

وزارة التعليم والبحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

2ex

## ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : HYDRAULIQUE

### PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

A.E. R

La nouvelle zone urbaine  
"Les Platanes"

- SKIKDA -

2 PLANS

Proposé par :

D.H.W. SKIKDA

Etudié par :

S.ABDICHE  
M.BENANA

Dirigé par :

A.AKHONDOW



PROMOTION: JANVIER 1984



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

»O«

وزارة التعليم والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

»O«

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER

»O«

## DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

THEME

Alimentation en eau potable  
La nouvelle zone urbaine  
" Les Platanes " SKIKDA

Proposé par :

D. H. W. ( SKIKDA )

Etudié par :

S. ABDICHE  
M. BENANA

Dirigé par :

A. AKHOND OV

Promotion Janvier 1984

-0- REMERCIEMENTS -0-

Nous tenons à exprimer :

- Notre sincère reconnaissance et profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué à notre formation
- Nos remerciements à notre promoteur
- Notre respect aux membres du jury qui nous fera l'honneur d'apprécier notre travail

A. SAID

B. MOKHTAR

-o- DEDICACES -o-  
=o=o=o=o=o=o=

= ABDICHE Said =

= BEN N Mokhtar =

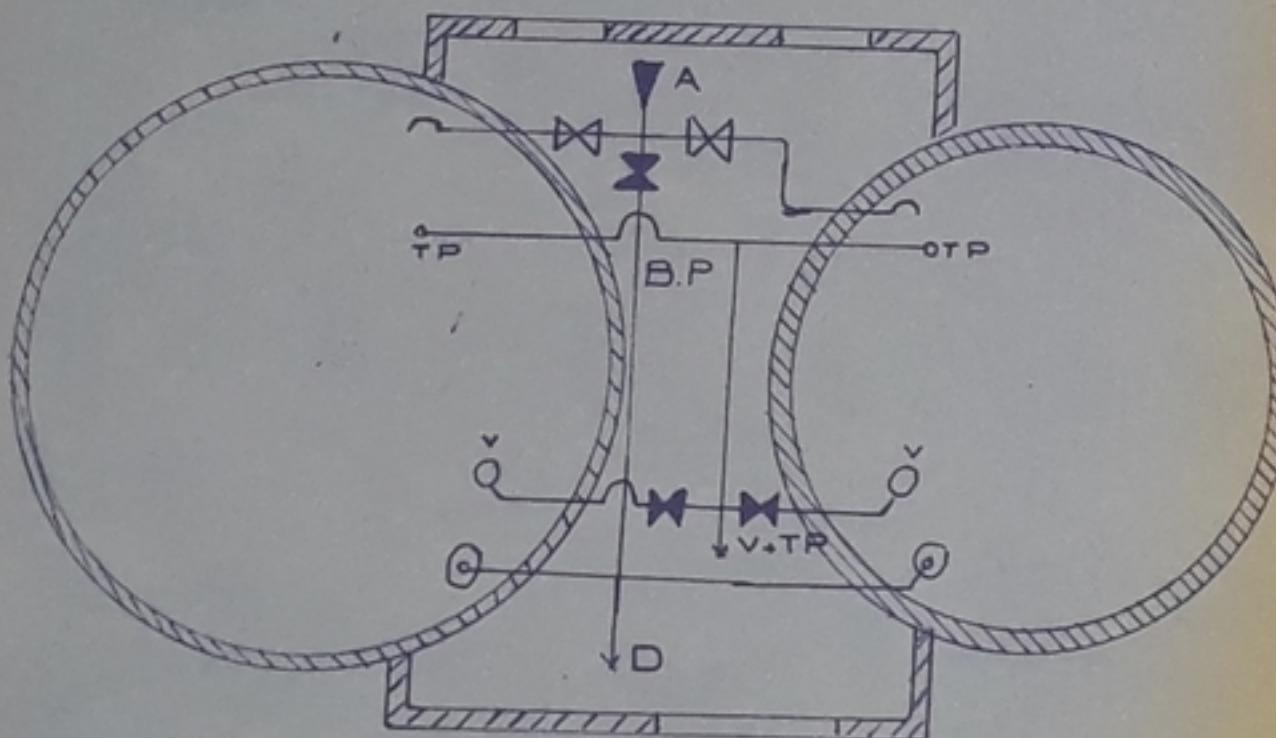
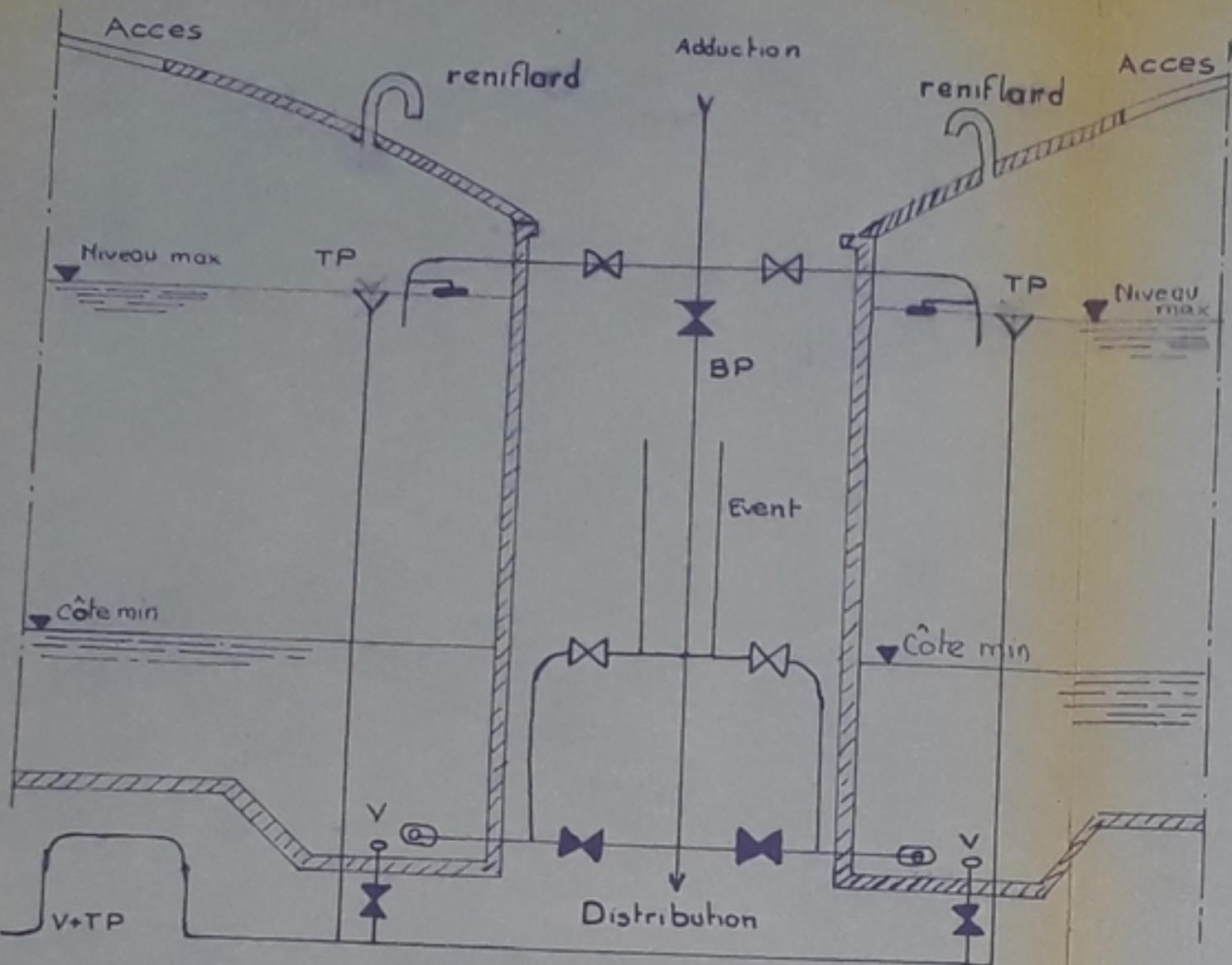
-o- TABLES DES MATIERES -o-  
—oo0—o—o—oo—

INTRODUCTION.....	PAGE .. . . . .	8
-1- Situation du problème et objet de l'étude . . . . .	8	
-2- Situation géographique et climatique . . . . .	8	
-3- Démographie . . . . .	8	
I-EVALUATION DES CONSOMMATIONS . . . . .		14
-1- Ressources . . . . .	14	
-2- Besoin en eau . . . . .	14	
-21- Dotation . . . . .	14	
-22- Etude de la variation des débits. . . . .	14	
II-DISTRIBUTION . . . . .		20
1- Présentation . . . . .	20	
2- Conception du réseau . . . . .	20	
3- Débits de soutirage . . . . .	20	
4- Méthode de calcul . . . . .	21	
5- Principe de calcul . . . . .	25	
6- Détermination du débit correctif . . . . .	26	
7- Equipement du réseau de distribution. . . . .	54	
III-RESERVOIRS . . . . .		56
1- Type de réservoirs & matériau . . . . .	56	
2- Capacité des réservoirs . . . . .	56	
3- Dimensionnement des cuves . . . . .	57	
4- Bâches de reprises . . . . .	57	
5- Côtes des radiers du réservoir . . . . .	58	
5-1- Principe de la méthode . . . . .	58	
5-2- Détermination du point le plus défavorable . . . . .	58	
5-3- Détermination des côtes piezométriques réelles et pression réelle . . . . .	58	
6- Equipement des réservoirs . . . . .	64	
7- Hygiène et sécurité. . . . .	64	
IV-ADDUCTION . . . . .		77
1- Choix du tracé . . . . .	77	
2- Type d'adduction . . . . .	78	
3- Matériau de la conduite . . . . .	78	
4- Etude économique . . . . .	78	
4-1- Diamètre économique (refoulement) . . . . .	79	
4-2- Choix du diamètre pour les adductions gravitaire . . . . .	79	
4-3- Bilan ou évaluation de chaque variante. . . . .	80	
V-POMPES . . . . .		91
1- Caractéristiques des pompes et de la conduite . . . . .	91	
2- Choix . . . . .	91	
3- Amorçage . . . . .	92	
.../...		

4- Etude de la cavitation	92	
5- Rognage	92	
<u>VI- PROTECTION CONTRE LE COUP DE BELIER</u>	96	
1- Etude du phénomène	96	
2- Causes et effets	96	
3- Moyen de protection	96	
4- Interpretation physique du phénomène	98	
5- Méthodologie et calculs.	99	
6- Calcul	99	
a - Adduction gravitaire	104	
b - Adduction par refoulement	104	
1- Généralité	108	
2- Principe de calcul	108	
3- Calcul	115	
4- Dimensionnement des réservoirs d'air.	115	
<u>VII- PROTECTION DE LA CONDUITE CONTRE LA CORROSION</u>	117	
A - <u>Corrosion interne</u>		117
1- Généralité	117	
2- Lutte contre la corrosion	117	
B - <u>Corrosion externe</u>		117
1- Généralité	117	
2- Corrosion par formation de pile	117	
3- Corrosion par suite d'influence d'une source électrique extérieure.	117	
C - <u>Lutte contre la corrosion externe</u>		118
1- Protection par Anode Reactive	118	
2- Protection Cathodique par soutirage de courant.	118	
<u>VIII- POSE DES CONDUITES</u>	120	
<u>IX- AUTOMATISATION</u>	122	

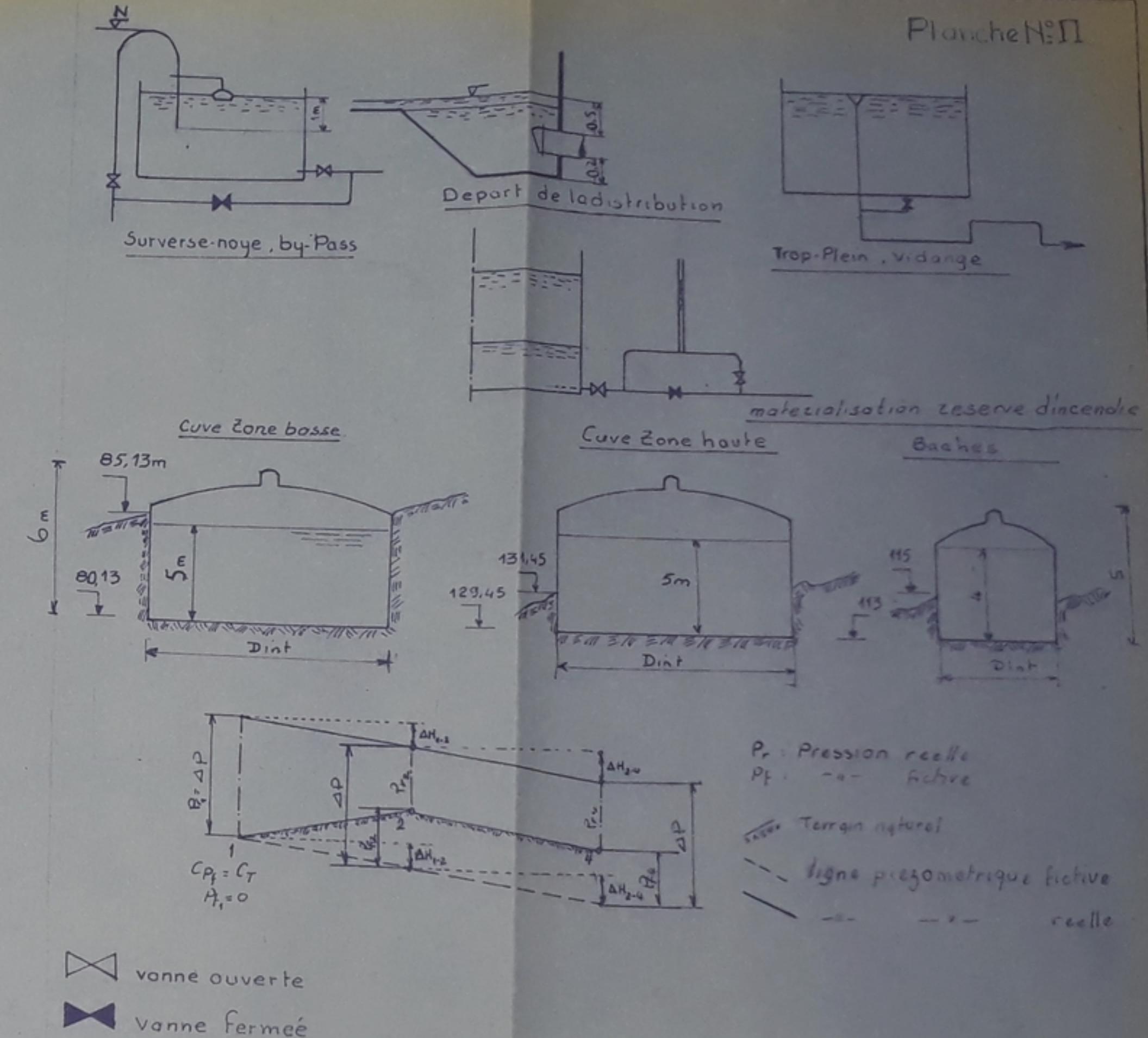
- NOMENCLATURE DES PLANCHES -

<u>Numéro</u>	<u>Titre</u>	<u>Pages</u>
II.	Configuration générale du réseau de distribution .....	53
III.	Equipements et dimensions des Réservoirs.....	65
III.	Schématisation des variantes d'Adduction.....	76
IV.	Station de Pompage.....	93
V.	Point de fonctionnement des Pompes..... Station I	94
VII.	Point de fonctionnement des Pompes Station II.....	95
VII.	Epure de BERGERON pour le calcul du Coup de Bélier Adduction gravitaire Tronçon R.M.C.- R.H.P. ....	101
VIII.	Epure de BERGERON pour le calcul du Coup de Bélier Adduction gravitaire Tronçon R.H.P.-R.B.P. ....	103
IX.	Coefficient des pertes de charge dans une Tuyère.....	105
X.	Schéma et dimensions des Réservoirs d'air.....	106
XI.	Epure de BERGERON pour le calcul du Coup de Bélier Cas de l'arrêt du groupe Tronçon S.T. - B.R.....	110
XII.	Epure de BERGERON pour le calcul du coup de Bélier Cas de l'arrêt du groupe Tronçon B.R.- R.M.C. ....	113
XIII.	Corrosion des conduites et leur protection.....	119
XIV.	Pose des conduites.....	121
XV.	Schéma d'un ensemble d'arrêt automatique du groupe.....	123
XVI.	Automatisation des Stations de Pompage : schéma électrique...	125



PH 008 84

Avant f. 67



EQUIPEMENTS & DIMENSIONS DES RESERVOIRS

## TABLEAUX

Numéro	TITRES	Pages
I	Tableau des populations .....	10
2	Tableau des équipement zone haute .....	11
3	Tableau des équipement zone basse .....	12
4	Tableau des équipement zone haute & basse .....	13
5	Tableau des dépotations .....	15
7	Tableau des besoins en eau zone basse .....	17
8	Tableau des besoins en eau zone haute .....	18
9	Tableau des besoins en eau zone globale .....	19
10	Tableau des soutirages réseau A ; .....	22
II	TABLEAU des soutirages réseau B .....	23
I2	Tableau des soutirages réseau C .....	24
I3	Tableau des calculs du réseau maille A85 .....	31
I4	//    //    //    //    A2000 .....	33
I5	//    //    //    //    A2000 + incendie .....	35
I6	Tableau des calculs du réseau maille B85 .....	38
I7	//    //    //    //    //    B 2000 .....	41
I8	//    //    //    //    //    B 2000 + incendie ..	43
I9	Tableau des calculs du réseau maille C 85 ..	46
20	//    //    //    //    //    C 85 + incendie ..	48
21	//    //    //    //    //    C 2000 .....	51
22	//    //    //    //    //    C2000 + incendie ..	59
23	Capacité des réservoirs de la zone haute .....	60
24	//    //    //    zone basse .....	61
25	CALCUL des capacités de la bache de reprise & du RÉSERVOIR de mise en charge .....	61
26	PRESSIONS aux noeuds RESEAU A85 .....	68
27	"    "    "    RESEAU A2000 .....	69
28	"    "    "    RESEAU A2000 + incendie .....	70
29	"    "    "    RESEAU B85 .....	71
30	"    "    "    RESEAU B2000 .....	72
31	"    "    "    RESEAU B2000+ incendie .....	73
32	"    "    "    RESEAU C 85 .....	74
33	"    "    "    RESEAU C85 + incendie .....	75
34	"    "    "    RESEAU C2000 .....	76
35	"    "    "    RESEAU C2000 + incendie .....	77
36	Frais d'exploitation & d'investissement TRONCON ST-BR .....	84
37	"    "    "    "    TRONCON BR-RMC ...	85
38	Bilan de la variante A .....	86
39.	Frais d'exploitation & d'investissement TRONCON ST-BR .....	87
40	"    "    "    "    TRONCON RBP-RHP ...	88
41	Bilan de la variante B .....	89
42	Valeur du coup de bélier (ARRET DU GROUPE à ST-BR, ....	111
43	"    "    "    "    BR- RMC ....	114

## -- INTRODUCTION --

1) SITUATION DU PROBLEME ET OBJET DE L'ETUDE :

Confrontée comme toutes les villes d'Algérie aux phénomènes d'accroissement naturel (devenu Chef Lieu de Wilaya) Skikda doit être réamenagée et prendre une extention rapide, limitée en superficie par :

- Au sud-Ouest : le Massif de Collo.
- A l'Est : la Daïra de Collo.
- Au Nord : La Mer Méditerranée.

Le choix fut donc portée sur un territoire située au Nord-Est après la Cité Larbi Ben M'Hidi et sera limité par DJEBEL FIL-FILA.

Cette zone se présente sous la forme de trois plateaux (I, II, III) séparés respectivement par des Oueds.

Il est à noter que la présente étude ne portera que sur le plateau I. Ce dernier est délimité par :

- Au Nord : La Mer et le C W 18.
- A l'Est : Oued Rhira.
- A l'Ouest: Oued El-Gatt.
- Au Sud : Le C W 12.

Toutefois il faut préciser que les conditions topographiques favorisent une extention vers le sud (au dessus du C W 12). Il est à noter que le site présente une denivellation importante nécessitant une distribution étagée.

\* Le Village existant " Les Platanes" est équipé d'un reseau d'AEP (ramifié) composé par :

- un réservoir d' une capacité de  $200m^3$  situé à une côte de 68,5 mètres, réservoir exclu de cette étude du fait de sa vétusteté (fissuré).

Les ressources en eau sont assurées par: deux puits et une source. L'ensemble de ces équipements datant de la même époque du réservoir, leur apport a été négligé dans cette étude à cause du très faible débit ainsi que l'état actuel qu'il présente (aucune prévision de réfection )

2) SITUATION GEOGRAPHIQUE ET CLIMATIQUE /

La ville de SKIKDA est située sur le littoral à l'Est de l'ALGERIE son climat est du type méditerranéen (tempéré)

3) DEMOGRAPHIE :

A l'année de base (date de livraison) la population est estimée à 40.578 habitants .La population future a été déterminée moyennant la formule des enterets composés :

$$P_n = P_0(1 + \gamma)^n$$

$P_0$  :population de l'année de base ,  $P_0 = 40.578$  habitants

$\gamma$ :taux d'accroissement de la population, ce taux sera celui de la moyenne nationale,  $\gamma = 3,5\%$

P<sub>n</sub> : population pour l'horizon considéré

n : nombre d'années séparant les deux horizons considérés

Cet écart est déterminé en prenant compte du fait que toute la superficie viabilisable est saturée n= 15 ans )

$$P_{15} = 40.578(1+0,035)^{15} \approx 67.981 \text{ habitants}$$

Cette population est à répartir sur la totalité de la superficie viabilisable (Zone d'extension comprise).

