitants}}{\text{surface de la ZHUM}} = \frac{6833}{32} = 213,53 \text{ hab/ha}$$

d'après la formule suivante ou détermine  $Q_{mu}$  debit moyen usées pour  
chaque tronçon  $Q_{mu} = 0,8 \frac{S \cdot d}{N} \cdot Q_{sp}$



II.- Dimensionnement des collecteurs principaux :

II<sub>1</sub>. 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 ou détermine le debit d'eau usée  $Q_{mu}$ .
- 5.- On calcul le debit total  $Q_t = Q_p + Q_{mu}$
- 6.- On d'imensionne chaque tronçon avec le debit cumulé (  $Q_t$  ) de ce tronçon.
- 7.- On d'étermine côte du terrain (Amont,Aval ) de la carte topographique du terrain.
- 8.- Les cotes du radier (Amont et Aval) sont d'éterminées 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 debit  $Q_t$  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 laide de l'abaque annexe X on tire le rapport  $r_H$  et  $r_v$
- 11.- La hauteur de remplissage  $H = Dr_H$  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 debit à pleine section.

Gon	Ba ssin	ce E à la ZHUN ha	surface projet (ha)	surface du ba- ssin versant ha	surface cumulée (ha)	lon- gueur (m)	coeff de ruise- llement ck	inten- sité de pluie 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 <sub>I</sub>	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 <sub>II</sub>	4,42	5,40	9,82	18,33	350	0,30	94	276,924	4,936	981,860	606,471	92,80	<del>88,97</del> 88,97	90,60	86,60
3 - 4	A <sub>III</sub>	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 <sub>I</sub>	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 <sub>II</sub>	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 <sub>III</sub>	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

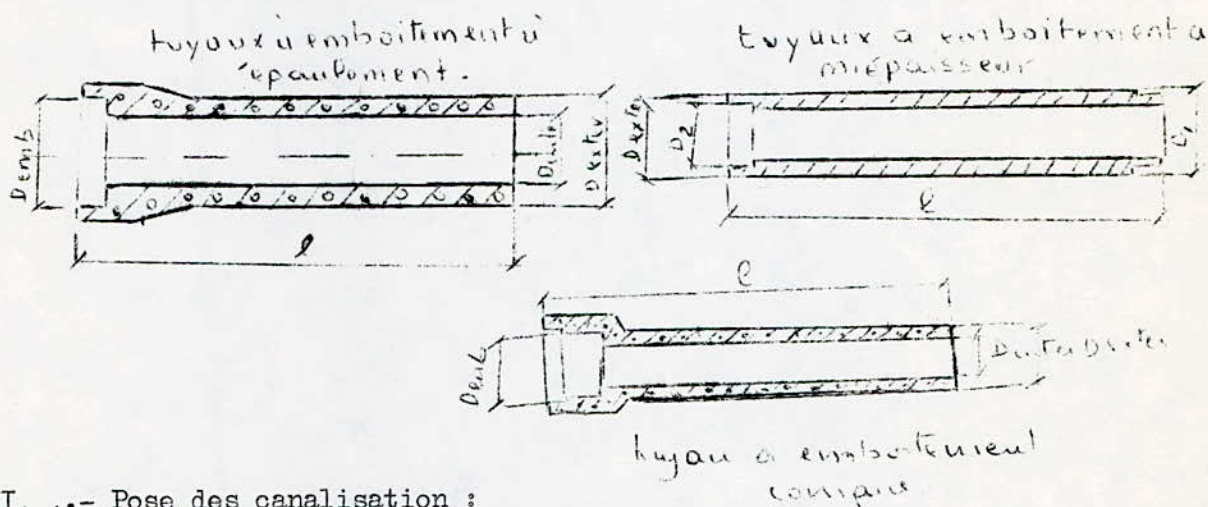


tronçon	pente radier	diamètre mm	$Q_{ps}$	$V_{ps}$	$r_Q$	$r_H = \frac{H}{H_{ps}}$	$rV = \frac{V}{V_{ps}}$	$H = \phi r_H$	$V_{max} = V_{ps} rV$	$\frac{I}{10}$ $Q = 0,6 V_{ps}$
1 - 2	0,002580	800	0,458	0,911	0,70	0,615	1,068	0,492	0,973	0,546
2 - 3	0,0114	800	0,963	1,916	0,63	0,58	1,05	0,464	2,011	1,149
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 :