Afin de déterminer les besoins en eau de la population future pour chaque zone de pression, ne pouvant quantifier la population de chaque zone, nous sommes contraint de répartir cette population uniformément sur les 2 zones de pressions (voir tableau n° I)

NOTE: La zone de basse pression ne pouvant s'étendre (manque de superficie) tous les équipements (scolaires, socio-culturels, sanitaires) que nécessite l'accroissement de sa population seront prévus en zone haute (voir Tab n°2,3,4)

## TABLEAU DES POPULATIONS

	Horizon 1985	Horizon 2000
--	--------------	--------------

## ZONE HAUTE

Superficie (ha)	40,14 Reseau C	81,75 Reseau C + Extension
Densité (hab/ha)	383,86 "	383,645 "
Population (hab)	15408 "	31363 "

## ZONE BASSE

Superficie (ha)	50,13 Reseau A 53,26 Reseau B	50,13 Reseau A 53,26 Reseau B
Densité (hab/ha)	266,55 " 221,70 "	387,79 " 322,53 "
Population (hab)	13362 " 11808 "	19440 " 17178 "

## ZONE HAUTE et BASSE

Superficie (ha)	-	-
Densité (hab/ha)	-	-
Population (hab)	40578	67981

Tableau N°2

## TABLEAU DES EQUIPEMENTS

## ZONE BASSE

TYPE SCOLAIRE	Designations	Horizons	
		1985	2000
SCOLAIRE	I.A.P	1200 Places	-
	E.N.S.E.P	600 "	-
	Lycee	960 "	-
	C.F.P	1100 "	-
	C.E.M	2520 "	-
	Ecole fondamentale	4480 "	-
	Jardin d'enfants	690 "	-
SANITAIRE	Dispensaire	2360 m <sup>2</sup>	-
	Polyclinique	250 Lits	-
	Pharmacie	590 m <sup>2</sup>	-
	Creche	420 Places	-
SOCIO- CULTUREL	MOSQUEE	500 m <sup>2</sup>	-
	Cinema - Theatre	700 m <sup>2</sup>	-
	Bibliothèque - Centre Cult	2938 m <sup>2</sup>	-
COMMERCE SERVICE	Galerie - Marché	4500 m <sup>2</sup>	-
	Petit Commerce	7100 m <sup>2</sup>	-
	Hôtel	400 Lits	-
	Service	6050 m <sup>2</sup>	-
	Hammam	1200m <sup>2</sup>	-
DIVERS	Centre de Colonie de vac	300 collons	-
	Terminus d'autobus		-
	Aire de Sport	1600 m <sup>2</sup>	-
	Station de Lavage		-

Tableau N°3

TABLEAU DES EQUIPEMENTS

ZONE HAUTE

TYPE	Designations	Horizons	
		1985	2000
SCOLAIRE	—	—	—
	—	—	—
	—	—	—
	—	—	—
	CEM	2000 Places	5030 Places
	Ecole Fondamentale	3640 "	9120 "
	Jardin d'enfants	300 "	970
SANITAIRE	Dispensaire	1440 m <sup>2</sup>	4000 m <sup>2</sup>
	Polyclinique	150 lit	420 lit
	Pharmacie	360 m <sup>2</sup>	1000m <sup>2</sup>
	Crèche	140 Places	520 Places
SOCIO-CULTUREL	MOSQUEE	1724 m <sup>2</sup>	3230 m <sup>2</sup>
	Cinema - Théâtre	1524 m <sup>2</sup>	1524 m <sup>2</sup>
	Bibliothèque - Centre Cult	4020 m <sup>2</sup>	7220 m <sup>2</sup>
COMMERCE ET SERVICE	Galerie Marché	4785 m <sup>2</sup>	11060 m <sup>2</sup>
	Petit Commerce	4350 m <sup>2</sup>	42400
	Hôtel	200 lit	200 lit
	Service	16900 m <sup>2</sup>	16900 m <sup>2</sup>
	Hammam	1900 m <sup>2</sup>	1900 m <sup>2</sup>
DIVERS	Centre de Colonie de vac		
	Terminus		
	Aire de Sport	1600 m <sup>2</sup>	1600 m <sup>2</sup>
	Station de Lavage		

## TABLEAU DES EQUIPEMENTS

## ZONE BASSE et HAUTE

		Horizons	
TYPE	Designations	1985	2000
	I.A.P	1200 Places	1200 Places
SCOLAIRE	E.N.S.E.P	600 Places	600 "
	Lycee	960 "	960 "
	C.F.P	1100 "	1100 "
	C.E.M	4520 "	7550 "
	Ecole Fondamentale	8120 "	13600 "
	Jardin d'enfants	990 "	1660 "
SANITAIRE	Dispensaire	3800 m <sup>2</sup>	6360 m <sup>2</sup>
	Polyclinique	400 Lits	670 Lits
	Pharmacie	950 m <sup>2</sup>	1590 m <sup>2</sup>
	Creche	560 Places	940 Places
SOCIO - CULTUR	MOSQUEE	2224 m <sup>2</sup>	3730 m <sup>2</sup>
	Cinema - Theatre	2224 m <sup>2</sup>	2224 m <sup>2</sup>
	Bibliothèque - Centre Cult	6958 m <sup>2</sup>	10150 m <sup>2</sup>
COMMERCE SERVICE	Galerie - Marché	9285 m <sup>2</sup>	15560 m <sup>2</sup>
	Petit Commerce	11448 m <sup>2</sup>	19200 m <sup>2</sup>
	Hotel	600 Lits	600 Lits
	Service	24950 m <sup>2</sup>	24950 m <sup>2</sup>
	Hammam	3100 m <sup>2</sup>	3100 m <sup>2</sup>
DIVERS	Centre de Colonie de Vac	300 collons	300 collons
	Terminus d'autobus		
	Aire de Sport	32000 m <sup>2</sup>	32000 m <sup>2</sup>
	Station de Lavage		

## 1- RESSOURCES :

La ville de Skikda et la zone industrielle sont alimentées par la station de traitement de Hamadi-Krouma, cette dernière est capable de traiter un débit nominal de  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  soit  $3600 \text{ m}^3/\text{h}$  mais actuellement et du fait du sous-dimensionnement de l'adduction la reliant au barrage de ZERDEZAS, elle ne travaille qu'au  $2/3$  de ces capacités réelles soit un débit de  $2400 \text{ m}^3/\text{h}$  : débit suffisant pour la ville et la zone industrielle.

Mais avec l'adduction prévue à partir du barrage d'OUM-TOUB le débit de  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  sera traité et il est donc possible de prévoir l'alimentation de la nouvelle zone urbaine des Platanes à partir de la Station de Hamadi-Krouma.

## 2- BESOINS EN EAU :

### 2.1 Dotation :

Tenant compte de l'évolution des moeurs et du niveau de vie nous pouvons retenir le principe d'une dotation croissante appropriée à ces exigences donc:

- Horizon 1985 : Pour une population de 40.578 Hab nous préconisons une dotation de 200 l/j/hab.

- Horizon 2000 : Pour une population de 67.981 hab nous préconisons une dotation de 250 l/j/hab.

Note : Pour les dotations des équipements (voir tab n°5)

### 2.2 Etude des variations des débits :

Ces besoins seront calculés pour les deux horizons.

Consommation moyenne journalière :

Horizon 1985 :  $10836,56 \text{ m}^3/\text{j} = (6696,04 + 4140,52)$ .

Horizon 2000 :  $20950,51 \text{ m}^3/\text{j} = (10816,54 + 10133,97)$ .

N.B: Sachant que pour des réseaux bien entretenus les pertes d'eau dans celui-ci sont estimées à 15% donc il y a lieu de les majorer par un coefficient tenant compte des pertes  $K_{fuite} = 1,15$

soit:

Horizon 1985 :  $12.462,04 \text{ m}^3/\text{j} = 519,25 \text{ m}^3/\text{h}$

Horizon 2000 :  $24.093,09 \text{ m}^3/\text{j} = 1003,885 \text{ m}^3/\text{h}$

Ce débit ( $1003,885 \text{ m}^3/\text{h}$ ) étant approximativement évalué au  $1/3$  de la production de la station on peut affirmer qu'avec la nouvelle adduction, déjà citée, ces besoins seront satisfaits en l'horizon 2000.

Le débit moyen journalier sera sujet à deux variations:

-Variation journalière ( $K_j$ )

-Variation horaire ( $K_o$ )

En raison de ces variations et afin d'éviter une perte de charge dans le réseau (perte de pression) suite au sous-dimensionnement de celui-ci il y a lieu d'appliquer au débit moyen un coefficient de majoration afin d'obtenir un débit de pointe:

$$Q_p = Q_m \times K_p = Q_m \times K_j \times K_o$$

## TABLEAU DES DOTATIONS

TYPE	Designations	HORIZONS	
		1985.	2000
Popu	Habitants	200 €/hab/J	250 €/hab/J
Scol	Elèves	100 €/él/J	—
SANITAIRE	Polyclinique	300 €/lit/J	—
	Pharmacie + Dispensaire	5 €/m²/J	—
	Crèche	100 €/enf/J	—
SOCIO-CULT	Mosquée	30 €/m²/J	—
	Cinema théâtre	5 €/m²/J	—
	Bibliothèque-Centre Cultural	5 €/m²/J	—
COMMERCE SERVICE	Galerie Marché	5 €/m²/J	—
	Petit Commerce	5 €/m²/J	—
	Hôtel	150 €/lit/J	—
	Service	2 €/m²/J	—
	Hammam	60 €/m²/J	—
DIVERS	Centre Colonie de Vac	100 €/pl/J	—
	Station de lavage	30 m³/J	60 m³/J
	Terminus d'autobus	10 m³/J	—
	Aire de Sport	5 €/m²/J	—

$Q_{j\max}$ : débit moyen journalier : ce débit est obtenu en majorant le débit moyen journalier par un coefficient tenant compte des variations journalières.

$$Q_{j\max} = Q_{jmoy} \times K_j$$

Le débit max horaire est obtenu en majorant le débit moyen horaire par un coefficient tenant compte des variations horaires

$$Q_{\max} = Q_{moy} \times K_o$$

Les ouvrages de A.DUPONT et C.GOMELIA préconisent :

$$1,5 \leq K_j \leq 4,3$$

$$K_o = 2; 2,4; 3$$

Pour une ville de cette importance nous prendrons comme coefficient :

$$K_j = 1,2$$

$$K_o = 2$$

$$\text{donc } K_p = K_j \times K_o = 1,2 \times 2 = 2,4$$

Les débits de pointe pour les horizons seront :

$$\text{Horizon 1985 : } Q_p = 0,144 \times 2,4 = 0,346 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Horizon 2000 : } Q_p = 0,2789 \times 2,4 = 0,66930 \text{ m}^3/\text{s}$$

## TABLEAU DES BESOINS EN EAU

## ZONE BASSE

TYPE	Designations	Horizons	
		1985 [m <sup>3</sup> /J]	2000 [m <sup>3</sup> /J]
Popu	Habitants	5034,0	9154,50
SCOLAIRE	I.A.P	120,0	
	E.N.S.E.P	60,0	
	Lycée	96,0	
	C.F.P	110,0	
	C.E.M	252,0	
	Ecole fondamentale	448,0	
	Jardin d'enfants	69,0	
	$\Sigma =$	1155,0	
SANITAIRE	Dispensaire	11,80	
	Polyclinique	75,0	
	Pharmacie	2,95	
	Crèche	42,0	
	$\Sigma =$	131,75	
SOCIO CULTUR	MOSQUEE	15,00	
	Cinema - Théâtre	3,50	
	Bibliothèque - Centre Cultu	14,69	
	$\Sigma =$	33,19	
COMMERCE SERVICE	Galerie - Marché	22,50	
	Petit Commerce	35,50	
	Hôtel	60,0	
	Service	12,10	
	Hammam	72,0	
	$\Sigma =$	202,10	
DIVERS	Centre de Colonie de Vac	30,0	
	Terminus d'autobus		
	Aire de Sport	80,0	
	Station de lavage	30,0	
		140,0	

## Tableau N°7

## TABLEAU DES BESOINS EN EAU

## ZONE HAUTE

		Horizons	
		1985 [m <sup>3</sup> /J]	2000 [m <sup>3</sup> /J]
SCOLAIRE	Habitants	3081,60	7840,75
	I.A.P		
	E.H.S.E.P		
	Lycee		
	C.F.P		
	C.E.M	200,00	503,00
	Ecole Fondamentale	364,00	912,00
SANITAIRE	Jardin d'enfants	30,00	97,00
		$\Sigma =$ 594,00	1512,0
	Dispensaire	7,20	40,0
	Polyclinique	45,0	126,0
	Pharmacie	1,80	5,0
SOCIO - CULTURE	Creche	14,0	52,0
		$\Sigma =$ 68,0	223,0
	MOSQUEE	51,72	96,90
	Cinema - Theatre	7,62	7,62
COMMERCE SERVICE	Bibliothèque - Centre Cultu	20,10	36,10
		$\Sigma =$ 79,44	140,62
	Galerie - Marche	23,93	55,30
	Petit Commerce	21,75	60,50
	Hotel	30,00	30,00
	Service	37,80	37,80
DIVERS	Hammam	114,00	114,00
		$\Sigma =$ 227,48	297,60
	Centre de Colonie de Vac		
	Terminus d'autobus	10,00	10,00
	Aire de Sport	80,00	80,00
	Station de lavage		30,00
		$\Sigma =$ 90,0	120,0

## TABLEAU DES BESOINS EN EAU

ZONE BASSE et HAUTE			
TYPE	Designations	Horizons	
		1985 [m³/J]	2000 [m³/J]
Popu	Habitants	8115,6	16995,25
SCOLAIRE	I.A.P	120,0	120,0
	E.N.S.E.P	60,0	60,0
	Lycée	96,0	96,0
	C.F.P	110,0	110,0
	C.E.M	452,0	755,0
	Ecole Fondamentale	812,0	1360,0
	Jardin d'enfants	99,50	166,0
	$\Sigma =$	1749,0	2667,0
SANITAIRE	Dispensaire	19,0	51,80
	Pôyclinique	120,0	201,0
	Pharmacie	4,75	7,95
	Crèche	56,0	94,0
	$\Sigma =$	199,75	354,75
SOCIO CULTUR	MOSQUEE	66,72	110,8
	Cinema - Théâtre	11,12	11,12
	Bibliothèque - Centre Cultu	34,79	50,79
	$\Sigma =$	112,63	173,81
COMMERCE SERVICE	Galerie - Marché	46,43	77,8
	Petit Commerce	57,24	96,0
	Hôtel	90,0	90,0
	Service	49,90	49,90
	Hammam	186,0	186,0
	$\Sigma =$	429,57	499,7
DIVERS	Centre de Colonie de Vac	30,0	30,0
	Terminus d'autobus	10,0	10,0
	Aire de Sport	160,0	160,0
	Station de lavage	30,0	60,0
	$\Sigma =$	230,0	260,0

8 -> III DISTRIBUTION

1-PRESENTATION :

La nouvelle zone urbaine "les Platanes" occupe une superficie de 203 ha qui se subdivise en :

Zône haute : au préalable cette zone s'étend sur 42 ha mais avec l'extension prévue elle occupera une surface globale de 83 ha.

Zône basse : n'ayant aucune possibilité de s'étendre sa superficie est de 120 ha (y compris IAP et ENSEP )

2- CONCEPTION DU RESEAU :

Plusieurs facteurs ont influencé la conception du réseau :

- Plan d'urbanisme

- Topographie des lieux (zônes base et haute)

- Le souci d'assurer un service souple et régulier

- Assurer une pression au sol répondant aux normes

Toutes ces considérations nous ont amené à opter pour un réseau maillé du type étagé.

- RESEAU BASSE PRESSION :

Par mesure d'économie et après un premier calcul (écart de pression important dans les réseaux) il s'est avéré nécessaire de le diviser en deux :

Réseau A

Réseau B

Ces deux réseaux sont alimentés séparément d'un même réservoir et seront reliés entre eux par une conduite murée d'une vanne formée en fonctionnement normal, celle ne sera ouverte qu'en cas de défaillance d'une des deux conduites maîtresses alimentant les réseaux, en cas d'intervention au niveau du réservoir (entretien ou réparation) nécessitant un vidange complet de ce dernier; il y a lieu de prévoir une jonction du réseau haute pression avec chacun des deux réseaux basse pression même si ce dernier est muni d'un by-pass (cette précaution est nécessaire).

- RESEAU HAUTE PRESSION :

Le réseau sera alimenté par un réservoir disposé d'une manière à assurer une pression nécessaire pour l'extinction ; Remarquons que pour ce réseau, en cas de défaillance de la conduite maîtresse, seules les régions situées à proximité de la zone basse pression peuvent être alimentées .

N.B: Afin de vérifier les pressions au sol l'étude des réseaux est faite pour :

Horizon 2000

Horizon 2000 + Incendie

Horizon

3-DEBITS DE SOUTIRAGES:

Hypothèses

- Chaque réseau ( A, B et C ) est caractérisé par une densité uniforme :
- Tous les soutirages se font au niveau de chaque noeud
- Chaque noeud dessert la surface délimitée par les médiatrices des tronçons qui le composent

METHODE

- Les aires des surfaces délimitées par les médiatrices sont déterminées par planimétrage.
- Etant donné (voir hypothèses) que chaque réseau possède une densité propre et connaissant la superficie que dessert chaque noeud nous déduisons la population rattachée à chaque noeud.

$$P_i = d \times S$$

P : Population (hab)

d : Densité (Hab/ha)

S : Superficie (ha)

- Détermination du débit spécifique

a partir de la consommation journalière moy diminuée des quantités suivantes

(1)

Zone basse : Consommation journalière ENSEP

Consommation journalière I.A.P

Zone haute : Consommation Centre Urbain.

Car les consommations seront directement ajoutées au noeud qui les dessert.

On déduit le débit spécifique à chaque habitant débit qui sera majoré par le coefficient de pointe ( $K_p = 2,4$ )

$$Q_{sp} = \frac{Q_m}{P} \times K_p$$

P : Population

$K_p$ : Coefficient de pointe

Qj: Débit journalier Moyen (l/s).

Connaissant la population desservie par chaque noeud , le débit spécifique à chaque zone et horizons nous déduisons les débits soutirés à chaque noeud :

$$Q_n = Q_{sp} \times P_i$$

(  $Q_n$  : débit normal )

(1) on a eu recours à ce procédé afin d'avoir une uniformisation des densités et comme les consommations relatives à chaque noeud sont connues, les soutirages de ces trois centres (I.A.P ; ENSEP; CU) se feront sur les Noeuds qui desservent leurs zones d'influence soit respectivement (4,2,5,9).

Pour les valeurs voir tableaux suivants (Tab 9,10,11).

#### 4 - METHODES DE CALCUL :

Le calcul est conduit par approximations successives selon la méthode de HARDY-CROSS. Cette méthode repose sur deux lois fondamentales:  
1ère Loi : En chaque noeud du réseau la somme des débits rentrants est égale à la somme des débit sortants.

2ème Loi : Dans un contour orienté et fermé la somme algébrique des pertes de charges est nulle.

# DEBITS DE SOUTIRAGES

RESEAU : A'

N° NOEUDS	SURFACES ha	Horizons: 1985		Horizons: 2000	
		habitants	Soutirages Lls	habitants	Soutirages Lls
1	6,22	1658	13,439	2412	23,142
2	4,09	1090	8,835	1586	15,217
3	2,39	637	7,080	927	10,811
4	3,39	904	7,328	1315	12,617
5	5,56	1482	12,013	2156	20,686
6	8,01	2135	17,306	3106	29,801
7	4,74	1263	10,238	1838	17,635
8	5,98	1594	12,921	2319	22,250
9	5,46	1455	11,794	2117	20,312
10	4,29	1143	9,265	1664	15,966

Remarque: le noeud 3, son Soutirage est composé de :

$$\begin{array}{ll}
 H_{1985} : & IAP = 1,917 \quad H_{2000} : 1,917 \\
 & Pop : 5,163 \quad Pop : 10,894 \\
 & \hline
 & \Sigma = 7,080 \quad \Sigma = 10,811
 \end{array}$$

DEBITS DE SOUTIRAGES  
RESEAU "B"

NOEUDS	SURFACES $h^2$	Horizons: 1985		Horizons: 2000	
		habitants	Soutirages $\frac{L/s}{L/s}$	habitants	Soutirages $\frac{L/s}{L/s}$
1	6,15	1363	11,048	1984	19,036
2	3,39	752	6,096	1093	10,487
3	2,00	443	10,172	645	12,77
4	3,83	849	8,799	1235	13,766
5	3,89	863	4,134	1255	12,041
6	4,00	887	2,861	1290	12,377
7	3,90	865	7,012	1258	12,070
8	3,24	718	5,820	1045	10,026
9	2,00	443	2,983	645	6,189
10	3,15	698	7,575	1016	11,665
11	8,12	1800	14,590	2619	25,129
12	3,59	896	3,469	1157	18,030
13	6,00	1330	10,781	1935	18,566

Remarque: Les noeuds 3,4,10 auront un soutirage composé de :

3:  $3,591 + 6,581$  : (pop + Lycée)

3:  $6,189 + 6,581$

4:  $6,882 + 1,917$  : (pop + IAP)

4:  $11,849 + 1,917$

10:  $5,658 + 1,917$  : (pop + ENSEP)

10:  $9,748 + 1,917$

# DEBITS DE SOUTIRAGES

RESEAU C'

N° NOEUDS	SURFACES ha	Horizons: 1985		Horizons: 2000	
		habitants	Soutirages Lls	habitants	Soutirages Lls
1	3,84	1474	11,948		
2	6,10	2342	18,984		
3	4,56	1749	14,185	1749	16,781
4	4,20	1612	13,067	1611	15,457
5	1,51	579	4,701	579	5,555
6	7,02	2693	21,845	2693	25,839
7	2,88	1105	8,965	1105	10,602
8	Centre Urbain	-	4,919	-	4,919
9	2,55	979	7,936	979	9,384
10	1,91	733	5,942	733	7,033
11	5,57	2137	17,330	2137	20,504
1	7,12			2732	26,213
2	6,14			2662	25,541
12	7,74			2969	28,487
13	6,59			2528	24,255
14	7,62			2923	28,045
15	6,54			2509	24,073
16	3,12			1197	11,485
17	5,88			2256	21,646

## 5- PRINCIPE DE CALCUL :

Ce calcul consiste à se fixer dans chaque maille une répartition supposée des débits, ainsi qu'un sens d'écoulement ( sens des aiguilles d'une montre ) de manière à satisfaire la première loi et calculer les pertes de charges dans chacun des tronçons qui composent la maille .

La perte de charges le long d'une conduite est exprimée par la formule de Darcy - WEISBACH

$$H_{\text{Total}} = \Delta H_{\text{Linéaire}} + \Delta H_{\text{Singulière}}$$

$$\Delta H_T = \Delta H_L + \Delta H_S$$

$$\Delta H_L = (f_c \cdot L_g) = f_c \cdot \frac{v^2}{2gD} L_g$$

$\Delta H_S$  est évalué à 15% des pertes de charges linéaires

$$\Delta H_S = 0,15 \Delta H_L = 0,15 \cdot \frac{L_g \cdot f_c \cdot v^2}{2gD}$$

$$\Delta H_T = \Delta H_L + \Delta H_S = \frac{L_g \cdot f_c \cdot v^2}{2gD} + 0,15 \frac{L_g \cdot f_c \cdot v^2}{2gD} = 1,15 \frac{L_g \cdot f_c \cdot v^2}{2gD}$$

en exprimant la vitesse en fonction du débit d'après l'équation de Continuité

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad \text{d'où} \quad V^2 = \frac{16Q^2}{\pi^2 D^4}$$

$$\text{On aura} \quad \Delta H_T = 1,15 \cdot L_g \cdot \frac{f_c \cdot 8Q^2}{\pi^2 D^5 g}$$

$$\text{On posant: } L_E = 1,15 L_g$$

on aura :

$$\Delta H_T = L_E \cdot \frac{f_c \cdot \epsilon \cdot Q^2}{\pi^2 D^5 g} = r Q^2$$

REMARQUES :

La vitesse, la viscosité cinématique, la rugosité de la conduite (après une certaine durée de service) nous incitent à considérer l'écoulement en régime transitoire, pour cela il est nécessaire de travailler avec l'expression du coefficient de frottement en régime transitoire établie par K-WHITE COLBROOK. La rugosité d'une conduite en service est considérée comme étant égale à 0,002 m.)

Le principe d'équilibre des pertes de charges dans un contour orienté et fermé se traduit par l'égalité suivante :

$$\sum \Delta H_T = \sum r Q^2 = 0$$

Cette dernière n'étant pas vérifiée en général à la première approximation il est nécessaire de procéder à une correction de la répartition initialement supposée par un débit correctif  $\Delta Q$

6- DETERMINATION DU DEBIT CORRECTIF :

Si  $\Delta Q_0$  étant la correction à apporter aux débits initiaux, le nouveau débit sera

$$Q_1 = Q_0 + \Delta Q_0$$

la somme des pertes de charges sera :

$$\sum \Delta H_T = \sum r Q_1^2 = \sum r (Q_0 + \Delta Q_0)^2 = 0$$

en développons le membre droit nous aurons :

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

comme  $\Delta Q_0^2 \approx 0$  on peut écrire

$$\sum r Q_0^2 + 2 \sum r Q_0 \Delta Q_0 = 0 \quad \text{d'où}$$

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

Chaque maille est calculée séparément et la valeur de  $\Delta Q$  trouvée à l'aide de l'équation précédente sera la correction à apporter au débit supposé initial avec son signe algébrique.

Pour le cas où un débit est véhiculé par une conduite commune à deux mailles les corrections aux deux mailles s'ajoutent algébriquement en changeant le signe de la correction déduite de la maille adjacente.

Les approximations seront poursuivies jusqu'à ce que :

- La valeur du débit correctif soit voisine de zéro  $\Delta Q \leq 0,4 \text{ l/s}$
- La somme algébrique de la maille considérée soit proche de zéro  $\Delta H \leq 0,5 \text{ m}$

Programme d'un réseau maillé par la méthode de H-C

régime d'écoulement transitoire

formules utilisées :

$$R = \frac{4/Q}{\pi D V}$$

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

$$f_C = \left[ -0,86 \ln \left( \frac{E/D}{27} - \frac{2,51}{2 \sqrt{f}} \right) \right]^{-2}$$

$$r = \frac{f_c \cdot L \epsilon}{12,09 D^5} = \frac{1,15 \cdot L G \cdot f_c}{12,09 D^5}$$

$$\Delta H_T = r Q | Q |$$

$$2rQ = 2 \frac{\Delta H_T}{Q}$$

$$\Delta Q = - \frac{\Delta H_T}{12rQ} \cdot 1000$$

IR : Nombre de REYNOLDS

$Q$  : Débit [m³/s]

$D$  : Diamètre de la conduite [m]

$\eta$  : Viscosité cinétique [m²/s]

$\epsilon$  : Rugosité absolue de la conduite [m]

$f_n$  : Coefficient de frottement en régime turbulent  
et rugueux (HIKURADSE)

$f_c$  : Coefficient de frottement en régime de transition  
sition (COLLEBROOK-WITHE)

$r$  : Résistance de la conduite [ $s^2/m^5$ ]

$L G$  - Longueur géométrique de la conduite [m]

$\Delta H_T$  - Pertes de charge totale [m]

$\Delta Q$  - débit correctif. [l/s] où [m³/s]

Note : Pour des commodités de calcul

$\Delta Q$  est exprimé en [l/s]

Formules utilisées :

$$\tau R = \frac{4/Q}{\text{IID}}$$

$$f_H = \left( 1,14 - 0,86 \ln \frac{\zeta}{D} \right)^{-2} \quad f_C = \left[ -0,86 \ln \left( \frac{E/D}{3,7} + \frac{2,51}{R \sqrt{F}} \right) \right]^{-2}$$

$$r = \frac{f_n \cdot L_G}{12,09 \times D} \quad 4,15$$

$$\Delta H = r/Q \times Q$$

$$/2rQ/ = \frac{2\Delta H_T}{Q}$$

$$Q = -1000 \frac{\sum \Delta H}{\zeta / 2rQ} \text{ l/s}$$

Execution du programme :

Stockage des données  $\rightarrow$  STO 00  
 Precision 0,00000  $\rightarrow$  t

caractéristiques	N° Registre	unité	observations
D <sub>i</sub>	30 + 4i	i = 0, 1, 2,	m
i	31 + 4i	..... n	m
L <sub>Gi</sub>	32 + 4I	n variable suivant les portions	m
Q <sub>i</sub>	33 + 4i		<sup>3</sup> /s doit être introduit avec le signe

RESULTAT :

a - afficher le nombre de tronçons de la maille  
 - appuyer sur A affichage 0

b - appuyer sur B N° TROCON 1ère PHASE 2ème PHASE

1	$\Delta H_T$	$/2rQ/$
2	$\Delta H_T$	$/2rQ/$
3	"	"
.	"	"
n	"	"
è		

c - Q affiché  
 RCL 02  $\Rightarrow \Sigma \Delta H$

RCL 03  $\Rightarrow \Sigma 187 Q$

## \$ PROGRAMME POUR TI - 59\$

Equilibrage d'un réseau maillé par la méthode de HARDY CROSS  
(maille par maille )

Régime de l'écoulement transitoire

adresse	code	touche	!	adresse	code	touche	!	adresse	code	touche	!
000	76	2nd Lbl		057	50	2nd /x/		114	23	Lnx	
001	11	A		058	55	*		115	65	x	
002	42	STO		059	89	2nd <del>x</del>		116	93	.	
003	04	0 4		060	55	*		117	08	8	
004	02	2		061	43	RCL		118	06	6	
005	09	9		062	08	8		119	95	=	
006	42	STO		063	55	*		120	33	x <sup>2</sup>	
007	05	05		064	43	RCL		121	35	1/x	
008	00	0		065	00	0		122	42	STO	
009	42	STO		066	95	=		123	15	15	
010	02	2		067	42	STO		124	75	-	
011	42	STO		068	12	12		125	43	RCL	
012	03	3		069	43	RCL		126	13	14	
013	91	R/S		070	09	9		127	94	=	
014	76	2nd Lbl		071	55	*		128	50	2nd/x/	
015	12	B		072	43	RCL		129	22	inv	
016	04	4		073	08	8		130	77	x>t	
017	42	STO		074	95	*		131	35	1/x	
018	06	06		075	42	STO		132	43	RCL	
019	42	STO		076	13	13		133	15	15	
020	07	07		077	23	Lnx		134	42	STO	
021	72	2nd Lbl		078	65	x		135	14	14	
022	13	C		079	93	.		136	61	GTO	
023	01	1		080	08	8		137	34	\x	
024	44	SUM		081	06	6		138	76	2ndLbl	
025	07	7		082	75	-		139	35	1/x	
026	73	RCL2nd Ind		083	01	1		140	43	RCL	
027	05	5		084	93	.		141	15	15	
028	72	STO2ndInd		085	01	1		142	65	x	
029	07	7		086	04	4		143	43	RCL	
030	97	2nd DSZ		087	95	= <sup>2</sup>		144	10	10	
031	06	6		088	33	x <sup>2</sup>		145	55	*	
032	13	C		089	35	1/x		146	01	1	
033	71	SBR <sup>2</sup>		090	42	STO		147	02	2	
034	33	x <sup>2</sup>		091	14	14		148	93	.	
035	97	2nd DSZ		092	76	2ndLbl		149	00	0	
036	04	4		093	34	$\sqrt{x}$		150	09	9	
037	12	B		094	53	(		151	55	*	
038	43	RCL		095	43	RCL		152	43	RCL	
039	02	2		096	13	13		153	08	8	
040	55	*		097	55	*		154	45	y <sup>x</sup>	
041	43	RCL		098	03	3		155	05	5	
042	03	3		099	93	.		156	65	x	
043	65	x		100	07	7		157	43	RCL	
044	01	1		101	85	+		158	11	11	
045	00	0		102	02	2		159	65	x	
046	00	0		103	93	.		160	43	RCL	
047	00	0		104	05	5		161	11	11	
048	94	-/+		105	01	1		162	50	2nd/x/	
049	95	=		106	55	*		163	65	x	
050	91	R/S		107	43	RCL		164	01	1	
051	76	2nd Lbl <sup>2</sup>		108	12	12		165	93	.	
052	33	x <sup>2</sup>		109	55	*		166	01	1	
053	04	4		110	43	RCL		167	05	5	
054	65	x		111	14	14		168	95	=	
055	43	RCL		112	34	$\sqrt{x}$		169	44	SUM	
056	11	11		113	54	)		170	02	2	

## adresse

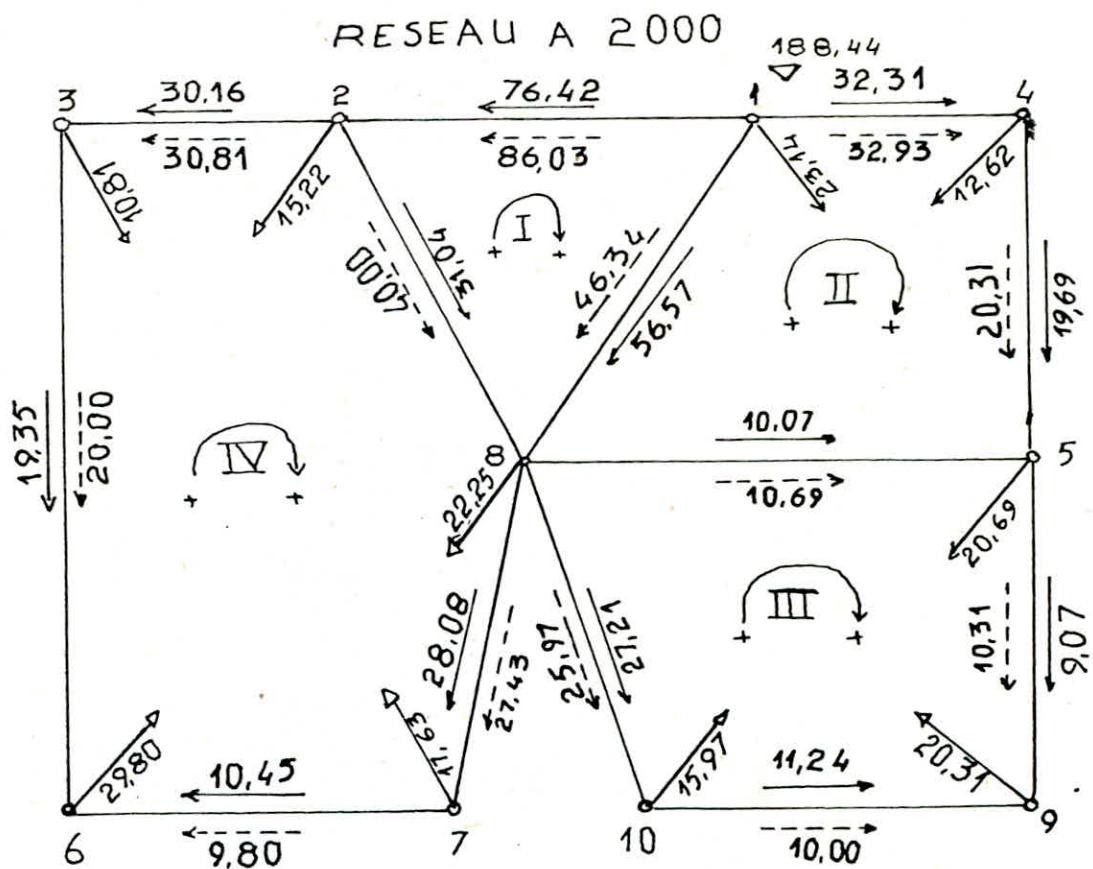
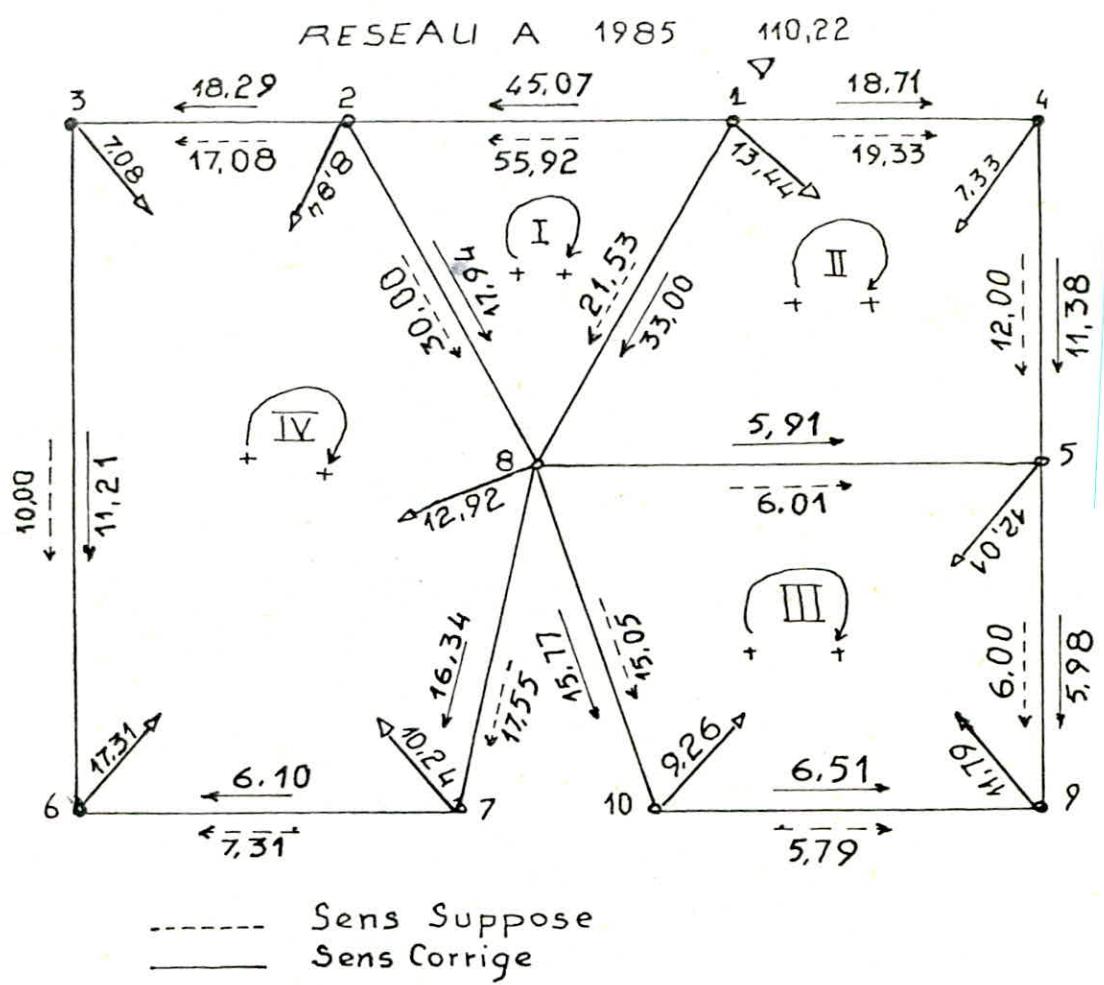
adresse	code	touche
171	66	!2nd PAUSE
172	66	"
172	66	"
173	66	"
174	66	"
175	66	"
176	66	"
177	66	"
178	66	"
179	65	x
180	02	2
181	55	÷
182	43	RCL
183	11	11
184	95	=
185	44	SUM
186	03	3
187	66	!2nd PAUSE
188	66	"
189	66	"
190	66	"
191	66	"
192	66	"
193	66	"
194	66	"
195	92	INV SBR

Tableau N° 12

## CALCUL DU RESEAU MAILLE

RESA 1985

N° Mailles	Caractéristiques des Mailles			Debits $Q_0(l/s)$	1 <sup>ere</sup> APPROXIMATION					Debits $Q_1(l/s)$			
	Prin. couples	Adj. centres	Tronçons	Diamètres (mm)	Longueurs (m)	$\Delta H$ (m)	$ 2rQ_1 $ ( $m^{-2}$ )	CPM	CMA				
I	IV	1-2	350	173	-55,92	-0,32	11,46	10,51	—	10,51	-45,41		
		2-8	250	819	-30,00	-2,61	174,06	10,51	1,78	12,29	-17,71		
		8-1	250	301	21,53	0,50	46,13	10,51	0,69	11,20	32,73		
					$\Sigma -2,43$	$\Sigma 231,65$	$\Delta Q = 10,51$						
II	I	1-8	250	301	-21,53	-0,50	46,13	-0,69	-10,51	-11,20	-32,73		
		1-4	200	199	19,33	1,30	134,55	-0,69	—	-0,69	18,64		
		4-5	150	252	12,00	1,96	327,39	-0,69	—	-0,69	11,31		
		5-8	125	376	-6,01	-1,96	653,08	-0,69	0,56	-0,13	-6,14		
					$\Sigma 0,81$	$\Sigma 1161,15$	$\Delta Q = -0,69$						
III	II	5-8	125	376	6,01	1,96	653,08	-0,56	0,69	0,13	6,14		
		5-10	125	332	6,00	1,73	575,71	-0,56	—	-0,56	5,44		
		9-10	125	377	-5,79	-1,83	631,21	-0,56	—	-0,56	-6,35		
		9-8	200	290	-15,05	-0,77	101,95	-0,56	—	-0,56	-15,61		
					$\Sigma 1,09$	$\Sigma 1961,96$	$\Delta Q = -0,56$						
IV	II	6-7	125	576	7,31	4,44	1213,50	-1,78	—	-1,78	5,53		
		7-8	200	407	17,55	1,46	166,49	-1,78	—	-1,78	15,77		
		3-6	150	640	-10,00	-3,37	694,46	-1,78	—	-1,78	-11,78		
		I	8-2	250	819	30,00	2,61	174,06	-1,78	-10,51	-12,29		
			2-3	200	254	-17,08	-0,86	107,16	-1,78	—	-1,78		
							$\Sigma 4,17$	$\Sigma 2349,67$	$\Delta Q = -1,78$				
Tronçons	Debits $Q_1(l/s)$	2 <sup>nde</sup> APPROXIMATION					Debits $Q_2(l/s)$	3 <sup>nde</sup> APPROXIMATION			Debits $Q_3(l/s)$		
		$\Delta H$ (m)	$ 2rQ_1 $ ( $m^{-2}$ )	CPM	CMA	Totaux		$\Delta H$ (m)	$ 2rQ_2 $ ( $m^{-2}$ )	CPM			
1-2	-45,41	-0,21	9,33	-0,06	—	-0,06	-45,47	-0,21	9,35	0,40	—	0,40	-45,07
2-8	-17,71	-0,92	103,63	-0,06	-0,58	-0,64	-18,35	-0,98	107,30	0,40	0,01	0,41	-17,94
8-1	32,73	1,14	69,72	-0,06	-0,20	-0,26	32,47	1,12	69,17	0,40	0,13	0,53	33,00
			$\Sigma 0,01$	$\Sigma 182,69$	$\Delta Q = -0,06$		$\Sigma -0,07$	$\Sigma 185,82$	$\Delta Q = 0,40$				
8-1	-32,73	-1,14	69,72	0,20	0,06	0,26	-32,47	-1,12	69,17	-0,13	-0,40	-0,53	-33,00
1-4	18,64	1,21	129,81	0,20	—	0,20	18,04	1,24	131,18	-0,13	—	-0,13	18,71
4-5	11,31	1,75	308,78	0,20	—	0,20	11,51	1,81	314,18	-0,13	—	-0,13	11,38
5-8	-6,14	-2,05	666,98	0,20	0,23	0,43	-5,71	-1,77	620,98	-0,13	-0,07	-0,20	-5,91
			$\Sigma -0,23$	$\Sigma 1175,29$	$\Delta Q = 0,20$		$\Sigma 0,15$	$\Sigma 1135,51$	$\Delta Q = -0,13$				
8-5	6,14	2,05	666,98	-0,23	-0,20	-0,43	5,71	1,77	620,98	0,07	0,13	0,20	5,91
5-10	5,44	1,42	522,81	-0,23	—	-0,23	5,21	1,31	502,03	0,07	—	0,07	5,98
9-10	-6,35	-2,19	691,28	-0,23	—	-0,23	-6,58	-2,36	715,95	0,07	—	0,07	-6,51
8-9	-15,61	-0,82	105,70	-0,23	—	-0,23	-15,84	-0,85	107,23	0,07	—	0,07	-15,77
			$\Sigma 0,45$	$\Sigma 1986,77$	$\Delta Q = -0,23$		$\Sigma -0,13$	$\Sigma 1946,32$	$\Delta Q = 0,07$				
6-7	5,53	2,55	981,79	0,58	—	0,58	6,11	3,11	1016,85	-0,01	—	-0,01	6,10
7-8	15,77	1,18	149,84	0,58	—	0,58	16,35	1,27	155,26	-0,01	—	-0,01	16,34
3-6	-11,78	-4,81	816,40	0,58	—	0,58	-11,20	-4,35	776,67	-0,01	—	-0,01	-11,21
8-2	17,71	0,92	103,63	0,58	0,06	0,64	18,35	0,98	107,30	-0,01	-0,40	-0,41	17,94
2-3	-18,86	-1,05	111,56	0,58	—	0,58	-18,28	-0,99	108,17	-0,01	—	-0,01	-18,29
			$\Sigma -1,21$	$\Sigma 2103,22$	$\Delta Q = 0,58$		$\Sigma 0,02$	$\Sigma 2164,25$	$\Delta Q = -0,01$				



## CALCUL DU RESEAU MAILLE

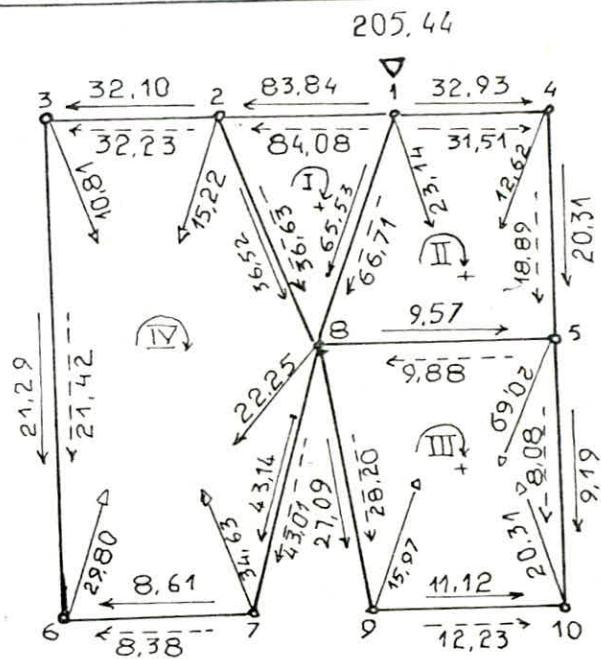
RES A 2000

N° mailles	Anciennes Adjacentes	Caractéristiques des mailles			Debits $Q_0(\text{L/s})$	1 <sup>ère</sup> APPROXIMATION					Debits $Q_1(\text{L/s})$		
		Tronçons	Diamètres (mm)	Longueurs (m)		$\Delta H_{(m)}$	$ 2rQ _{(\text{m}^2\text{s})}$	CPM	CMA	Totaux			
I	IV	1-2	350	173	-86,03	-0,75	17,55	8,93	—	8,93	-77,10		
		2-8	250	819	-40,00	-4,63	231,35	8,93	-0,13	8,80	-31,20		
		8-1	250	301	46,34	2,28	98,38	8,93	0,45	9,38	55,72		
					$\Sigma -3,10$		$\Sigma 347,27$	$\Delta Q = 8,93 \text{ L/s}$					
II	I	1-8	250	301	-46,34	-2,28	98,38	-0,45	-8,93	-9,38	-55,72		
		1-4	200	199	32,93	3,75	228,03	-0,45	—	-0,45	32,48		
		4-5	150	252	20,31	5,60	551,53	-0,45	—	-0,45	19,86		
	III	5-8	125	376	-10,69	-6,17	1153,69	-0,45	1,05	0,60	-10,09		
					$\Sigma 0,91$		$\Sigma 2031,63$	$\Delta Q = -0,45 \text{ L/s}$					
III	II	5-8	125	376	10,69	6,17	1153,69	-1,05	0,45	-0,60	10,09		
		5-10	125	332	10,31	5,07	982,79	-1,05	—	-1,05	9,26		
		9-10	125	377	-10,00	-5,41	1082,16	-1,05	—	-1,05	-11,05		
		9-8	200	290	-25,97	-2,27	174,77	-1,05	—	-1,05	-27,02		
					$\Sigma 3,55$		$\Sigma 3394,00$	$\Delta Q = -1,05$					
IV	I	6-7	125	576	9,80	7,95	1621,52	0,13	—	0,13	9,93		
		7-8	200	407	27,43	3,55	258,94	0,13	—	0,13	27,56		
		3-6	150	640	-20,00	-13,79	1379,48	0,13	—	0,13	-19,87		
		8-2	250	819	40,00	4,63	231,35	0,13	-8,93	-8,80	31,20		
		2-3	200	254	-30,81	-2,79	181,33	0,13	—	0,13	-30,68		
					$\Sigma -0,46$		$\Sigma 3672,62$	$\Delta Q = 0,13 \text{ L/s}$					
Tronçons	Debits $Q_1(\text{L/s})$	2 <sup>ème</sup> APPROXIMATION					Debits $Q_2(\text{L/s})$	3 <sup>ème</sup> APPROXIMATION					
		$\Delta H_{(m)}$	$ 2rQ _{(\text{m}^2\text{s})}$	CPM	CMA	Totaux		$\Delta H_{(m)}$	$ 2rQ _{(\text{m}^2\text{s})}$	CPM	CMA	Totaux	Debits $Q_3(\text{L/s})$
1-2	-77,10	-0,61	15,64	0,44	—	0,44	-76,66	-0,60	15,65	0,24	—	0,24	-76,42
2-8	-31,20	-2,82	180,93	0,44	-0,50	-0,06	-31,26	-2,83	181,28	0,24	-0,02	0,22	-31,02
1-8	55,72	3,29	118,12	0,44	0,11	0,55	56,27	3,36	119,28	0,24	0,06	0,30	56,57
					$\Sigma -0,14$		$\Sigma 314,80$	$\Delta Q = 0,44 \text{ L/s}$				$\Sigma -0,08$	
1-8	-55,72	-3,29	118,12	-0,11	-0,44	-0,55	-56,27	-3,36	119,28	-0,06	-0,24	-0,30	-56,57
1-4	32,48	3,65	224,94	-0,11	—	-0,11	32,37	3,63	224,18	-0,06	—	-0,06	32,31
4-5	19,86	5,36	539,40	-0,11	—	-0,11	19,75	5,30	536,43	-0,06	—	-0,06	19,69
5-8	-10,09	-5,50	1089,51	-0,11	0,16	0,05	-10,04	-5,44	1084,16	-0,06	0,03	-0,03	-10,07
					$\Sigma 0,22$		$\Sigma 1971,97$	$\Delta Q = -0,11 \text{ L/s}$				$\Sigma 0,13$	
5-8	10,09	5,50	1089,51	-0,16	0,11	-0,05	10,04	5,44	1084,16	-0,03	0,06	0,03	10,07
5-10	9,26	4,09	883,62	-0,16	—	-0,16	9,10	3,95	868,51	-0,03	—	-0,03	9,07
9-10	-11,05	-6,60	1195,36	-0,16	—	-0,16	-11,21	-6,80	1212,52	-0,03	—	-0,03	-11,24
9-8	-27,02	-2,46	181,77	-0,16	—	-0,16	-27,18	-2,48	182,83	-0,03	—	-0,03	-27,21
					$\Sigma 0,53$		$\Sigma 3350,27$	$\Delta Q = -0,16 \text{ L/s}$				$\Sigma 0,11$	
6-7	9,93	8,16	1642,82	0,50	—	0,50	10,43	8,99	1724,75	0,02	—	0,02	10,45
7-8	27,56	3,58	260,15	0,50	—	0,50	28,06	3,72	264,83	0,02	—	0,02	28,08
3-6	-19,87	-13,62	1370,58	0,50	—	0,50	-19,37	-12,94	1336,33	0,02	—	0,02	-19,35
8-2	31,20	2,82	180,93	0,50	-0,44	0,06	31,26	2,83	181,28	0,02	-0,24	-0,22	31,04
2-3	-30,68	-2,77	180,57	0,50	—	0,50	-30,18	-2,68	177,66	0,02	—	0,02	-30,16
					$\Sigma -1,02$		$\Sigma 3635,06$	$\Delta Q = 0,50 \text{ L/s}$				$\Sigma -0,08$	
					$\Sigma 3684,04$		$\Delta Q = 0,02 \text{ L/s}$						