#### III<sub>1</sub>.- 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<sub>1.1</sub>.- Pose des canalisation :

Lors de la pose des conduites ou doit respecter les points suivant :

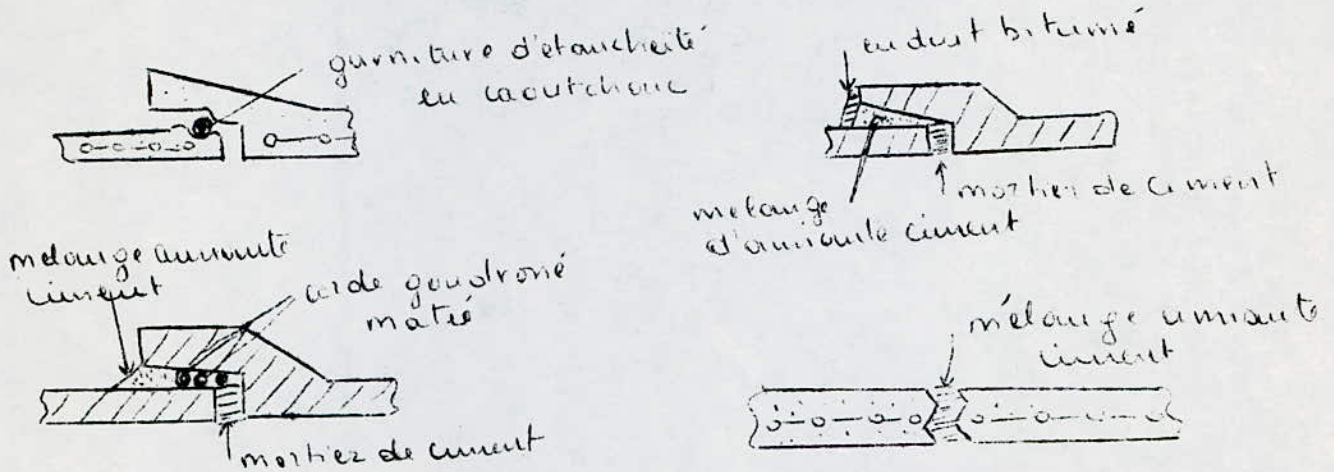
- Les canalisation doivent être disposés suffisamment bas par rapport à la canalisation d'eau potable, Gaz, électricité, etc...
- Influence des températures et l'énasement des véhicules (capacité portante)
- S'il existe l'embranchement doit être dirigé vers l'amont.
- Si le tronçon étudié présente un bon terrain les tuyaux seront posé sur une lit de sable.
- \* dans le cas ou le sol est mentale 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<sub>1.2</sub> - 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.



### III<sub>2</sub> - ouvrage Annexe :

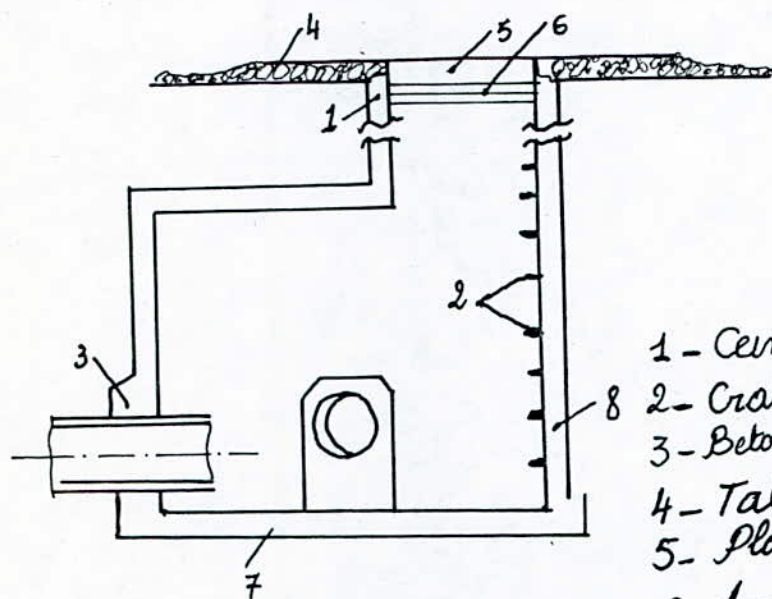
#### III<sub>2.1</sub> - Les regards de visite :

a.- Rôle: Il permettent l'accès au canalisation pour les curages et il assurent la ventilation des égouts.