## CALCUL DU RESEAU MAILLE

RES A 2000 Soutirage du debit d'incendie noeud N° 7

Tronçons	Debits	1 <sup>re</sup> APPROXIMATION					
		$Q_0$ (l/s)	$\Delta H$ (m)	$ 2rQ $ ( $m^{2.5}$ )	CPM	CMA	Totaux
1-2	-84,08	-0,72	17,15	-0,29	—	-0,29	
2-8	-36,63	-3,88	212,14	-0,29	-0,13	-0,42	
8-1	66,71	4,71	141,26	-0,29	-0,87	-1,16	
		$\Sigma 0,11$	$\Sigma 370,46$	$\Delta Q = -0,29$ (l/s)			
1-8	-66,71	-4,71	141,26	0,87	0,29	1,16	
1-4	31,51	3,44	218,24	0,87	—	0,87	
4-5	18,89	4,85	513,23	0,87	—	0,87	
5-8	-9,88	-5,27	1067,05	0,87	-0,71	0,16	
		$\Sigma -1,70$	$\Sigma 1939,81$	$\Delta Q = 0,87$ (l/s)			
5-8	9,88	5,27	1067,05	0,71	-0,87	-0,16	
5-10	8,08	3,12	772,18	0,71	—	0,71	
9-10	-12,23	-8,08	1321,91	0,71	—	0,71	
9-8	-28,20	-2,67	189,63	0,71	—	0,71	
		$\Sigma -2,37$	$\Sigma 3350,77$	$\Delta Q = 0,71$ (l/s)			
6-7	8,38	5,82	1388,44	0,13	—	0,13	
7-8	43,01	8,70	404,70	0,13	—	0,13	
3-6	-21,42	-15,83	1476,75	0,13	—	0,13	
8-2	36,62	3,88	212,04	0,13	0,29	0,42	
2-3	-32,23	-3,06	189,62	0,13	—	0,13	
		$\Sigma -0,47$	$\Sigma 3671,96$	$\Delta Q = 0,13$ (l/s)			



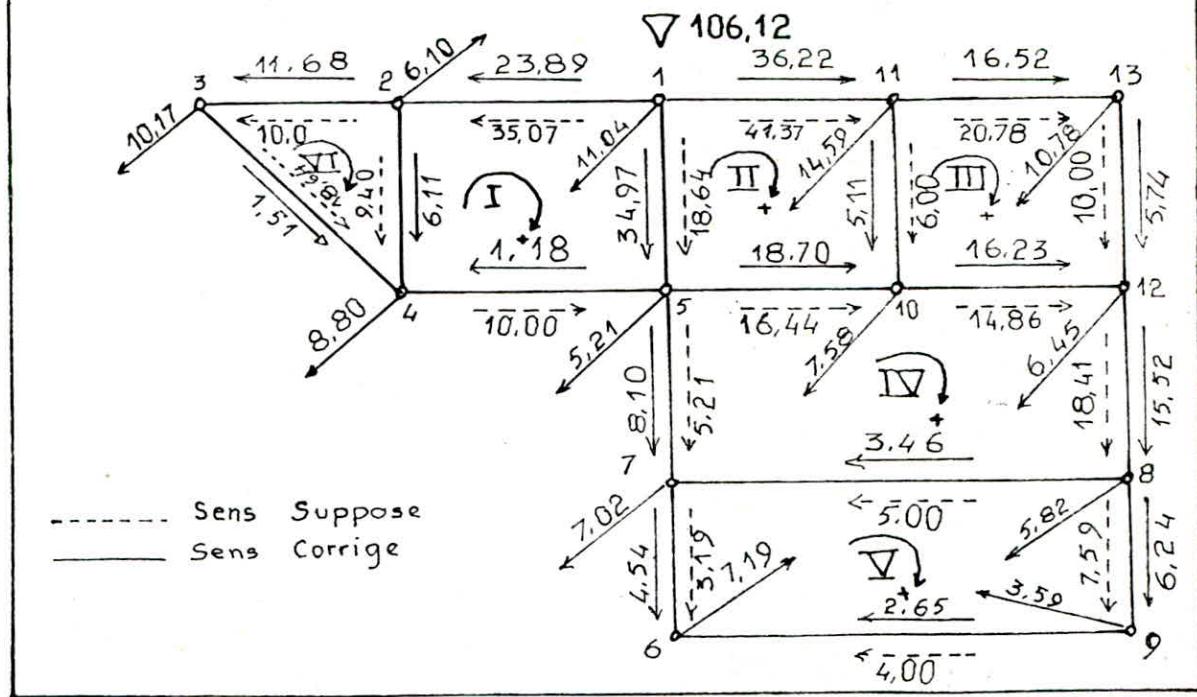
----- Sens Supposé  
——— sens corrigé

Tronçons	Debits	2 <sup>re</sup> APPROXIMATION					Debits	3 <sup>re</sup> APPROXIMATION					Debits
		$Q_1$ (l/s)	$\Delta H$ (m)	$ 2rQ_1 $ ( $m^{2.5}$ )	CPM	CMA		$Q_2$ (l/s)	$\Delta H$ (m)	$ 2rQ_2 $ ( $m^{2.5}$ )	CPM	CMA	
1-2	-84,37	-0,73	17,21	0,40	—	0,40	-83,97	-0,72	17,13	0,13	—	0,13	-83,84
2-8	-37,05	-3,97	214,45	0,40	0,02	0,42	-36,63	-3,88	211,99	0,13	-0,02	0,11	-36,52
8-1	65,55	4,55	138,82	0,40	-0,37	0,03	65,58	4,55	138,88	0,13	-0,18	-0,05	65,53
		$\Sigma -0,15$	$\Sigma 370,48$	$\Delta Q = 0,40$ (l/s)				$\Sigma -0,05$	$\Sigma 368,00$	$\Delta Q = 0,13$ (l/s)			
1-8	-65,55	-4,55	138,82	0,37	-0,40	-0,03	-65,58	-4,55	138,88	0,18	-0,13	0,05	-65,53
1-4	32,38	3,63	224,25	0,37	—	0,37	32,75	3,71	226,71	0,18	—	0,18	32,93
4-5	19,76	5,30	536,70	0,37	—	0,37	20,13	5,50	546,68	0,18	—	0,18	20,31
5-8	-9,72	-5,10	1049,93	0,37	-0,28	0,09	-9,63	-5,01	1040,31	0,18	-0,12	0,06	-9,57
		$\Sigma -0,72$	$\Sigma 1949,70$	$\Delta Q = 0,37$ (l/s)				$\Sigma -0,35$	$\Sigma 1952,66$	$\Delta Q = 0,18$ (l/s)			
5-8	9,72	5,10	1049,93	0,28	-0,37	-0,09	9,63	5,01	1040,31	0,12	-0,18	-0,06	9,57
5-10	8,79	3,69	839,23	0,28	—	0,28	9,07	3,93	865,68	0,12	—	0,12	9,19
9-10	-11,52	-7,18	1245,77	0,28	—	0,28	-11,24	-6,83	1215,74	0,12	—	0,12	-11,12
9-8	-27,49	-2,54	184,90	0,28	—	0,28	-27,21	-2,49	183,03	0,12	—	0,12	-27,09
		$\Sigma -0,93$	$\Sigma 3319,84$	$\Delta Q = 0,28$ (l/s)				$\Sigma -0,39$	$\Sigma 3304,76$	$\Delta Q = 0,12$ (l/s)			
6-7	8,51	6,00	1410,14	-0,02	—	-0,02	8,49	5,97	1406,86	0,02	—	0,02	8,51
7-8	43,14	8,76	405,92	-0,02	—	-0,02	43,12	8,75	405,73	0,02	—	0,02	43,12
3-6	-21,29	-15,63	1467,84	-0,02	—	-0,02	-21,31	-15,65	1469,21	0,02	—	0,02	-21,29
8-2	37,05	3,97	214,45	-0,02	-0,40	-0,42	36,63	3,88	211,99	0,02	-0,13	-0,11	36,52
2-3	-32,10	-3,03	188,87	-0,02	—	-0,02	-32,12	-3,04	188,98	0,02	—	0,02	-32,10
		$\Sigma 0,07$	$\Sigma 3687,22$	$\Delta Q = -0,02$				$\Sigma -0,09$	$\Sigma 3682,78$	$\Delta Q = 0,02$ (l/s)			

## CALCUL DU RESEAU MAILLE

RES B 1985 Tab 1

N° mailles		Caractéristique des mailles			Débits Q <sub>0</sub> (l/s)	1 <sup>ere</sup> APPROXIMATION					Débits Q <sub>1</sub> (l/s)
		Tronçons	Diamètres (mm)	Longueurs (m)		ΔH (m)	2rQ (m <sup>2</sup> /s)	CPM	CAM	Totaux	
P	A										
I	VI	1-2	250	570	-35,07	-2,48	141,36	5,79	-	5,79	-2,928
		2-4	150	292	-9,40	-1,40	298,09	5,79	-2,96	2,83	-6,57
		4-5	125	203	-10,00	-4,06	812,78	5,79	-	5,79	-4,21
	II	5-1	250	347	18,64	0,43	46,17	5,79	2,86	8,65	27,29
$\Sigma = -7,51 \quad \Sigma = 1298,40 \quad \Delta Q = 5,79 \text{ (l/s)}$											
II	I	1-5	250	347	-18,64	-0,43	46,17	-2,86	5,79	-8,65	27,29
	IV	5-10	200	151	-16,44	-0,48	57,92	-2,86	1,86	-1,00	-17,44
	III	10-11	125	310	6,00	1,61	537,56	-2,86	1,59	-1,27	4,73
		11-1	300	570	41,37	1,31	63,35	-2,86	-	-2,86	38,51
$\Sigma = 2,02 \quad \Sigma = 704,99 \quad \Delta Q = -2,86 \text{ (l/s)}$											
III	II	10-11	125	310	-6,00	-1,61	537,56	-1,59	2,86	1,27	-4,73
		11-13	200	570	20,78	2,86	275,50	-1,59	-	-1,59	19,19
		13-12	125	120	10,00	1,72	344,64	-1,59	-	-1,59	8,41
	IV	12-10	200	363	-14,86	-0,94	126,04	-1,59	1,86	0,27	-14,59
$\Sigma = 2,04 \quad \Sigma = 1283,75 \quad \Delta Q = -1,59 \text{ (l/s)}$											
IV	III	10-12	200	363	14,86	0,94	126,04	-1,86	1,59	-0,27	14,59
		12-8	200	360	18,41	1,42	154,39	-1,86	-	-1,86	16,55
	V	8-7	100	290	5,00	3,46	1385,54	-1,86	0,54	-1,32	3,68
		7-5	125	460	-5,21	-1,81	694,27	-1,86	-	-1,86	-7,07
	II	5-10	200	151	16,44	0,48	57,92	-1,86	2,86	1,00	17,44
$\Sigma = 4,20 \quad \Sigma = 2378,91 \quad \Delta Q = -1,86 \text{ (l/s)}$											
V		8-9	125	320	7,59	2,66	699,66	-0,54	-	-0,54	7,05
		9-6	100	590	4,00	4,52	2261,87	-0,54	-	-0,54	3,46
		6-7	100	210	-3,19	-1,03	644,47	-0,54	-	-0,54	-3,73
	IV	7-8	100	290	-5,00	-3,46	1385,54	-0,54	1,86	1,32	-3,68
$\Sigma = 2,69 \quad \Sigma = 4991,53 \quad \Delta Q = -0,54 \text{ (l/s)}$											
VI		2-3	200	310	-19,57	-1,38	141,21	2,96	-	2,96	-16,61
		3-4	125	382	-9,40	-3,58	761,78	2,96	-	2,96	-6,44
	I	4-2	150	292	9,40	1,40	298,09	2,96	-5,79	-2,83	6,57
$\Sigma = -356 \quad \Sigma = 1201,08 \quad \Delta Q = 2,96 \text{ (l/s)}$											



RES B 1985 Tab 2 (Suite)

RESB1985

Tab 3 (Fin)

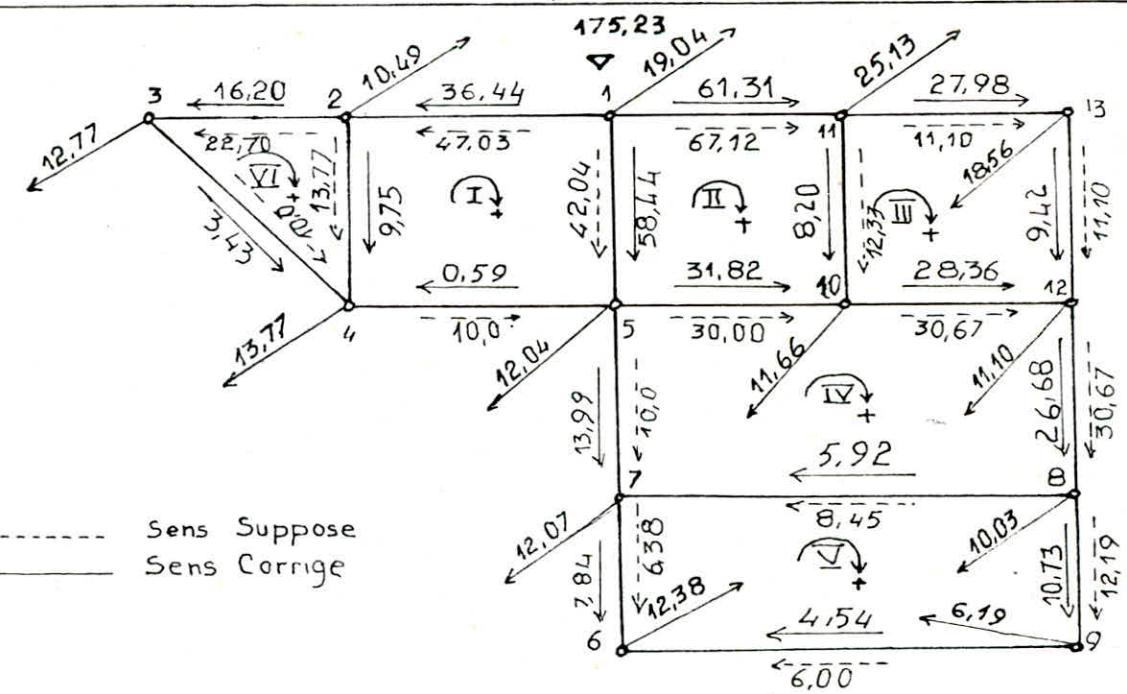
Tronçons	Débits Q <sub>3</sub> (l/s)	4 <sup>e</sup> APPROXIMATION					Débit Q <sub>4</sub> (l/s)	5 <sup>e</sup> APPROXIMATION					Débit Q <sub>5</sub> (l/s)
		ΔH (m)	2rQ (m <sup>-2</sup> s)	CPM	CAM	Totaux		ΔH (m)	2rQ (m <sup>-2</sup> s)	CPM	CAM	Totaux	
1-2	-24,59	-1,22	99,57	0,76	-	0,76	-23,83	-1,15	96,54	-0,06	-	-0,06	-23,89
2-4	-5,61	-0,50	179,51	0,76	-0,81	-0,05	-5,66	-0,51	181,17	-0,06	-0,39	-0,45	-6,11
4-5	0,48	0,01	45,27	0,76	-	0,76	1,24	0,07	107,11	-0,06	-	-0,06	1,18
5-1	33,86	1,41	83,12	0,76	0,23	0,99	34,85	1,62	89,28	-0,06	0,18	0,12	34,97
$\Sigma = -0,31$		$\Sigma = 407,56 \Delta Q = 0,76 \text{ (l/s)}$					$\Sigma = 0,03$		$\Sigma = 474,10 \Delta Q = -0,06 \text{ (l/s)}$				
1-5	-33,86	-1,41	83,12	-0,23	-0,76	-0,99	-34,85	-1,49	85,52	-0,18	0,06	-0,12	-34,97
5-10	-18,47	-0,60	64,96	-0,23	0,12	-0,11	-18,60	-0,61	65,42	-0,18	0,06	-0,12	-18,70
10-11	5,01	1,73	450,23	-0,23	0,39	0,16	5,17	1,20	464,35	-0,18	0,12	-0,06	5,11
11-1	36,63	1,03	56,19	-0,23	-	-0,23	36,40	1,02	55,84	-0,18	-	-0,18	36,22
$\Sigma = 0,15$		$\Sigma = 654,57 \Delta Q = -0,23 \text{ (l/s)}$					$\Sigma = 0,12$		$\Sigma = 671,12 \Delta Q = -0,18 \text{ (l/s)}$				
10-11	-5,01	-1,13	450,23	-0,39	0,23	-0,16	-5,17	-1,20	464,35	-0,12	0,18	0,06	-5,11
11-13	17,03	1,93	226,36	-0,39	-	-0,39	16,64	1,84	221,25	-0,12	-	-0,12	16,52
13-12	6,25	0,68	216,62	-0,39	-	-0,39	5,86	0,60	203,31	-0,12	-	-0,12	5,74
12-10	-15,90	-1,07	134,72	-0,39	0,12	-0,27	-16,17	-1,11	136,98	-0,12	0,06	-0,06	-16,23
$\Sigma = 0,41$		$\Sigma = 1027,94 \Delta Q = -0,39 \text{ (l/s)}$					$\Sigma = 0,13$		$\Sigma = 1026,05 \Delta Q = -0,12 \text{ (l/s)}$				
10-12	15,90	1,07	134,72	-0,12	0,39	0,27	16,17	1,11	136,98	-0,06	0,12	0,06	16,23
12-8	15,70	1,04	131,95	-0,12	-	-0,12	15,58	1,02	130,96	-0,06	-	-0,06	15,52
8-7	3,52	1,73	980,34	-0,12	0,09	-0,03	3,49	1,70	972,13	-0,06	0,03	-0,03	3,46
7-5	-7,92	-4,15	1048,94	-0,12	-	-0,12	-8,04	-4,28	1064,65	-0,06	-	-0,06	-8,10
5-10	18,47	0,60	64,96	-0,12	0,23	0,11	18,58	0,61	65,35	-0,06	0,18	0,12	18,70
$\Sigma = 0,28$		$\Sigma = 2360,93 \Delta Q = 0,12 \text{ (l/s)}$					$\Sigma = 0,15$		$\Sigma = 2373,08 \Delta Q = -0,06 \text{ (l/s)}$				
8-9	6,36	1,87	587,68	-0,09	-	-0,09	6,27	1,82	579,48	-0,03	-	-0,03	6,24
9-6	2,77	2,18	1576,67	-0,09	-	-0,09	2,68	2,05	1526,53	-0,03	-	-0,03	2,65
6-7	-4,42	-1,96	888,34	-0,09	-	-0,09	-4,51	-2,04	906,18	-0,03	-	-0,03	-4,54
7-8	-3,52	-1,73	980,34	-0,09	0,12	0,03	-3,49	-1,70	972,13	-0,03	0,06	0,03	-3,46
$\Sigma = 0,36$		$\Sigma = 4033,03 \Delta Q = -0,09 \text{ (l/s)}$					$\Sigma = 0,12$		$\Sigma = 3984,22 \Delta Q = -0,03 \text{ (l/s)}$				
2-3	-12,88	-0,60	93,53	0,81	-	0,81	-12,07	-0,53	87,75	0,39	-	0,39	-11,68
3-4	-2,71	-0,30	224,95	0,81	-	0,81	-1,90	-0,15	159,86	0,39	-	0,39	-1,51
4-2	5,61	0,50	179,61	0,81	-0,76	0,05	5,66	0,51	181,17	0,39	0,06	0,45	6,11
$\Sigma = -0,40$		$\Sigma = 498,08 \Delta Q = 0,81$					$\Sigma = -0,17$		$\Sigma = 428,78 \Delta Q = 0,39 \text{ (l/s)}$				

## CALCUL DU RESEAU MAILLE

RES B 2000

Tab 1

maille N°	Caractéristiques des mailles			$\frac{Q}{D}$	$Q_0$ (lit)	1ère APPROXIMATION					$\frac{Q}{D}$ (lit)
	Tronçons	Diamètres (mm)	Longueurs (m)			$\Delta H$ (m)	$2rQ$ ( $m^2/s$ )	CPM	CRM	Total	
P	A										
I	VI	1-2	250	570	-47,03	-4,45	189,04	6,07	-	6,07	-40,96
		2-4	150	292	-13,77	-2,99	434,68	6,07	-2,57	3,50	-10,27
	II	4-5	125	283	-10,0	-4,06	812,18	6,07	-	6,07	-3,93
		5-1	250	347	42,04	2,16	102,97	6,07	4,59	10,66	52,70
						$\Sigma = -9,34$	$\Sigma = 1539,48$	$\Delta Q = 6,07$	(lit)		
II	I	1-5	250	347	-42,04	-2,16	102,97	-4,59	-6,07	-10,66	-52,70
	IV	5-10	200	151	-30,00	-1,57	104,99	-4,59	2,97	-1,62	-31,62
	III	10-11	125	310	12,33	6,79	1095,80	-4,59	-1,31	-5,90	6,43
		11-1	300	570	67,12	3,43	107,27	-4,59	-	-4,59	62,53
						$\Sigma = 6,45$	$\Sigma = 1406,03$	$\Delta Q = -4,59$	(lit)		
III	II	10-11	125	310	-12,33	-6,76	1095,80	*1,31	4,59	5,90	-6,07
		11-13	200	570	29,66	5,81	391,86	1,31	-	1,31	30,97
	IV	13-12	125	120	11,10	2,12	382,19	1,31	-	1,31	12,41
		12-10	200	363	-30,67	-3,96	267,98	1,31	2,97	4,28	-26,39
						$\Sigma = -2,78$	$\Sigma = 2127,84$	$\Delta Q = 1,31$	(lit)		
IV	III	10-12	200	363	30,67	3,96	257,98	-2,97	-1,31	-4,28	26,39
		12-8	200	360	30,67	3,92	255,85	-2,97	-	-2,97	27,70
	V	8-7	100	290	8,45	9,84	2329,95	-2,97	0,36	-2,61	5,85
		7-5	125	460	-10,0	-6,61	1321,13	-2,97	-	-2,97	-12,97
	II	5-10	200	151	30,0	1,57	104,99	-2,97	4,59	1,62	*31,62
						$\Sigma = 12,69$	$\Sigma = 4269,90$	$\Delta Q = -2,97$	(lit)		
V		8-9	125	320	12,19	6,82	1118,41	-0,37	-	-0,37	11,82
		9-6	100	590	6,00	10,13	3375,79	-0,37	-	-0,37	5,63
	IV	6-7	100	210	-6,38	-4,07	1276,88	-0,37	-	-0,37	-6,75
		7-8	100	290	-8,45	-9,84	2329,95	-0,37	2,97	2,60	-5,85
						$\Sigma = 3,03$	$\Sigma = 8101,03$	$\Delta Q = -0,37$	(lit)		
VI		2-3	200	310	-22,77	-1,87	164,02	2,57	-	2,57	-20,20
		3-4	125	382	-10,00	-5,49	1097,12	2,57	-	2,57	-7,43
	I	4-2	150	292	13,77	2,99	434,68	2,57	-6,07	-3,50	10,27
						$\Sigma = -4,36$	$\Sigma = 1695,81$	$\Delta Q = 2,57$	(lit)		



RES B 2000 Tab 2 (suite)

Tronçons	$\Sigma Q_1$ (l/s)	2 <sup>e</sup> APPROXIMATION					$\Sigma Q_2$ (l/s)	3 <sup>e</sup> APPROXIMATION					$\Sigma Q_3$ (l/s)
		$\Delta H$ (m)	$2rQ$ ( $m^{-2}s$ )	CPM	CAM	Totaux		$\Delta H$ (m)	$2rQ$ ( $m^{-2}s$ )	CPM	CAM	Totaux	
1-2	-40,96	-3,38	164,84	2,43	-	2,43	-38,53	-2,99	155,15	1,38	-	1,38	-37,85
2-4	-10,27	-1,67	325,29	2,43	-2,20	0,23	-10,04	-1,60	310,10	1,38	-1,06	0,32	-9,72
4-5	-3,93	-0,64	324,04	2,43	-	2,43	-1,50	-0,10	128,13	1,38	-	1,38	-0,12
5-1	52,70	3,40	128,85	2,43	-0,34	2,09	54,79	3,67	133,92	1,38	1,33	2,71	57,5
		$\Sigma = -2,29 \quad \Sigma = 943,01 \quad \Delta Q = 2,43$ (l/s)					$\Sigma = -1,01 \quad \Sigma = 735,30 \quad \Delta Q = 1,38$ (l/s)						
1-5	-52,70	-3,40	128,85	0,34	-2,43	-2,09	-54,79	-3,67	133,92	-1,33	-1,38	-2,71	-57,5
5-10	31,62	-1,75	110,61	0,34	0,39	0,73	-30,89	-1,67	108,08	-1,33	0,44	-0,89	-31,78
10-11	6,43	1,85	575,49	0,34	2,57	2,91	9,34	3,89	832,13	-1,33	-0,18	-1,51	7,83
11-1	62,53	2,98	95,33	0,34	-	0,34	62,87	3,01	95,84	-1,33	-	-1,33	61,54
		$\Sigma = 0,31 \quad \Sigma = 910,27 \quad \Delta Q = 0,34$ (l/s)					$\Sigma = 1,56 \quad \Sigma = 1169,97 \quad \Delta Q = -1,33$ (l/s)						
10-11	-6,43	-1,85	575,49	-2,57	-0,34	-2,91	-9,34	-3,89	832,13	0,18	1,33	1,51	-7,83
11-13	30,97	6,33	409,09	-2,57	-	-2,57	28,40	5,33	375,35	0,18	-	0,18	28,58
13-12	12,41	2,65	426,91	-2,57	-	-2,57	9,84	1,67	339,18	0,18	-	0,18	10,02
12-10	-26,39	-2,93	222,27	-2,57	0,39	-2,18	-20,57	-3,43	240,46	0,18	0,44	0,62	-27,95
		$\Sigma = 4,20 \quad \Sigma = 1633,69 \quad \Delta Q = -0,23$ (l/s)					$\Sigma = -0,32 \quad \Sigma = 1787,12 \quad \Delta Q = 0,18$ (l/s)						
10-12	26,39	2,93	222,27	-0,39	2,57	2,18	28,57	3,43	240,46	-0,44	-0,18	-0,62	27,95
12-8	27,70	3,20	321,27	-0,39	-	-0,39	27,31	3,11	228,04	-0,44	-	-0,44	26,87
8-7	5,85	4,73	1618,23	-0,39	0,84	0,45	6,30	5,31	174,04	-0,44	0,11	-0,33	5,97
7-5	-12,97	-11,09	1709,77	-0,39	-	-0,39	-13,36	-11,76	1760,81	-0,44	-	-0,44	-13,80
5-10	31,62	1,75	110,61	-0,39	-0,34	-0,73	30,89	1,67	108,08	-0,44	1,33	0,89	31,78
		$\Sigma = 1,53 \quad \Sigma = 3892,15 \quad \Delta Q = -0,39$ (l/s)					$\Sigma = 1,77 \quad \Sigma = 4051,42 \quad \Delta Q = -0,44$ (l/s)						
8-9	11,82	6,41	1084,73	-0,84	-	-0,84	10,98	5,44	1008,26	-0,11	-	-0,11	10,87
9-6	5,63	8,92	3169,73	-0,84	-	-0,84	4,79	6,47	2701,89	-0,11	-	-0,11	4,68
6-7	-6,75	-4,56	1350,23	-0,84	-	-0,84	-7,59	-5,76	1516,73	-0,11	-	-0,11	-7,70
7-8	-5,85	-4,73	1618,23	-0,84	0,39	-0,45	-6,30	-5,49	1741,41	-0,11	0,44	0,33	-5,97
		$\Sigma = 6,04 \quad \Sigma = 7222,91 \quad \Delta Q = -0,84$ (l/s)					$\Sigma = 0,76 \quad \Sigma = 6968,29 \quad \Delta Q = -0,11$ (l/s)						
2-3	-20,20	-1,47	145,70	2,20	-	2,20	-18,00	-1,17	130,02	1,06	-	1,06	-16,94
3-4	-7,43	-3,04	817,83	2,20	-	2,20	-5,23	-1,51	578,72	1,06	-	1,06	-4,17
4-2	10,27	1,67	325,29	2,20	-2,43	0,23	10,04	1,60	318,10	1,06	-1,38	-0,32	9,72
		$\Sigma = -2,84 \quad \Sigma = 1288,81 \quad \Delta Q = 2,20$ (l/s)					$\Sigma = -1,09 \quad \Sigma = 1026,84 \quad \Delta Q = 1,06$ (l/s)						

RES B2000 Tab 3 (Fin)

Tronçons	Debit Q <sub>3</sub> (l/s)	4 <sup>eme</sup> APPROXIMATION					$\frac{\partial}{\partial Q}$ Q <sub>4</sub> (l/s)	5 <sup>eme</sup> APPROXIMATION					$\frac{\partial}{\partial Q}$ Q <sub>5</sub> (l/s)
		ΔH (m)	2rQ (m <sup>-2</sup> s)	CPM	CAM	Totaux		ΔH (m)	2rQ (m <sup>-2</sup> s)	CPM	CPA	Totaux	
1-2	-3715	-2,78	149,65	0,39	-	0,39	-36,76	-2,72	148,09	0,32	-	0,32	-36,64
2-4	-9,72	-1,50	308,10	0,39	-0,57	-0,18	-9,90	-1,55	313,72	0,32	-0,17	0,15	-9,75
4-5	-0,12	0,001	14,70	0,39	-	0,39	0,27	0,004	22,74	0,32	-	0,32	0,59
5-1	57,50	4,04	140,50	0,39	-0,17	0,22	57,72	4,07	141,01	0,32	0,40	0,72	58,44
		$\Sigma = 0,24$	$\Sigma = 612,94$	$\Delta Q = 0,39$	(l/s)			$\Sigma = -0,20$	$\Sigma = 630,60$	$\Delta Q = 0,32$	(l/s)		
1-5	-57,50	-4,04	140,50	0,17	-0,39	0,22	-57,72	-4,07	141,03	0,40	-0,32	-0,72	-58,44
5-10	-31,78	-4,77	111,17	0,17	0,11	0,28	-31,50	-1,74	110,20	-0,40	0,08	-0,32	-31,82
10-11	7,83	2,74	698,96	0,17	0,67	0,84	8,67	3,35	773,04	-0,40	-0,07	-0,47	8,20
11-1	61,54	2,89	93,83	0,17	-	0,17	61,71	2,90	94,09	0,40	-	0,40	61,31
		$\Sigma = -0,18$	$\Sigma = 1044,46$	$\Delta Q = 0,17$	(l/s)			$\Sigma = 0,45$	$\Sigma = 1118,36$	$\Delta Q = -0,40$	(l/s)		
10-11	-7,83	-2,74	698,86	0,67	-0,17	-0,84	-8,67	-3,35	773,04	0,07	0,40	0,47	-8,20
11-13	28,58	5,40	377,71	-0,67	-	-0,67	27,91	5,15	368,93	0,07	-	0,07	27,98
13-12	10,02	1,73	345,33	-0,67	-	-0,67	9,35	1,51	322,45	0,07	-	0,07	9,42
12-10	-27,95	-3,29	235,28	-0,67	0,11	-0,56	-28,51	-3,42	239,96	0,07	0,08	0,15	-26,36
		$\Sigma = 1,10$	$\Sigma = 1657,28$	$\Delta Q = -0,67$	(l/s)			$\Sigma = -0,12$	$\Sigma = 1704,38$	$\Delta Q = 0,07$	(l/s)		
10-12	27,95	3,29	235,28	0,11	0,67	0,56	28,51	3,42	239,96	-0,08	-0,07	-0,15	28,36
12-8	26,87	3,01	224,40	-0,11	-	-0,11	26,76	2,99	223,49	-0,08	-	-0,08	26,68
8-7	5,97	4,93	1651,08	0,11	0,11	0	5,97	4,93	1651,08	-0,08	0,03	-0,05	5,92
7-5	-13,80	-12,55	1818,38	-0,11	-	-0,11	-13,91	-12,75	1832,78	-0,08	-	-0,08	-13,99
5-10	31,78	1,77	111,17	-0,11	-0,17	0,28	31,50	1,74	110,20	-0,08	0,40	0,32	31,82
		$\Sigma = 0,45$	$\Sigma = 4040,31$	$\Delta Q = -0,11$	(l/s)			$\Sigma = 0,33$	$\Sigma = 4057,50$	$\Delta Q = -0,08$	(l/s)		
8-9	10,87	5,43	998,25	-0,11	-	-0,11	10,76	5,32	988,23	-0,03	-	-0,03	10,73
9-6	4,68	6,18	2640,62	-0,11	-	-0,11	4,57	5,89	257835	-0,03	-	-0,03	4,54
6-7	-7,70	-5,92	1538,54	-0,11	-	-0,11	-7,81	-6,09	1560,34	-0,03	-	-0,03	-7,84
7-8	-5,97	-4,93	1651,08	-0,11	0,11	0	-5,97	-4,93	1651,08	-0,03	0,08	0,05	-5,92
		$\Sigma = 0,75$	$\Sigma = 6828,48$	$\Delta Q = -0,11$	(l/s)			$\Sigma = 0,19$	$\Sigma = 6779,01$	$\Delta Q = -0,13$	(l/s)		
2-3	-16,94	-1,04	122,47	0,57	-	0,57	-16,57	-0,97	118,40	0,17	-	0,17	-16,70
3-4	-4,15	-0,97	463,49	0,57	-	0,57	-3,60	-0,72	401,51	0,17	-	0,17	-3,43
4-2	9,72	1,50	308,10	0,57	-0,39	0,18	9,90	1,55	313,72	0,17	-0,32	-0,15	9,75
		$\Sigma = -0,51$	$\Sigma = 894,05$	$\Delta Q = 0,57$	(l/s)			$\Sigma = -0,14$	$\Sigma = 833,64$	$\Delta Q = 0,17$	(l/s)		

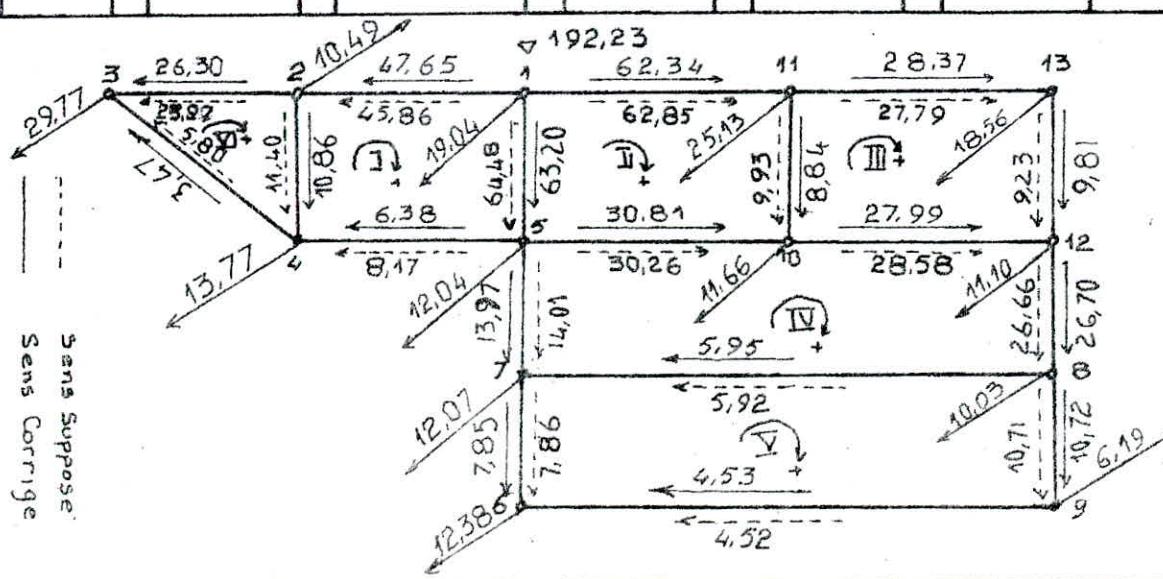
Tableau N° 17

CALCUL DU RESEAU MAILLE  
RES B 2000 Soutirage du debit d'incendie noeud N. 3 Tabl:

10/10/2000

10/10/2000

Tronçons	Debits Q <sub>o</sub> (lit/s)	1 <sup>ere</sup> APPROXIMATION				Debits Q <sub>1</sub> (lit/s)
		ΔH (m)	2rQ (m <sup>2</sup> /s)	CPM (CAM)	Totaux	
1-2	-45,86	-4,23	184,38	-1,10	-	-1,10
2-4	-11,40	-2,06	360,61	-1,10	1,57	0,47
4-5	8,17	2,72	665,46	-1,10	-1,10	7,07
5-1	64,48	5,08	157,44	-1,10	0,58	-0,52
		$\Sigma = 1,51$	$\Sigma = 1367,88$	$\Delta Q = -1,10$ (lit/s)		
1-5	-64,48	-5,08	157,44	-0,58	1,10	0,52
5-10	-30,26	4,60	105,89	-0,58	-0,02	0,60
1-10	9,93	4,39	884,16	-0,58	-0,69	1,27
11-1	62,85	3,01	95,81	-0,58	-	-0,58
		$\Sigma = 0,72$	$\Sigma = 1243,30$	$\Delta Q = -0,58$ (lit/s)		
10-11	-9,93	-4,39	884,16	0,69	0,58	1,27
11-15	27,79	5,10	367,36	0,69	-	0,69
13-12	9,23	1,47	318,36	0,69	-	0,69
12-10	-28,53	-3,43	240,12	0,69	-0,02	0,67
		$\Sigma = -1,24$	$\Sigma = 180,00$	$\Delta Q = 0,69$ (lit/s)		
10-12	28,53	3,43	240,12	0,02	-0,69	-0,67
12-8	26,66	2,97	222,66	0,02	-	0,02
8-7	5,92	4,85	1637,39	0,02	0	0,02
7-5	-14,04	-12,93	1845,86	0,02	-	0,02
5-10	30,26	1,60	105,89	0,02	0,58	0,60
		$\Sigma = -0,69$	$\Sigma = 461,92$	$\Delta Q = 0,02$ (lit/s)		
8-9	10,71	5,27	983,68	0	-	0
9-6	4,52	5,77	2551,50	0	-	0
6-7	-7,56	-6,17	1570,25	0	-	0
7-8	-5,92	-4,85	1637,39	0	-0,02	-0,02
		$\Sigma = 0,02$	$\Sigma = 6742,83$	$\Delta Q = -0,002$ (lit/s)		
2-3	-23,97	-2,07	172,57	-1,57	-	-1,57
3-4	5,80	1,56	640,67	-1,57	-	-1,57
4-2	11,40	2,06	360,61	-1,57	1,10	-0,47
		$\Sigma = 1,85$	$\Sigma = 1173,85$	$\Delta Q = -1,57$ (lit/s)		



Soustraction du débit dans le nœud N° 3 RES B 2000 → Tab 2 (fin)

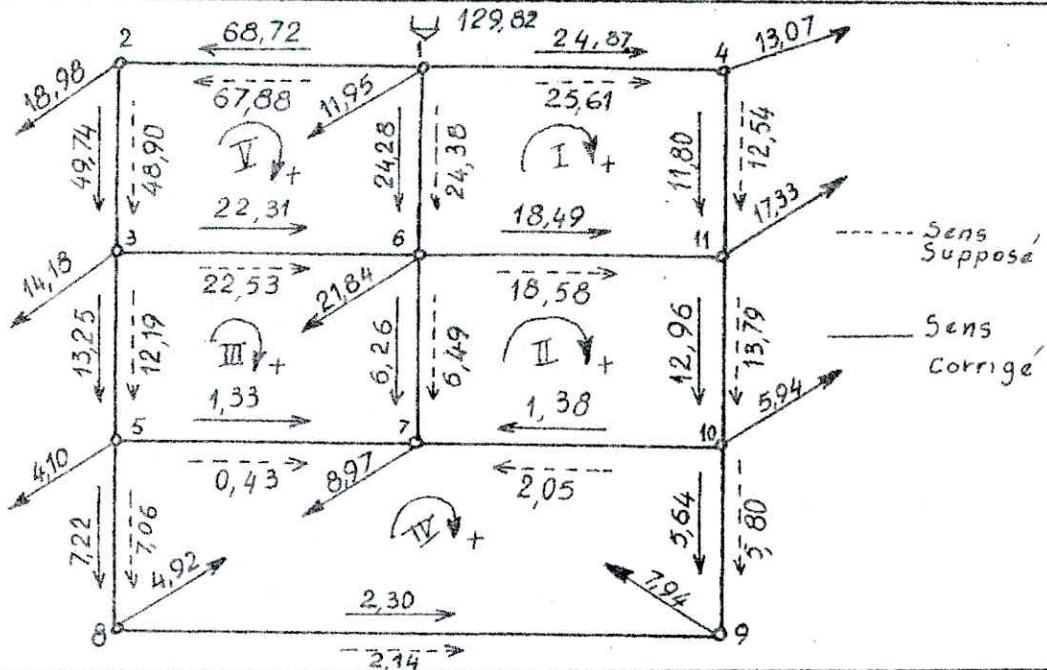
Tronçon	D m	Q <sub>1</sub> (l/s)	2 <sup>eme</sup> APPROXIMATION					D m	Q <sub>2</sub> (l/s)	3 <sup>eme</sup> APPROXIMATION					D m
			ΔH (m)	2rQ (m <sup>2</sup> /s)	CPM	CAM	Totaux			ΔH (m)	2rQ (m <sup>2</sup> /s)	CPM	CAM	Totaux	
1-2	-46,96	-4,43	188,76	-0,56	-	-0,56	-47,52	-4,54	191,00	-0,13	-	-0,13	-	-47,65	
2-4	-10,93	-1,89	345,92	-0,56	0,54	-0,02	-10,95	-1,90	346,54	-0,13	0,22	0,09	-	-10,86	
4-5	7,07	2,04	576,89	-0,56	-	-0,56	6,51	1,73	531,80	-0,13	-	-0,13	-	6,58	
5-1	63,96	4,99	156,18	-0,56	-0,32	-0,88	63,08	4,86	154,04	-0,13	0,25	0,12	-	63,20	
			$\Sigma = 0,71$	$\Sigma = 126,775$	$\Delta Q = -0,56$				$\Sigma = 0,15$	$\Sigma = 122,338$	$\Delta Q = -0,13$				
1-5	-63,96	-4,99	156,18	0,32	0,56	0,88	-63,08	-4,86	154,04	-0,25	0,13	-0,12	-	-63,20	
5-10	-30,86	-1,67	107,97	0,32	-0,03	0,29	-30,57	-1,64	106,97	-0,25	0,01	-0,24	-	-30,81	
11-10	8,66	3,34	772,16	0,32	0,26	0,58	9,24	3,80	823,31	-0,25	-0,15	0,40	-	8,84	
11-1	62,27	2,96	94,94	0,32	-	0,32	62,59	2,99	95,42	-0,25	-	-0,25	-	62,34	
			$\Sigma = -0,36$	$\Sigma = 113,124$	$\Delta Q = 0,32$				$\Sigma = 0,30$	$\Sigma = 117,973$	$\Delta Q = -0,25$				
10-11	-8,66	-3,34	772,16	-0,26	-0,32	-0,58	-9,24	-3,80	823,31	0,15	0,25	0,40	-	-8,84	
11-13	28,48	5,36	370,40	-0,26	-	-0,26	28,22	5,26	372,99	0,15	-	0,15	-	28,37	
13-12	9,92	1,70	341,91	-0,26	-	-0,26	9,66	1,61	333,04	0,15	-	0,15	-	9,81	
12-10	-27,86	-3,27	234,53	-0,26	-0,03	-0,29	-28,15	-3,34	236,95	0,15	0,01	0,16	-	-27,99	
			$\Sigma = 0,45$	$\Sigma = 172,50$	$\Delta Q = -0,26$	(l/s)			$\Sigma = -0,27$	$\Sigma = 176,629$	$\Delta Q = 0,15$	(l/s)			
10-12	27,86	3,27	234,53	0,03	0,26	0,29	28,15	3,34	236,95	-0,01	-0,15	-0,16	-	27,99	
12-8	26,68	2,97	222,83	0,03	-	0,03	26,71	2,98	223,08	-0,01	-	-0,01	-	26,70	
8-7	5,94	4,88	1642,86	0,03	0	0,03	5,97	4,93	1651,08	-0,01	-0,01	-0,02	-	5,95	
7-5	-13,99	-42,89	1843,24	0,03	-	0,03	-13,96	-12,84	1839,32	-0,01	-	-0,01	-	-13,97	
5-10	30,86	1,67	107,97	0,03	-0,32	-0,29	30,57	1,64	106,97	-0,01	0,25	0,24	-	30,81	
			$\Sigma = -0,11$	$\Sigma = 4051,44$	$\Delta Q = 0,03$	(l/s)			$\Sigma = 0,04$	$\Sigma = 4057,39$	$\Delta Q = -0,01$	(l/s)			
8-9	10,71	5,27	983,68	0	-	0	10,71	5,27	983,68	0,01	-	0,01	-	10,72	
9-6	4,52	5,77	2551,50	0	-	0	4,52	5,77	2551,50	0,01	-	0,01	-	4,53	
6-7	-7,86	-6,17	1570,25	0	-	0	-7,86	-6,17	1570,25	0,01	-	0,01	-	-7,85	
7-8	-5,94	-4,88	1642,86	0	-0,03	-0,03	-5,97	-4,93	1651,08	0,01	0,01	0,02	-	-5,95	
			$\Sigma = 0,02$	$\Sigma = 6748,30$	$\Delta Q = 0,002$	(l/s)			$\Sigma = -0,07$	$\Sigma = 6756,52$	$\Delta Q = 0,01$	(l/s)			
2-3	25,54	-2,35	183,76	-0,54	-	-0,54	-26,08	-2,45	187,61	-0,22	-	-0,22	-	-26,30	
3-4	4,23	0,99	470,01	-0,54	-	-0,54	3,69	0,76	411,30	-0,22	-	-0,22	-	3,47	
4-2	10,93	1,89	345,92	-0,54	0,56	0,02	10,95	1,90	346,54	-0,22	0,13	-0,09	-	10,86	
			$\Sigma = 0,54$	$\Sigma = 999,69$	$\Delta Q = -0,54$	(l/s)			$\Sigma = 0,21$	$\Sigma = 945,45$	$\Delta Q = -0,22$	(l/s)			