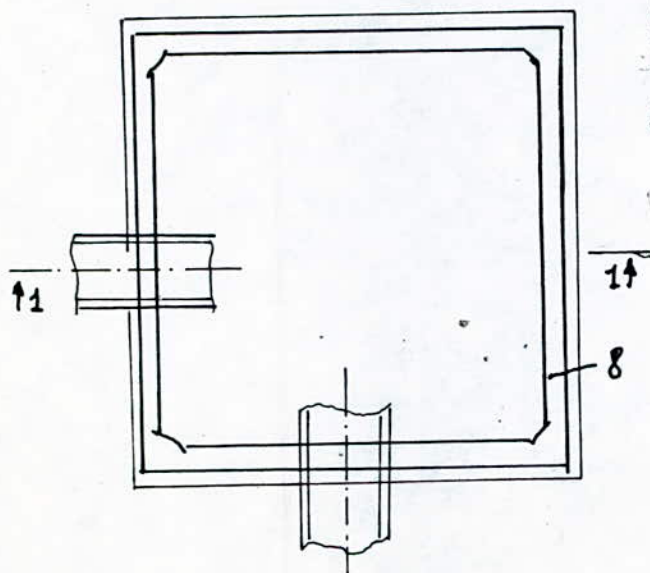
b.- emplacement : il sont installés ;