Tableau N° 19

**CALCUL DU RESEAU MAILLE**

RES. C 1985 Tab 1

N° mailles		Caractéristiques des mailles			Debits Q <sub>o</sub> (l/s)	1 <sup>ere</sup> APPROXIMATION					Debits Q <sub>A</sub> (l/s)
		Tronçons	Diamètres (mm)	Longueurs (m)		ΔH (m)	2rQ  (m <sup>-2</sup> s)	CPM	CMA	Taux	
P	A										
I	V	1-4	200	346	25,61	2,63	205,65	-0,39	—	0,39	25,22
		1-6	200	359	-24,38	-2,48	203,23	-0,39	0,12	-0,27	-24,65
	II	4-11	150	412	12,54	3,51	559,08	-0,39	—	0,39	12,15
		6-11	150	169	-18,58	-3,15	338,58	-0,39	0,14	-0,25	-18,83
						$\sum=0,52$	$\sum=1306,54$	$\Delta Q=-0,39$	(l/s)		
II	I	6-11	150	169	18,58	3,15	338,58	-0,14	0,39	0,25	18,83
		11-10	150	373	13,79	3,83	556,06	-0,14	—	0,14	13,65
	IV	10-7	100	219	2,05	0,45	436,32	-0,14	0,08	-0,06	1,99
	III	7-6	100	346	-6,49	-6,94	2139,74	-0,14	0,56	0,42	-6,07
						$\sum=0,48$	$\sum=3470,70$	$\Delta Q=-0,14$	(l/s)		
III	II	7-6	100	346	6,49	6,94	2139,74	-0,56	0,14	-0,42	6,07
	IV	7-5	100	159	-0,43	-0,02	72,83	-0,56	0,08	-0,48	-0,91
		5-3	125	310	-12,19	-6,60	1083,46	-0,56	—	-0,56	-12,75
	V	3-6	200	271	22,53	1,60	141,89	-0,56	0,12	-0,44	22,09
						$\sum=1,92$	$\sum=3437,91$	$\Delta Q=-0,56$	(l/s)		
IV		10-9	80	103	5,80	5,48	1890,77	-0,08	—	0,08	5,72
		8-9	80	400	-2,14	-2,93	2740,31	-0,08	—	-0,08	-2,22
	III	5-8	125	230	-7,06	-1,65	468,20	-0,08	—	-0,08	-7,14
		5-7	100	159	0,43	0,02	72,03	-0,08	0,56	0,48	0,91
						$\sum=0,47$	$\sum=5608,93$	$\Delta Q=-0,08$	(l/s)		
V	III	3-6	200	271	-22,53	-1,60	141,89	-0,12	0,56	0,44	-22,09
	I	6-1	200	359	24,38	2,48	203,23	-0,12	0,39	0,27	24,65
		2-3	300	149	-48,90	-0,48	19,53	-0,12	—	-0,12	-49,02
		1-2	400	264	-67,88	-0,36	10,46	-0,12	—	-0,12	-68,00
						$\sum=0,05$	$\sum=375,11$	$\Delta Q=-0,12$	(l/s)		



## RES C 1985 Tab 2 (Suite)

Tronçons	$\frac{Q_1}{D} \Delta Q$ (l/s)	2 <sup>e</sup> APPROXIMATION					$\frac{Q_2}{D} \Delta Q$ (l/s)	3 <sup>e</sup> APPROXIMATION					$\frac{Q_3}{D} \Delta Q$ (l/s)
		$\Delta H$ (m)	$2rQ$ ( $m^2/s$ )	CPM	CAM	Totaux		$\Delta H$ (m)	$2rQ$ ( $m^2/s$ )	CPM	CAM	Totaux	
1-4	25,22	2,55	202,55	-0,06	-	-0,06	25,16	2,54	202,07	-0,18	-	-0,18	24,98
1-6	-24,65	-2,53	205,46	-0,06	0,42	0,36	-24,29	-2,46	202,49	-0,18	0,08	-0,10	-24,39
4-11	12,15	3,29	541,88	-0,06	-	-0,06	12,09	3,26	539,23	-0,18	-	-0,18	11,91
6-11	-18,83	-3,23	343,11	-0,06	0,40	0,34	-18,49	-3,12	336,96	-0,18	0,07	-0,11	-18,60
		$\Sigma=0,08$	$\Sigma=1292,99$	$\Delta Q=-0,06$ (l/s)				$\Sigma=0,23$	$\Sigma=1280,75$	$\Delta Q=-0,18$ (l/s)			
6-11	18,83	3,23	343,11	-0,40	0,06	-0,34	18,49	3,12	336,96	-0,07	0,18	0,11	18,60
11-10	13,65	3,76	550,47	-0,40	-	-0,40	13,25	3,54	534,50	-0,07	-	-0,07	13,18
10-7	1,99	0,42	423,90	-0,40	0,02	-0,38	1,61	0,28	347,27	-0,07	0,05	-0,04	1,57
7-6	-6,07	-6,08	2002,57	-0,40	0,10	-0,30	-6,37	-6,69	2100,55	-0,07	0,24	0,17	-6,20
		$\Sigma=1,33$	$\Sigma=3320,05$	$\Delta Q=-0,40$ (l/s)				$\Sigma=0,24$	$\Sigma=3317,27$	$\Delta Q=-0,07$ (l/s)			
7-6	6,07	6,08	2002,57	-0,10	0,40	0,30	6,37	6,69	2100,55	-0,24	0,07	-0,17	6,20
7-5	-0,91	-0,07	145,38	-0,10	0,02	-0,08	-0,99	-0,08	157,43	-0,24	0,03	-0,21	-1,20
5-3	-12,75	-7,22	1132,84	-0,10	-	-0,10	-12,85	-7,34	1141,66	-0,24	-	-0,24	-13,09
3-6	22,09	1,54	139,15	-0,10	0,42	0,32	22,41	1,58	141,14	-0,24	0,08	-0,16	22,25
		$\Sigma=0,33$	$\Sigma=2419,93$	$\Delta Q=-0,10$ (l/s)				$\Sigma=0,86$	$\Sigma=3540,77$	$\Delta Q=-0,24$ (l/s)			
10-9	5,72	5,33	1864,87	-0,02	-	-0,02	5,70	5,30	1858,40	-0,03	-	-0,03	5,67
8-9	-2,22	-3,15	2840,93	-0,02	-	-0,02	-2,24	-3,21	2866,09	-0,03	-	-0,03	-2,27
5-8	-7,14	-1,69	473,43	-0,02	-	-0,02	-7,16	-7,70	474,74	-0,03	-	-0,03	-7,19
5-7	0,91	0,07	145,38	-0,02	0,10	0,08	0,99	0,08	157,43	-0,03	0,24	0,21	1,20
7-10	-1,99	-0,42	423,90	-0,02	0,40	0,38	-1,61	-0,28	347,27	-0,03	0,07	0,04	-1,57
		$\Sigma=0,13$	$\Sigma=5748,52$	$\Delta Q=-0,02$ (l/s)				$\Sigma=0,19$	$\Sigma=5701,92$	$\Delta Q=-0,03$ (l/s)			
3-6	22,09	-1,54	139,15	-0,42	0,10	-0,32	-22,41	-1,58	141,14	-0,08	0,24	0,16	-22,25
6-1	24,65	2,53	205,46	-0,42	0,06	-0,36	24,29	2,46	202,49	-0,08	0,18	0,10	24,39
2-3	-49,02	-0,48	19,58	-0,42	-	-0,42	-49,44	-0,49	19,75	-0,08	-	-0,08	-49,52
1-2	-68,00	-0,36	10,48	-0,42	-	-0,42	-68,42	-0,36	10,54	-0,08	-	-0,08	-68,50
		$\Sigma=0,16$	$\Sigma=374,67$	$\Delta Q=-0,42$ (l/s)				$\Sigma=0,03$	$\Sigma=373,92$	$\Delta Q=-0,08$ (l/s)			

RES C 1985 Tab 3 (Fin)

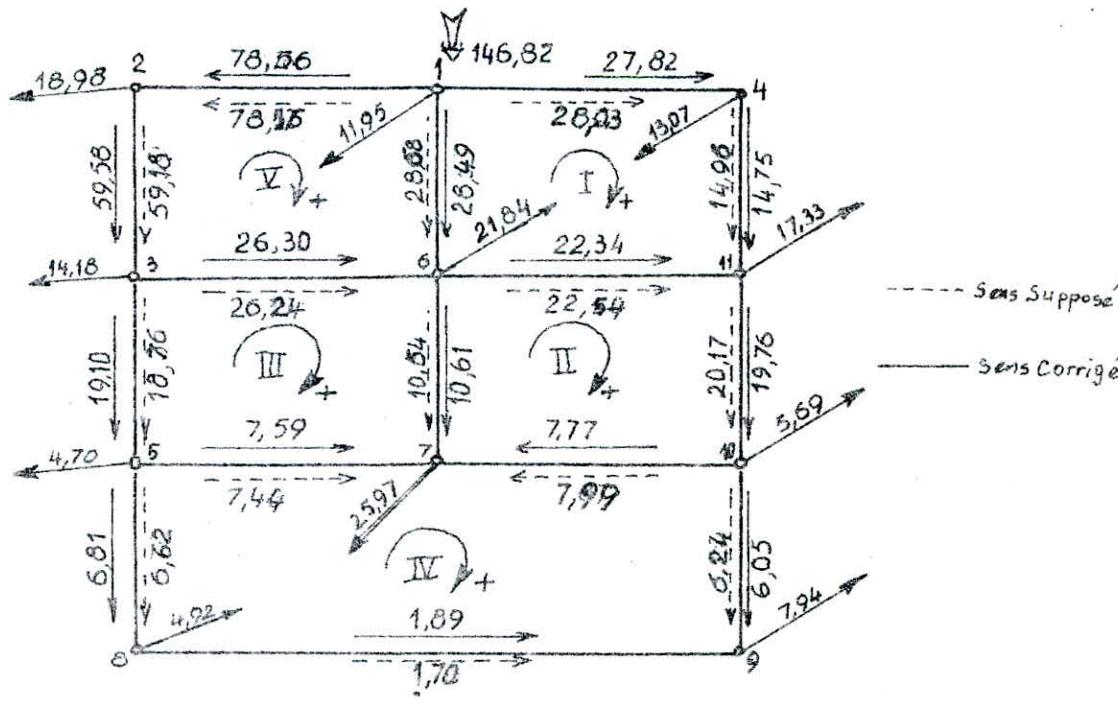
Tronçons	$\frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} Q_3$ (l/s)	4 <sup>eme</sup> APPROXIMATION					$\frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} Q_5$ (l/s)	5 <sup>eme</sup> APPROXIMATION					Debits Q <sub>5</sub> (l/s)
		$\Delta H$ (m)	$2rQ$ ( $m^2/s$ )	CPM	CAM	Totaux		$\Delta H$ (m)	$2rQ$ ( $m^2/s$ )	CPM	CAM	Totaux	
1-4	24,98	2,51	200,64	-0,03	-	-0,03	24,95	2,51	200,40	-0,08	-	-0,08	24,87
1-6	-24,39	-2,48	203,31	-0,03	0,18	0,15	-24,24	-2,45	202,07	-0,08	0,04	-0,04	-24,28
4-11	11,91	3,16	531,29	-0,03	-	-0,03	11,88	3,15	529,97	-0,08	-	-0,08	11,80
6-11	-18,60	-3,15	338,95	-0,03	0,18	0,15	-18,45	-3,10	336,23	-0,08	0,04	-0,04	-18,49
		$\Sigma = 0,04$	$\Sigma = 1274,19$	$\Delta Q = -0,03$ (l/s)			$\Sigma = 0,10$	$\Sigma = 1268,68$	$\Delta Q = -0,08$ (l/s)				
6-11	18,60	3,15	339,95	-0,18	0,03	-0,15	18,45	3,10	336,23	-0,04	0,08	0,04	18,49
11-10	13,18	3,50	531,71	-0,18	-	-0,18	13,00	3,41	524,52	-0,04	-	-0,04	12,96
10-7	1,57	0,26	336,99	-0,18	0,03	-0,15	1,42	0,22	305,93	-0,04	0	-0,04	1,38
7-6	-6,20	-6,34	2045,03	-0,18	0,05	-0,13	-6,33	-6,61	2087,48	-0,04	0,11	0,07	-6,26
		$\Sigma = 0,58$	$\Sigma = 252,66$	$\Delta Q = -0,18$ (l/s)			$\Sigma = 0,12$	$\Sigma = 3254,17$	$\Delta Q = -0,04$ (l/s)				
7-6	6,20	6,34	2045,03	-0,05	0,18	0,13	6,33	6,61	2087,48	-0,11	0,04	-0,07	6,26
7-5	-1,20	-0,11	189,03	-0,05	0,03	-0,02	-1,22	-0,12	192,04	-0,11	0	-0,11	-1,33
5-3	-13,09	-7,61	1162,82	-0,05	-	-0,05	-13,14	-7,67	1167,23	-0,11	-	-0,11	-13,25
3-6	22,25	1,56	140,14	-0,05	0,18	0,13	22,38	1,58	140,95	-0,11	0,04	-0,07	-22,31
		$\Sigma = 0,17$	$\Sigma = 3537,02$	$\Delta Q = -0,05$ (l/s)			$\Sigma = 0,40$	$\Sigma = 3787,71$	$\Delta Q = -0,11$ (l/s)				
10-9	5,67	5,24	1848,68	-0,03	-	-0,03	5,64	5,19	1838,97	0	-	0	5,64
8-9	-2,27	-3,21	2866,09	-0,03	-	-0,03	-2,30	-3,38	2941,55	0	-	0	-2,30
7-3	-7,19	-1,71	476,70	-0,03	-	-0,03	-7,22	-1,73	478,67	0	-	0	-7,22
5-7	1,20	0,11	189,03	-0,03	0,05	0,02	1,22	0,12	192,04	0	0,11	0,11	1,33
7-10	-1,57	-0,26	336,99	-0,03	0,18	0,15	-1,42	-0,22	305,95	0	0,04	0,04	-1,38
		$\Sigma = 0,17$	$\Sigma = 5717,50$	$\Delta Q = -0,03$ (l/s)			$\Sigma = -0,02$	$\Sigma = 5757,16$	$\Delta Q = 0,004$ (l/s)				
3-6	-22,25	-1,56	140,14	-0,18	0,05	-0,13	-22,38	-1,58	140,95	-0,04	0,11	0,07	-22,31
6-1	24,39	2,48	203,31	-0,18	0,03	-0,15	24,24	2,45	202,07	-0,04	0,08	0,04	24,28
2-3	-49,52	-0,49	19,78	-0,18	-	-0,18	-49,70	-0,49	19,85	-0,04	-	-0,04	-49,74
1-2	-68,50	-0,36	10,56	-0,18	-	-0,18	-68,68	-0,36	10,58	-0,04	-	-0,04	-68,72
		$\Sigma = 0,07$	$\Sigma = 373,79$	$\Delta Q = -0,18$ (l/s)			$\Sigma = 0,02$	$\Sigma = 373,46$	$\Delta Q = -0,04$ (l/s)				

Tableau N° 20

## CALCUL DU RESEAU MAILLE

Soutirage du debit d'incendie : noeud N° 7      Res C 1985      Tab 1

Tronçons	Debits Q <sub>0</sub> (l/s)	1 <sup>ere</sup> APPROXIMATION					Debits Q <sub>1</sub> (l/s)	2 <sup>e</sup> APPROXIMATION					Debits Q <sub>2</sub> (l/s)
		ΔH (m)	2rQ  (m <sup>-2</sup> s)	CPM	CMA	Totaux		ΔH (m)	2rQ  (m <sup>-2</sup> s)	CPM CMA	Totaux		
1-4	28,03	3,15	224,90	-0,06	-	-0,06	27,97	3,14	224,42	-0,08	-	-0,08	27,89
1-6	-28,68	-3,42	238,72	-0,06	0,21	0,15	-28,53	-3,39	237,48	-0,08	0,07	-0,01	-28,54
4-11	14,96	4,98	665,79	-0,06	-	-0,06	14,90	4,94	663,15	-0,08	-	-0,08	14,82
6-11	-22,54	-4,62	410,21	-0,06	0,20	0,14	-22,40	-4,57	407,68	-0,08	0,08	0	-22,40
		$\Sigma = 0,09$	$\Sigma = 1539,52$	$\Delta Q = -0,06$	(l/s)			$\Sigma = 0,13$	$\Sigma = 1532,73$	$\Delta Q = -0,08$	(l/s)		
6-11	22,54	4,62	410,21	-0,20	0,06	-0,14	22,40	4,57	407,68	-0,08	0,08	0	22,40
11-10	20,17	8,18	810,77	-0,20	-	-0,20	19,97	8,02	802,78	-0,08	-	-0,08	19,89
10-7	7,99	6,65	1664,42	-0,20	0,08	-0,12	7,87	6,45	1639,62	-0,08	0,06	-0,02	7,85
7-6	-10,54	-18,25	3462,44	-0,20	0,10	-0,10	-10,64	-18,59	3495,10	-0,08	0,12	0,04	-10,60
		$\Sigma = 1,20$	$\Sigma = 6347,84$	$\Delta Q = -0,20$	(l/s)			$\Sigma = 0,44$	$\Sigma = 6345,18$	$\Delta Q = -0,08$	(l/s)		
7-6	10,54	18,25	3462,44	-0,10	0,20	0,10	10,64	18,59	3495,10	-0,12	0,08	-0,04	10,60
7-5	-7,44	-4,19	1125,87	-0,10	0,08	-0,02	-7,46	-4,21	1128,87	-0,12	0,06	-0,06	-7,52
5-3	-18,76	-15,60	1662,81	-0,10	-	-0,10	-18,86	-15,76	1671,63	-0,12	-	-0,12	-18,98
3-6	26,24	2,16	165,00	-0,10	0,21	0,11	26,35	2,18	165,69	-0,12	0,07	-0,05	26,30
		$\Sigma = 0,63$	$\Sigma = 6416,12$	$\Delta Q = -0,10$	(l/s)			$\Sigma = 0,80$	$\Sigma = 6461,29$	$\Delta Q = -0,12$	(l/s)		
10-9	6,24	6,34	2033,24	-0,08	-	-0,08	6,16	6,18	2007,34	-0,06	-	-0,06	6,10
8-9	-1,70	-1,86	2186,85	-0,08	-	-0,08	-1,78	-2,04	2287,49	-0,06	-	-0,06	-1,84
5-8	-6,62	-1,45	439,41	-0,08	-	-0,08	-6,70	-1,49	444,64	-0,06	-	-0,06	-6,76
5-7	7,44	4,19	1125,87	-0,08	0,10	0,02	7,46	4,21	1128,87	-0,06	0,12	0,06	7,52
7-10	-7,99	-6,65	1664,42	-0,08	0,20	0,12	-7,87	-6,45	1639,62	-0,06	0,08	0,02	-7,85
		$\Sigma = 0,57$	$\Sigma = 7449,79$	$\Delta Q = -0,08$	(l/s)			$\Sigma = 0,42$	$\Sigma = 7507,96$	$\Delta Q = -0,06$	(l/s)		
3-6	-26,24	-2,16	165,00	-0,21	0,10	-0,11	-26,35	-2,18	165,69	-0,07	0,12	0,05	-26,30
6-1	28,68	3,42	238,72	-0,21	0,06	-0,15	28,53	3,39	237,48	-0,07	0,08	0,01	28,54
2-3	-59,18	-0,70	23,60	-0,21	-	-0,21	-59,39	-0,70	23,68	-0,07	-	-0,07	-59,46
1-2	-78,16	-0,47	12,02	-0,21	-	-0,21	-78,37	-0,47	12,06	-0,07	-	-0,07	-78,44
		$\Sigma = 0,09$	$\Sigma = 439,34$	$\Delta Q = -0,21$	(l/s)			$\Sigma = 0,03$	$\Sigma = 438,90$	$\Delta Q = -0,07$	(l/s)		



Souffrage du débit d'incendie noeud N° 7 RES 1985 Tab 2 (fin)

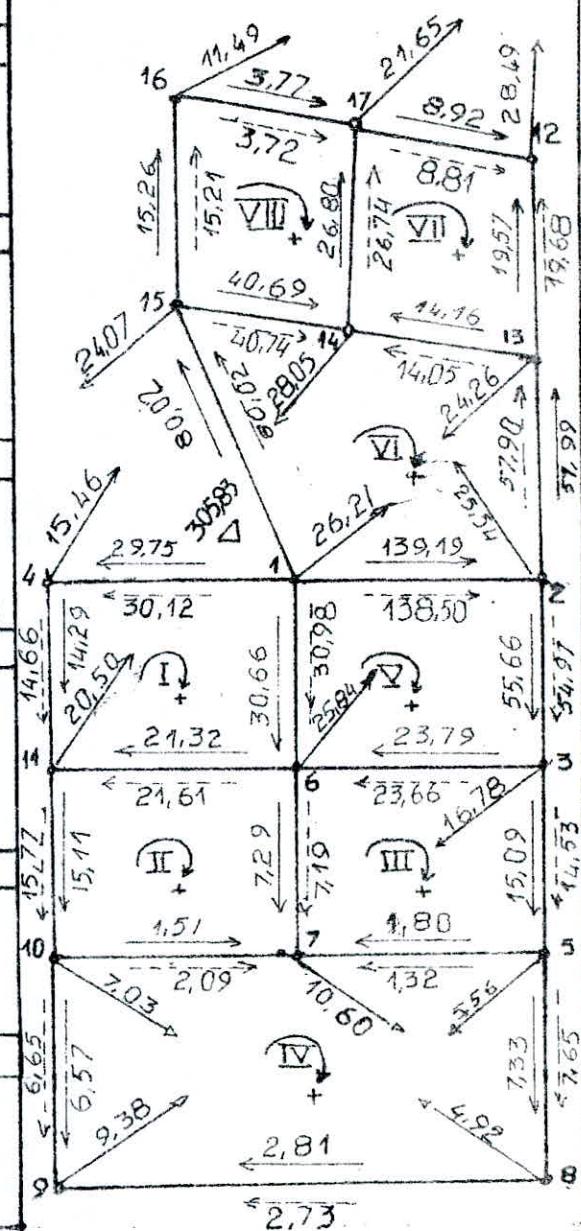
N° de l'arc	$\frac{Q_2}{\Delta Q}$ Q <sub>2</sub> Δ (l/s)	3 <sup>eme</sup> APPROXIMATION					$\frac{Q_3}{\Delta Q}$ Q <sub>3</sub> Δ (l/s)	4 <sup>eme</sup> APPROXIMATION					$\frac{Q_4}{\Delta Q}$ Q <sub>4</sub> Δ (l/s)	
		ΔH (m)	2rQ (m <sup>2</sup> s)	CPM	CAM	Totaux		ΔH (m)	2rQ (m <sup>2</sup> s)	CPM	CAM	Totaux		
1-4	27,89	3,12	223,79	-0,03	-	-0,03	27,86	3,11	223,55	-0,04	-	0,04	27,82	
1-6	-28,54	-3,39	237,56	-0,03	0,08	0,05	-28,49	-3,38	237,15	-0,04	0,04	0	-28,49	
4-11	14,82	4,89	659,62	-0,03	-	-0,03	14,79	4,87	658,30	-0,04	-	-0,04	14,75	
6-11	-22,40	-4,57	407,68	-0,03	0,09	0,06	-22,34	-4,54	406,59	-0,04	0,04	0	-22,34	
$\Sigma = 0,05 \quad \Sigma = 1528,65 \quad \Delta Q = -0,03 \text{ (l/s)}$					$\Sigma = 0,06 \quad \Sigma = 1525,59 \quad \Delta Q = -0,04 \text{ (l/s)}$									
6-11	22,40	4,57	407,68	-0,09	0,03	-0,06	22,34	4,54	406,59	-0,04	0,04	0	22,34	
11-10	19,89	7,95	799,59	-0,09	-	-0,09	19,80	7,88	796,00	-0,04	-	-0,04	19,76	
10-7	7,85	6,42	1635,48	-0,09	0,03	-0,06	7,79	6,32	1623,80	-0,04	0,02	-0,02	7,77	
7-6	-10,60	-18,45	3482,03	-0,09	0,06	-0,03	-10,63	-18,56	3491,83	-0,04	0,06	0,02	-10,61	
$\Sigma = 0,52 \quad \Sigma = 6324,79 \quad \Delta Q = -0,09 \text{ (l/s)}$					$\Sigma = 0,18 \quad \Sigma = 6317,50 \quad \Delta Q = -0,04 \text{ (l/s)}$									
7-6	10,60	18,45	3482,03	-0,06	0,09	0,03	10,63	18,56	3491,83	-0,06	0,04	-0,02	10,61	
7-5	-7,52	-4,28	1137,88	-0,06	0,03	-0,03	-7,55	-4,31	1142,38	-0,06	0,02	-0,04	-7,59	
5-3	-18,98	-15,96	1682,21	-0,06	-	-0,06	-19,04	-16,07	1687,50	-0,06	-	-0,06	-19,10	
3-6	26,30	2,17	165,37	-0,06	0,08	0,02	26,32	2,18	165,50	-0,06	0,04	-0,02	26,30	
$\Sigma = 0,39 \quad \Sigma = 6467,50 \quad \Delta Q = -0,06 \text{ (l/s)}$					$\Sigma = 0,36 \quad \Sigma = 6487,21 \quad \Delta Q = -0,06 \text{ (l/s)}$									
10-9	6,10	6,06	1987,91	-0,03	-	-0,03	6,07	6,00	1978,20	-0,02	-	0,02	6,05	
8-9	-1,84	-2,17	2362,26	-0,03	-	-0,03	-1,87	-2,24	2400,70	-0,02	-	-0,02	-1,89	
5-3	-6,76	-1,52	448,57	-0,03	-	-0,03	-6,79	-1,53	450,53	-0,02	-	-0,02	-6,81	
5-7	7,52	4,28	1137,88	-0,03	0,06	0,03	7,55	4,31	1142,38	-0,02	0,06	0,04	7,59	
7-10	-7,85	-6,42	1635,48	-0,03	0,09	0,06	-7,79	-6,32	1623,08	-0,02	0,04	0,02	-7,77	
$\Sigma = 0,23 \quad \Sigma = 7572,80 \quad \Delta Q = -0,03 \text{ (l/s)}$					$\Sigma = 0,14 \quad \Sigma = 7568,89 \quad \Delta Q = -0,02 \text{ (l/s)}$									
3-6	-26,30	-2,17	165,37	-0,08	0,06	-0,02	-26,32	-2,18	165,50	-0,04	0,06	0,02	-26,30	
6-1	28,54	3,39	237,56	-0,08	0,03	-0,05	-28,49	3,38	237,15	-0,04	0,04	0	28,49	
2-3	-58,46	-0,70	23,71	-0,08	-	-0,08	-59,54	-0,71	23,74	-0,04	-	-0,04	-59,58	
1-2	-78,44	-0,47	12,07	-0,08	-	-0,08	-78,52	-0,47	12,08	-0,04	-	-0,04	-78,56	
$\Sigma = 0,04 \quad \Sigma = 438,71 \quad \Delta Q = -0,08 \text{ (l/s)}$					$\Sigma = 0,02 \quad \Sigma = 438,46 \quad \Delta Q = -0,04$									

# CALCUL DU RESEAU MAILLE

Tableau N° 21

RES C 2000 Tab 1

N° mailles		caractéristique			Débit Q <sub>o</sub> (l/s)		
P	A	Tronçon	Diamètres (mm)	Longueurs (m)		Sens suppose	Sens Corrigé
I	V	1-4	200	346	-30,12		
	V	1-6	200	359	30,98		
		4-11	150	412	-14,66		
	II	6-11	150	169	21,61		
II	I	6-11	150	169	-21,61		
		11-10	150	373	-15,77		
	IV	10-7	100	219	-2,09		
	III	7-6	100	346	7,19		
III	II	7-6	100	346	-7,19		
	IV	7-5	100	159	1,32		
		5-3	125	310	14,53		
	V	3-6	200	271	-23,66		
IV		10-9	80	103	-6,65		
		8-9	80	400	2,73		
		5-8	125	230	7,65		
	III	5-7	100	159	-1,32		
	II	7-10	100	219	2,09		
V	III	3-6	200	271	23,66		
	I	6-1	200	359	-30,90		
		2-3	300	149	54,97		
	VI	1-2	400	264	138,50		
VI	V	1-2	400	264	-138,50		
		2-13	300	230	-57,90		
	VII	13-14	150	310	-14,05		
	VIII	14-15	200	230	40,75		
		1-15	350	390	80,02		
VII	VI	13-14	150	310	14,05		
		13-12	150	450	-19,68		
		17-12	150	520	8,81		
	VIII	14-17	200	440	26,74		
VIII	VII	14-17	200	440	-26,74		
		14-15	200	230	-40,74		
		16-17	125	250	3,72		
		15-16	150	600	15,21		



RES C 2000 Tab 2c

Tronçons	$\frac{m}{s} Q_0$ D (l/s)	1 <sup>ère</sup> APPROXIMATION					$\frac{m}{s} Q_1$ D (l/s)	2 <sup>ème</sup> APPROXIMATION					$\frac{m}{s} Q_2$ D (l/s)
		$\Delta H$ (m)	$2rQ$ ( $m^{-2}s$ )	CPM	CAM	Totaux		$\Delta H$ (m)	$2rQ$ ( $m^{-2}s$ )	CPM	CAM	Totaux	
1-4	-30,12	-3,62	244,53	0,12	-	0,12	-30,00	-3,61	240,57	0,13	-	0,13	-29,87
1-6	30,98	3,99	257,70	0,12	-0,35	-0,23	30,75	3,93	255,80	0,13	-0,13	0	30,75
4-11	-14,66	-4,78	652,56	0,12	-	0,12	-14,54	-4,71	647,27	0,13	-	0,13	-14,41
6-11	21,61	4,25	393,39	0,12	-0,31	-0,19	21,42	4,18	388,95	0,13	-0,14	-0,01	21,41
		$\Sigma = -0,18$	$\Sigma = 1545,18$	$\Delta Q = 0,12$ (l/s)				$\Sigma = -0,20$	$\Sigma = 1533,60$	$\Delta Q = 0,13$ (l/s)			
6-11	-21,61	-4,25	393,39	0,31	-0,12	0,19	-21,42	-4,18	388,95	0,14	-0,13	0,01	-21,41
11-10	15,77	-5,01	635,11	0,31	-	0,31	-15,46	-4,81	622,73	0,14	-	0,14	-15,32
10-7	-2,09	-0,46	444,59	0,31	-0,03	0,28	-1,81	-0,35	386,66	0,14	-0,02	0,12	-1,69
7-6	7,19	8,51	2368,36	0,31	-0,19	0,12	7,31	8,80	2407,55	0,14	-0,19	-0,05	7,26
		$\Sigma = -1,21$	$\Sigma = 3844,45$	$\Delta Q = 0,31$ (l/s)				$\Sigma = -0,54$	$\Sigma = 3806,90$	$\Delta Q = 0,14$ (l/s)			
7-6	-7,19	-8,51	2368,36	0,19	-0,31	-0,12	-7,31	-8,80	2407,55	0,19	-0,14	0,05	-7,26
7-5	1,32	0,14	207,08	0,19	-0,03	0,16	1,48	0,17	231,14	0,19	-0,02	0,17	-30,75
5-3	14,53	9,37	1289,80	0,19	-	0,19	14,72	9,32	1306,56	0,19	-	0,19	55,45
3-6	-23,66	-1,76	148,93	0,19	-0,35	-0,16	-23,82	-1,79	149,92	0,19	-0,13	-0,06	138,99
		$\Sigma = -0,77$	$\Sigma = 4014,17$	$\Delta Q = 0,19$ (l/s)				$\Sigma = 0,80$	$\Sigma = 4095,17$	$\Delta Q = 0,19$ (l/s)			
10-9	-6,65	7,20	2165,99	0,03	-	0,03	-6,62	-7,14	2156,28	0,02	-	0,02	-6,60
9-9	2,73	4,75	3482,35	0,03	-	0,03	2,76	4,86	3520,08	0,02	-	0,02	2,78
5-8	7,65	1,94	506,80	0,03	-	0,03	7,68	1,95	508,77	0,02	-	0,02	7,70
5-7	-1,32	-0,14	207,08	0,03	-0,19	0,16	-1,48	-0,17	231,14	0,02	-0,19	-0,17	-1,65
7-10	2,09	0,46	444,59	0,03	-0,31	-0,28	1,81	0,35	386,66	0,02	-0,14	-0,12	1,69
		$\Sigma = 0,18$	$\Sigma = 6806,81$	$\Delta Q = 0,03$ (l/s)				$\Sigma = -0,15$	$\Sigma = 6802,91$	$\Delta Q = 0,02$ (l/s)			
3-6	23,66	1,76	148,93	0,35	-0,19	0,16	23,82	1,79	149,92	0,13	-0,19	-0,06	23,76
6-1	-30,90	-3,99	257,70	0,35	-0,12	0,23	-30,75	-3,93	255,80	0,13	-0,13	0	30,75
2-3	54,97	0,60	21,93	0,35	-	0,35	55,32	0,61	22,07	0,13	-	0,13	55,45
1-2	138,50	1,47	21,19	0,35	0,10	0,45	138,95	1,48	21,26	0,13	-0,09	0,04	138,99
		$\Sigma = -0,16$	$\Sigma = 449,75$	$\Delta Q = 0,35$ (l/s)				$\Sigma = -0,06$	$\Sigma = 449,06$	$\Delta Q = 0,13$ (l/s)			
1-2	-138,50	-1,47	21,19	-0,10	-0,35	-0,45	-138,95	-1,48	-21,26	0,09	-0,13	-0,04	-138,99
2-13	-57,90	-1,04	35,70	0,10	-	0,10	-58,09	-1,04	35,76	0,09	-	0,09	-58,00
13-14	-14,05	-3,31	470,77	-0,10	-0,11	-0,21	-14,26	-3,41	477,74	0,09	0,02	0,11	-14,15
14-15	40,74	4,41	216,70	-0,10	-0,04	-0,14	40,60	4,38	215,96	0,09	0	0,09	40,69
1-15	80,02	1,47	36,82	-0,10	-	-0,10	79,92	1,47	36,78	0,09	-	0,09	80,01
		$\Sigma = 0,08$	$\Sigma = 781,18$	$\Delta Q = -0,10$ (l/s)				$\Sigma = -0,07$	$\Sigma = 787,49$	$\Delta Q = 0,09$ (l/s)			
13-14	14,05	3,31	470,77	0,11	0,10	0,21	14,26	3,41	477,74	-0,02	-0,09	-0,11	14,15
13-12	-19,68	-9,39	954,54	0,11	-	0,11	-19,57	-9,29	949,24	-0,02	-	0,02	-19,59
12-11	8,81	2,19	498,01	0,11	-	0,11	8,92	2,25	504,13	-0,02	-	-0,02	8,90
14-17	26,74	3,65	272,95	0,11	-0,04	0,07	26,81	3,67	273,66	-0,02	0	-0,02	26,79
		$\Sigma = -0,24$	$\Sigma = 2196,27$	$\Delta Q = 0,11$				$\Sigma = 0,03$	$\Sigma = 2204,77$	$\Delta Q = -0,02$ (l/s)			
14-17	-26,74	-3,65	272,95	0,04	-0,11	-0,07	-26,81	-3,67	273,66	0	0,02	0,02	-26,79
14-15	-40,74	-4,41	216,70	0,04	0,10	0,14	-40,60	-4,38	215,96	0	-0,09	-0,09	-40,69
15-17	3,72	0,50	271,31	0,04	-	0,04	3,76	0,52	274,16	0	-	0	3,76
15-16	15,21	7,50	985,66	0,04	-	0,04	15,25	7,54	988,23	0	-	0	15,25
		$\Sigma = -0,06$	$\Sigma = 1746,62$	$\Delta Q = 0,04$ (l/s)				$\Sigma = -0,001$	$\Sigma = 1752,01$	$\Delta Q = 0,001$ (l/s)			

RES C 2000 Tab 3 (f)

Tronçons	$\frac{d}{D} Q_2$	3 <sup>eme</sup> APPROXIMATION					$\frac{d}{D} Q_3$	4 <sup>eme</sup> APPROXIMATION					$\frac{d}{D} Q_4$
		$\Delta H$ (m)	$2rQ$ ( $m^2/s$ )	CPM	CAM	Total aux		$\Delta H$ (m)	$2rQ$ ( $m^2/s$ )	CPM	CAM	Total aux	
1-4	-29,87	-3,58	239,54	0,06	-	0,06	-29,81	-3,56	239,06	0,06	-	0,06	-29,75
1-6	30,75	3,93	255,80	0,06	-0,14	-0,08	30,67	3,91	255,14	0,06	-0,07	-0,01	30,66
4-11	-14,41	-4,62	641,54	0,06	-	0,06	-14,35	-4,58	638,89	0,06	-	0,06	-14,29
6-11	21,41	4,17	389,77	0,06	-0,14	-0,08	21,33	4,14	388,33	0,06	-0,07	-0,01	21,32
		$\Sigma = -0,09$	$\Sigma = 1526,65$	$\Delta Q = 0,06$	(e1a)			$\Sigma = -0,09$	$\Sigma = 1521,42$	$\Delta Q = 0,06$	(e1a)		
6-11	-21,41	-4,17	389,77	0,14	-0,06	0,08	-21,33	-4,14	388,33	0,07	-0,06	0,01	-21,32
11-10	-15,32	-4,73	617,14	0,14	-	0,14	-15,18	-4,64	611,55	0,07	-	0,07	-15,11
10-7	-1,69	-0,31	361,82	0,14	-0,02	0,12	-1,57	-0,26	336,99	0,07	-0,01	0,06	-1,51
7-6	7,26	8,68	2391,22	0,14	-0,09	0,05	7,31	8,80	2407,55	0,07	-0,09	-0,02	7,29
		$\Sigma = 0,53$	$\Sigma = 3759,96$	$\Delta Q = 0,14$	(e1s)			$\Sigma = -0,25$	$\Sigma = 3744,42$	$\Delta Q = 0,07$	(e1s)		
7-6	-7,26	-8,68	2391,22	0,09	-0,14	-0,05	-7,31	-8,80	2407,55	0,09	-0,07	0,02	-7,29
7-5	1,65	0,21	256,68	0,09	-0,02	0,07	1,72	0,23	267,20	0,09	-0,01	0,08	1,80
5-3	14,91	9,87	1323,31	0,09	-	0,09	15,00	9,98	1331,25	0,09	-	0,09	15,09
3-6	-23,76	-1,78	149,55	0,09	-0,14	-0,05	-23,81	-1,78	149,86	0,09	-0,07	0,02	-23,79
		$\Sigma = -0,38$	$\Sigma = 4120,77$	$\Delta Q = 0,09$	(e1s)			$\Sigma = -0,37$	$\Sigma = 4155,87$	$\Delta Q = 0,09$	(e1s)		
10-9	-6,61	-7,09	2149,80	0,02	-	0,02	-6,58	-7,05	2143,33	0,01	-	0,01	-6,57
8-9	2,78	4,93	3545,23	0,02	-	0,02	2,80	5,00	3570,38	0,01	-	0,01	2,81
5-8	7,70	1,96	510,08	0,02	-	0,02	7,72	1,97	511,38	0,01	-	0,01	7,73
5-7	-1,65	-0,21	256,68	0,02	-0,09	-0,07	-1,72	-0,23	267,20	0,01	-0,09	-0,08	-1,80
7-10	1,69	0,31	361,82	0,02	-0,14	-0,12	1,57	0,26	336,99	0,01	-0,07	-0,06	1,51
		$\Sigma = -0,11$	$\Sigma = 6823,61$	$\Delta Q = 0,02$	(e1s)			$\Sigma = -0,04$	$\Sigma = 6829,28$	$\Delta Q = 0,01$	(e1s)		
3-6	-23,76	1,78	149,55	0,14	-0,09	0,05	23,81	1,78	149,86	0,07	-0,09	-0,02	23,79
6-1	30,75	3,93	255,80	0,14	-0,06	0,08	30,67	-3,91	255,14	0,07	-0,06	0,01	-30,66
2-3	55,45	0,61	22,12	0,14	-	0,14	55,59	0,62	22,18	0,07	-	0,07	55,66
1-2	138,99	1,48	21,27	0,14	0,01	0,15	139,14	1,48	21,19	0,07	-0,02	0,05	139,19
		$\Sigma = 0,06$	$\Sigma = 448,74$	$\Delta Q = 0,14$	(e1s)			$\Sigma = -0,03$	$\Sigma = 448,47$	$\Delta Q = 0,07$	(e1s)		
1-2	-138,99	-1,48	21,57	-0,01	-0,14	-0,15	-139,14	-1,48	21,29	0,02	-0,07	-0,05	-139,19
2-13	-58,00	-1,04	35,70	-0,01	-	-0,01	-58,01	-1,04	35,71	0,02	-	0,02	-57,99
13-14	-14,15	-3,35	474,09	-0,01	-0,02	-0,03	-14,18	-3,37	475,08	0,02	0	0,02	-14,16
14-15	40,69	4,40	216,44	-0,01	-0,01	-0,02	40,67	4,40	216,33	0,02	0	0,02	40,69
1-15	88,04	1,47	36,82	-0,01	-	-0,01	80,00	1,47	36,81	0,02	-	0,02	80,02
		$\Sigma = 0,01$	$\Sigma = 784,31$	$\Delta Q = -0,01$	(e1s)			$\Sigma = -0,01$	$\Sigma = 785,22$	$\Delta Q = 0,02$	(e1s)		
13-14	14,15	3,35	474,09	0,02	0,01	0,03	14,18	3,37	475,08	0	-0,02	-0,02	14,16
13-12	-19,59	-9,31	950,20	0,02	-	0,02	-19,57	-9,29	949,24	0	-	0	-19,57
17-12	8,90	2,24	503,02	0,02	-	0,02	8,92	2,25	504,13	0	-	0	8,92
14-17	26,79	3,66	273,46	0,02	-0,01	0,01	26,80	3,67	273,56	0	0	0	26,80
		$\Sigma = -0,05$	$\Sigma = 2200,76$	$\Delta Q = 0,02$	(e1s)			$\Sigma = -0,01$	$\Sigma = 2202,01$	$\Delta Q = 0,003$	(e1s)		
14-17	-26,79	-3,66	273,46	0,01	-0,02	-0,01	-26,80	-3,67	273,56	0	0	0	-26,80
14-15	-40,69	-4,40	216,44	0,01	0,01	0,02	-40,67	-4,40	216,33	0	-0,02	-0,02	-40,69
16-17	3,76	0,52	274,16	0,01	-	0,01	3,77	0,52	274,87	0	-	0	3,77
15-16	15,25	7,54	988,23	0,01	-	0,01	15,26	7,55	988,87	0	-	0	15,26
		$\Sigma = -0,02$	$\Sigma = 1752,28$	$\Delta Q = 0,01$	(e1s)			$\Sigma = 0,002$	$\Sigma = 1753,63$	$\Delta Q = 0,001$	(e1s)		