- 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

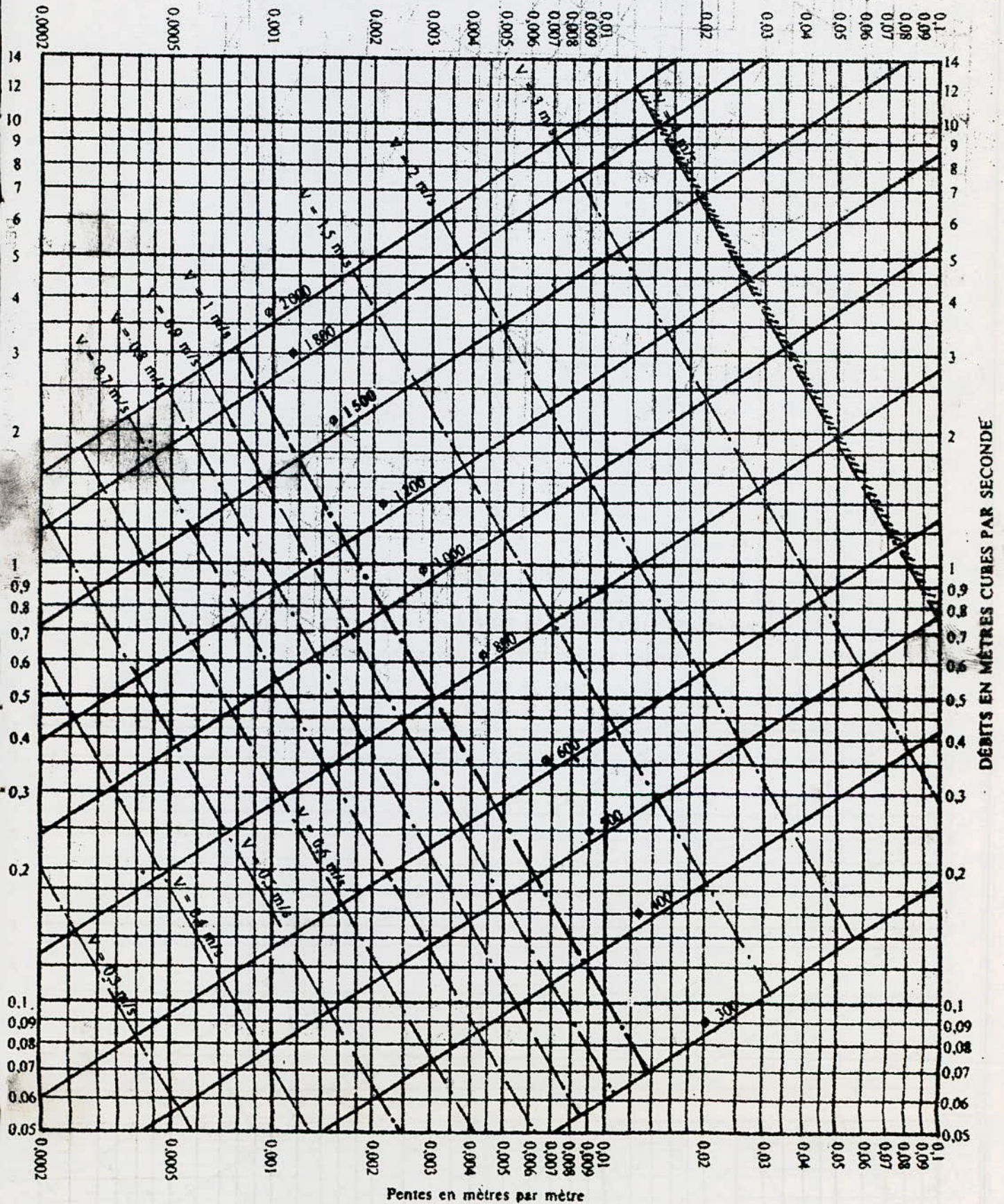


Regard rectangulaire.



# ANNEXE VII

## RÉSEAUX PLUVIAUX EN SYSTÈME UNITAIRE OU SÉPARATIF (Canalisations circulaires - Formule de Bazin)



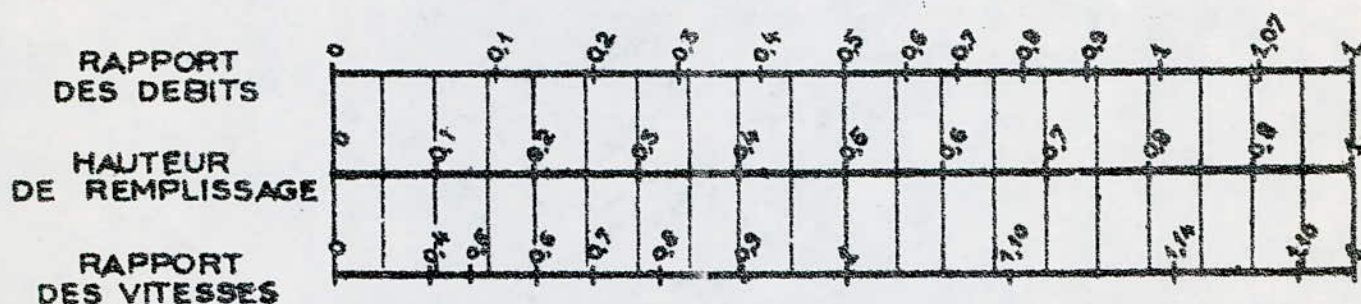


## ANNEXE X

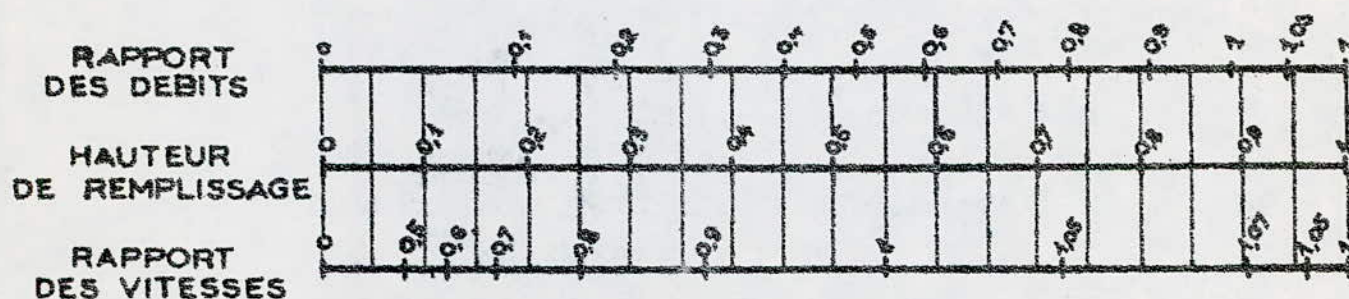
### VARIATIONS DES DÉBITS ET DES VITESSES EN FONCTION DE LA HAUTEUR DE REMPLISSAGE

(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



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

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-TII)

G; Gomela