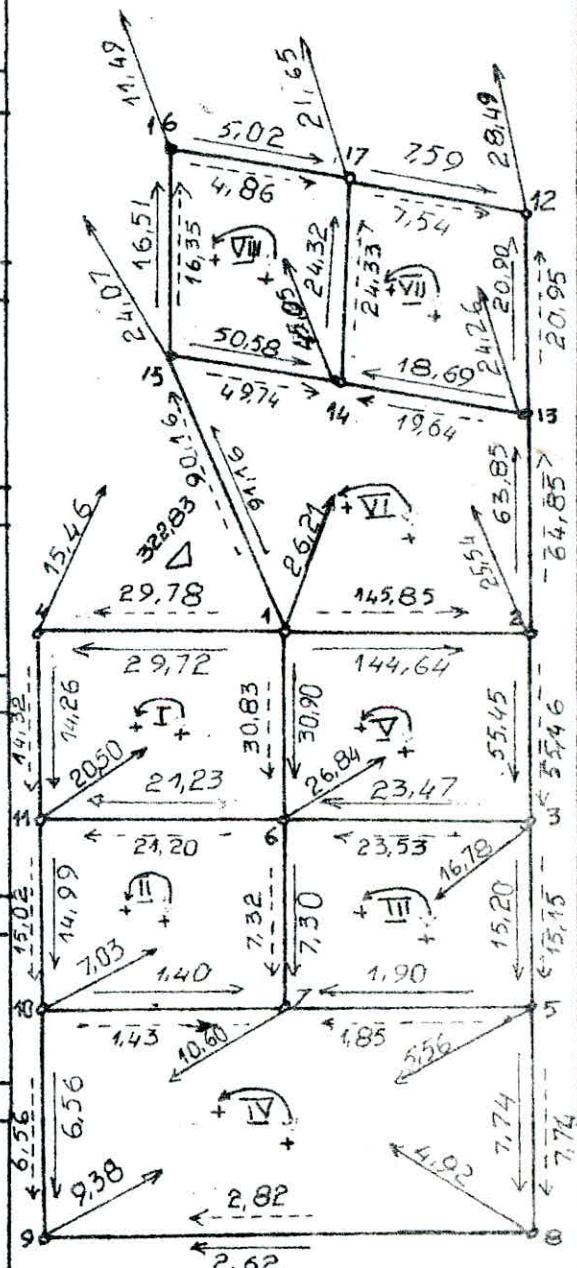
# CALCUL DU RESEAU MAILLE

Soutirage du débit d'incendie N° 14 RES C 2000 Tab 1

Tableau N° 22

Tronçons	Is D Q <sub>o</sub> (l/s)	1 <sup>re</sup> APPROXIMATION					Is D Q <sub>i</sub> (l/s)
		ΔH (m)	2rQ (m <sup>2</sup> s)	CPM	CAM	Total	
1-4	29,78	3,56	238,82	-0,05	-	-0,05	29,73
4-6	-30,83	-3,95	256,46	-0,05	-0,07	-0,12	-30,95
4-11	14,32	4,37	637,57	-0,05	-	-0,05	14,27
6-11	-21,20	-4,09	385,97	-0,05	0,01	-0,04	-21,24
		$\Sigma = 0,08$	$\Sigma = 1518,53$	$\Delta Q = -0,05$ (l/s)			
6-11	21,20	4,09	387,97	-0,01	0,05	0,04	21,24
11-10	15,02	4,54	605,47	-0,01	-	-0,01	15,01
10-7	1,43	0,22	308,00	-0,01	0	-0,01	1,42
7-6	-7,32	-8,82	2410,82	-0,01	0,03	0,02	-7,32
		$\Sigma = 0,03$	$\Sigma = 3709,96$	$\Delta Q = -0,01$ (l/s)			
7-6	7,32	8,82	2410,82	-0,03	0,01	-0,02	7,30
7-5	-1,85	-0,27	286,73	-0,03	0	-0,03	-1,88
5-3	-15,15	-10,18	1344,48	-0,03	-	-0,03	-15,18
3-6	23,53	1,74	148,12	-0,03	-0,07	-0,10	23,43
		$\Sigma = 0,12$	$\Sigma = 4190,15$	$\Delta Q = -0,03$ (l/s)			
10-9	6,56	7,01	2136,85	0	-	0	6,56
8-9	-2,82	-5,07	3595,53	0	-	0	-2,82
5-8	-7,74	-1,98	512,69	0	-	0	-7,74
5-7	1,85	0,27	286,73	0	0,03	0,01	1,88
7-10	-1,43	-0,22	308,00	0	0,01	0,01	-1,42
		$\Sigma = 5 \cdot 10^{-5}$	$\Sigma = 6839,81$	$\Delta Q = 0,0 \cdot 7 \cdot 10^{-6}$ (l/s)			
3-6	-23,53	-1,74	148,12	0,07	0,03	0,10	-23,43
6-1	30,83	3,95	256,46	0,07	0,05	0,12	30,95
2-3	-55,46	-0,61	22,13	0,07	-	0,12	-55,39
1-2	-145,85	-0,22	22,31	0,07	0,90	0,97	-144,88
		$\Sigma = -0,03$	$\Sigma = 449,01$	$\Delta Q = 0,07$ (l/s)			
1-2	145,85	1,63	22,31	-0,90	-0,07	-0,97	144,88
2-13	64,85	1,29	39,88	-0,90	-	-0,90	63,95
13-14	19,64	6,44	656,24	-0,90	-0,19	-1,09	18,55
15-14	-4,974	-6,57	264,28	-0,90	0,04	-0,86	-50,60
1-15	-90,16	-1,87	41,44	-0,90	-	-0,90	-91,06
		$\Sigma = 0,92$	$\Sigma = 1024,16$	$\Delta Q = -0,90$ (l/s)			
13-14	-19,64	-6,44	656,24	0,19	0,90	1,09	18,55
13-12	20,95	10,64	1015,70	0,19	-	0,19	21,14
17-12	-7,54	-1,61	427,31	0,19	-	0,19	-7,35
14-17	-24,33	-3,02	248,58	0,19	0,04	0,23	-24,10
		$\Sigma = -0,44$	$\Sigma = 2347,83$	$\Delta Q = 0,19$ (l/s)			
14-17	24,33	3,02	248,58	-0,04	-0,19	-0,23	24,10
14-15	49,74	6,57	264,28	-0,04	0,90	0,86	50,60
16-17	-4,86	-0,86	352,42	-0,04	-	-0,04	-4,90
15-16	-16,35	-8,66	1058,97	-0,04	-	-0,04	-16,39
		$\Sigma = 0,08$	$\Sigma = 1924,15$	$\Delta Q = -0,04$ (l/s)			

----- Sens Supposé  
— Sens Corrigé

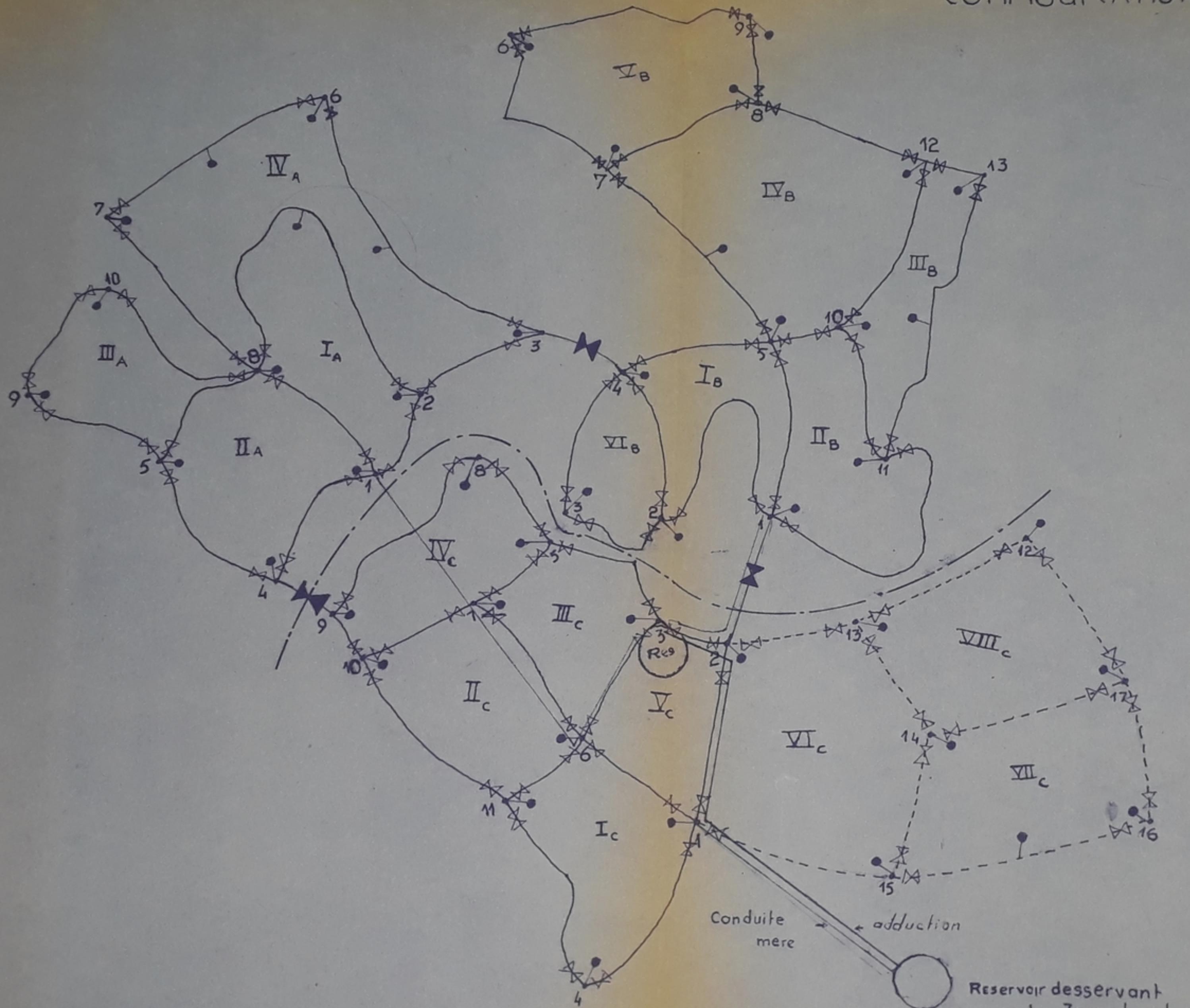


## Soutirage du debit d'incendie Nœud N° 14

RESC 2000 Tab 2 (F)

Nœud	It	$\sum Q_1$	2 <sup>ème</sup> APPROXIMATION					$\sum Q_2$	3 <sup>ème</sup> APPROXIMATION					$\sum Q_3$
			$\Delta H$	$2rQ$	CPM	CAM	Totaux		$\Delta H$	$2rQ$	CPM	CAM	Totaux	
1-4	29,73	3,54	238,62	0,01	-	0,01	29,74	3,55	238,50	-0,02	-	0,02	29,72	
1-6	-30,95	-3,98	357,45	0,01	0,09	0,10	-30,85	-3,96	256,62	0,02	0,03	-0,05	30,90	
4-11	14,27	4,53	635,37	0,01	-	0,01	14,28	4,54	635,81	0,02	-	-0,02	14,26	
6-11	-21,24	-4,11	386,70	0,01	0,02	0,03	-21,21	-4,10	386,16	0,02	0	-0,02	-21,23	
			$\Sigma = -0,01$	$\Sigma = 1517,94$	$\Delta Q = 0,01$	(l1a)		$\Sigma = 0,03$	$\Sigma = -1517,09$	$\Delta Q = -0,02$	(l1a)			
6-11	21,24	4,11	386,70	-0,02	-0,01	-0,03	21,21	4,10	365,81	0	0,02	0,02	21,23	
11-10	15,01	4,54	604,77	-0,02	-	-0,02	14,99	4,53	603,97	0	-	0	14,99	
10-7	1,42	0,22	305,93	-0,02	0	-0,02	1,40	0,21	301,79	0	0	0	1,40	
7-6	-7,30	-3,78	2404,29	-0,02	0	-0,02	-7,32	-8,82	2410,82	0	0,02	0,02	-7,30	
			$\Sigma = 0,09$	$\Sigma = 3701,68$	$\Delta Q = -0,02$	(l1a)		$\Sigma = 0,01$	$\Sigma = 3702,73$	$\Delta Q = -0,003$	(l1a)			
7-6	7,30	0,78	2404,29	0	0,02	0,02	7,32	8,82	2410,82	-0,02	0	-0,02	7,30	
7-5	-1,88	-0,27	291,24	0	0	0	-1,88	-0,27	291,24	-0,02	0	-0,02	-1,90	
5-3	-15,18	-10,22	1347,12	0	-	0	-15,18	-10,22	1347,12	-0,02	-	-0,02	-15,20	
3-6	23,43	1,73	147,49	0	0,09	0,09	23,52	1,74	148,05	-0,02	-0,03	0,05	23,47	
			$\Sigma = -0,005$	$\Sigma = 4190,14$	$\Delta Q = -0,001$	(l1a)		$\Sigma = 0,07$	$\Sigma = 4190,24$	$\Delta Q = -0,02$	(l1a)			
10-9	6,56	7,01	2136,85	0	-	0	6,56	7,01	2136,85	0	-	0	6,56	
8-9	-2,82	-5,01	3595,53	0	-	0	-2,82	-5,07	3595,53	0	-	0	-2,82	
7-8	-7,74	-1,98	512,69	0	-	0	-7,74	-1,98	512,69	0	-	0	-7,74	
5-7	1,88	0,27	291,24	0	0	0	1,88	0,27	291,24	0	0,02	0,02	1,90	
7-10	-1,42	-0,22	305,93	0	0,02	0,02	-1,40	-0,21	301,79	0	0	0	-1,40	
			$\Sigma = 0,01$	$\Sigma = 6842,25$	$\Delta Q = -0,002$	(l1a)		$\Sigma = 0,02$	$\Sigma = 6838,11$	$\Delta Q = -0,003$	(l1a)			
3-6	-23,43	-1,73	147,49	-0,09	0	-0,09	-23,52	-1,74	148,05	0,03	0,02	0,05	-23,47	
6-1	30,95	3,98	257,45	-0,09	-0,01	-0,10	30,85	3,96	256,62	0,03	0,02	0,05	30,90	
2-3	-55,39	-0,61	22,10	-0,09	-	-0,09	-55,48	-0,61	22,13	0,03	-	0,03	-55,45	
1-2	-144,88	-1,61	22,16	-0,09	-0,11	-0,20	-145,08	-1,61	22,19	0,03	0,21	0,24	144,84	
			$\Sigma = 0,04$	$\Sigma = 449,21$	$\Delta Q = -0,09$	(l1a)		$\Sigma = -0,01$	$\Sigma = 449,00$	$\Delta Q = 0,03$	(l1a)			
1-2	145,88	1,61	22,16	0,11	0,09	0,20	145,08	1,61	22,19	-0,21	-0,03	-0,24	144,84	
2-13	63,95	1,26	39,33	0,11	-	0,11	64,06	1,26	39,40	-0,21	-	-0,21	63,85	
13-14	18,55	5,75	619,75	0,11	0,26	0,37	18,92	5,98	632,35	-0,21	0,02	-0,23	18,69	
15-14	-50,60	-6,80	268,83	0,11	0,10	0,21	-50,39	-6,75	267,72	-0,21	0,02	-0,19	-50,58	
1-15	-91,06	-1,91	41,85	0,11	-	0,11	-90,95	-1,90	41,80	-0,21	-	-0,21	-91,16	
			$\Sigma = -0,11$	$\Sigma = 991,92$	$\Delta Q = 0,11$	(l1a)		$\Sigma = 0,21$	$\Sigma = 103,47$	$\Delta Q = -0,21$	(l1a)			
13-14	-18,25	-5,75	619,25	-0,26	-0,11	-0,37	18,92	-5,98	632,35	0,02	0,21	-0,23	-18,69	
13-12	29,74	10,83	1026,85	-0,26	-	-0,26	20,88	10,57	1012,34	0,02	-	0,02	20,90	
17-12	-73,5	-1,53	416,73	-0,26	-	-0,26	-7,61	-1,64	431,20	0,02	-	0,02	-7,59	
14-17	-24,10	-2,97	248,25	-0,26	0,10	-0,16	-24,26	-3,01	347,87	0,02	0,02	0,04	-24,22	
			$\Sigma = 0,59$	$\Sigma = 2307,58$	$\Delta Q = -0,26$	(l1a)		$\Sigma = -0,05$	$\Sigma = 2323,43$	$\Delta Q = 0,02$	(l1a)			
14-17	24,10	2,97	246,25	-0,10	0,26	0,16	24,26	3,01	247,87	-0,02	-0,02	-0,04	24,22	
14-15	50,60	6,80	268,83	-0,10	-0,11	-0,21	50,39	6,75	267,72	-0,02	0,21	0,19	50,58	
16-17	-4,90	-0,87	355,27	-0,10	-	-0,10	-5,00	-0,91	361,38	-0,02	-	-0,02	-5,02	
15-16	-16,39	-8,70	1061,44	-0,10	-	-0,10	-16,49	-8,80	1067,06	-0,02	-	-0,02	-16,51	
			$\Sigma = 0,20$	$\Sigma = 1931,79$	$\Delta Q = -0,10$	(l1a)		$\Sigma = 0,04$	$\Sigma = 1945,83$	$\Delta Q = -0,02$	(l1a)			

## CONFIGURATION GENERALE DU RESEAU



● bouches ou poteau d'incendie.  
 — - - vanne fermée  
 — - - vanne Ouvert

Reservoir desservant  
La Zone haute

## 7 - EQUIPEMENT DU RESEAU DE DISTRIBUTION :

### A- CONDUITES :

La nouvelle zone urbaine " les Platanes" étant sujette à des courants vagabonds (proximité de la zone industrielle ), il est préférable de prévoir des conduites en P.V.C OU en amiante ciment, ces derniers sont insensibles à la corrosion due aux courants vagabonds .

La paroi intérieure de la conduite étant lisse , le risque d'antartrage est minimisé .

Leurs seuls désavantages étant l'impossibilité de façonner des pièces spéciales sur place (té, coude, croix etc ...) comme pour les conduites en acier , pour cela il est souhaitable voir même obligatoire de prévoir à l'avance les pièces nécessaires .

Ces canalisations doivent subir un essai pour une pression de service égale à 10 bars.

### B- PRINCIPAUX ACCESSOIRES DU RESEAU :

- ROBINETS -VANNES : leurs buts étant de permettre l'isolement des divers tronçons des canalisations , nous les disposons donc à chaque noeud du réseau ou sur sur le parcours d'une longue conduite afin d'avoir la faculté de réparer un bief accidenté tout en limitant la gêne ainsi considéré .

- VENTOUSES : elles <sup>ont</sup> pour but d'évacuer l'air contenu dans les conduites , leurs emplacements sont prévus là où il y a contournement d'air ( point le plus haut )

Mais dans certains cas ces ventouses peuvent être avantageusement remplacés par une bouche de lavage .

- DECHARGES : ce sont des robinets prévus aux points bas du réseau en vue de la vidange de la conduite sur l'égout.

- BOUCHES DE LAVAGE : elles sont utilisées pour le lavage des caniveaux et des rues; afin de permettre un lavage par gravité il est nécessaire de les disposer au point haut de la voie et près des caniveaux dans la mesure où ces bouches sont exploitées tous les jours . Elles peuvent remplacer avantageusement les ventouses , car en fonctionnant elles évacuent l'air contourné.

\* Sur les tronçons où la vitesse est inférieure à la limite minimale afin d'éviter des dépôts il est souhaitable de prévoir des bouches de lavage.

- BOUCHES D'ARROSAGE : Disposées aux alentours des espaces verts , jardins publics ou boulevards elles ont pour but l'entretien des plantes ....

- BOUCHES D'INCENDIE : Ces éléments doivent être raccordés sur des canalisations capables de fournir au point considéré un débit de 171 / s sous une pression de 0,6 bars (6 m de colonne d'eau ), leurs espacements d'ordinaire ne doivent pas excéder 300m voir même moins de 200m selon l'importance des risques .

- CLAPET DE RETENUE : il est destiné à assurer le passage de l'eau dans un sens et l'arrêter dans l'autre sens, il sera disposé là où il y a risque de siphonnage .

- SURPRESSEURS : ils permettent l'élévation de la pression au seuil désiré , ils seront disposés là où la pression est insuffisante.

- REDUCTEURS DE PRESSION : ils sont destinés à diminuer les fortes pressions et sont placés sur les noeuds présentant des fortes pressions.
- FONTAINNERIES : Souvent elles revêtent un aspect décoratif ou ornemental pour cette raison il n'existe aucune obligation qui nous incite à les raccorder sur des canalisations présentant des caractéristiques spécifiques . Elles peuvent équiper les Mosquées , jardins publics, places .

C PIECES SPECIALES DU RESEAU :

Généralement ce sont des pièces nécessaires pour assurer un raccordement , une étanchéité,un changement de sens ;parmi les pièces on peut énumérer les plus utilisées:

- Cône de réduction : pour le raccordement des conduites présentant des diamètres différents,
- Bouts d'extrémité ; bride emboitement ; emboitement ou bride uni nécessaires à la mise en place d'appareils hydrauliques,
- Manchons droits : servent à raccorder les éléments de conduite
- Croix,tés,joints etc .....

Ces éléments ont pour rôle d'assurer :

- Une régularité dans le fonctionnement du pompage, les hauteurs de refoulement des pompes sont stables et le débit constant,
  - Ils offrent l'avantage d'une sollicitation régulière des points d'eau, ils excluent les à coups journaliers au moment des pointes,
  - Ils permettent une régularité de la pression dans le réseau de distribution
  - Ils permettent un arrêt momentané plus ou moins lent du refoulement sans produire une gêne au niveau de la distribution et cela pour les suivantes :
- \* Défaillance de la source d'énergie
  - \* Accident ou défaillance au niveau du refoulement
  - \* Cas où une eau est suspecte ou momentanément trouble.

#### 1- TYPES DE RESERVOIRS ET MATERIAUX :

La capacité de nos réservoirs n'excède pas  $3500m^3$ , leur forme sera de section circulaire pour les raisons suivantes :

- \* Technique simplifiée et étanchéité facile à réaliser
- \* Economies sur les frais de réalisation & construction )
- \* Conservation à une température constante de l'eau

nous incitent à prévoir les réservoirs semi-enterrés ou enterrés ;

#### - Matériau :

Les réservoirs étant de section circulaire, un coffrage approprié nous permet de réaliser la structure béton; par ailleurs l'étanchéité étant le but principal recherché lors de l'exécution ; le matériau idéal pour assurer une telle étanchéité est le béton précontraint;

Afin de pallier à l'inconvénient des microfissures on dispose un revêtement plastique étanche ( à condition qu'il n'altère pas la potabilité de l'eau).

#### 2 - CAPACITES DES RESERVOIRS :

Le bien fait à tirer des réservoirs est l'appui qu'ils apportent durant les heures de forte consommation et de la faculté de stockage lors des heures creuses : le calcul de leurs capacités est donc fonction des variations du débit.

Afin de limiter le temps de stagnation de l'eau dans les cuves il est nécessaire de dimensionner ces derniers selon la journée la plus chargée , pour cette raison il est utile de connaître le coefficient de variations horaires du débit .

Variations horaires du débit:

6h - 7h	:	2,1 a
7h - 11h	:	2,4 a
11h - 16h	:	0,5 a
16h - 18h	:	2,0 a
18h - 22h	:	1,2 a
22h - 6 h	:	0,125 a

\* La limite supérieure de ces coefficients ne doit pas dépasser le coefficient de pointe  $K_p = 2,4$

a étant la consommation moyenne horaire

ZONE BASSE

$$\Delta = \frac{\text{consommation journalière moy= } 10816,536}{24} = 450,689 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$a = 450,689 \text{ m}^3/\text{h}$$

ZONE HAUTE

$$\Delta = \frac{10133,976}{24} = 422,249 \text{ m}^3/\text{h}$$

Pour les calculs voir (Tab 23,24)

A la capacité ~~sous-ti~~ déterminé on ajoute la rosorve d'incendie ( $120 \text{ m}^3$ ).

Zone basse :  $V = 2366,118 + 788,706 + 120 = 3274,824 \text{ m}^3$ .

$$V = 3500 \text{ m}^3.$$

Le volume sera repartie dans 2 cuves de capacité standardisé.

$$V = 1500 + 2000 \quad V_1 = 1500 \text{ m}^3 \\ V_2 = 2000 \text{ m}^3$$

Chaque cuve doit posseder un dispositif permettant de consigner la totalité de la réserve d'incendie ( $120 \text{ m}^3$ ).

Zone haute :  $V = 2216,806 + 738,935 + 120 = 3075,741 \text{ m}^3$

$$V = 3500 \text{ m}^3.$$

La conception des cuves alimentant la zone haute, présentant les mêmes caractéristiques (volumes) leurs conception est similaire a celles qui desservent la zone basse.

3 - DIMENTIONNEMENT DES CUVES :

Etant limité par la superficie (réservoirs desservant la zone basse situés dans un espace reduit) la hauteur de l'ouvrage est prise égale à 6m (voir planche II) d'autre part les cuves prevues pour la zone haute est et la zone basse étant de même capacité, l'étude des dimentionnements sera Commune.

Hauteur d'eau maximale dans les cuves  $h = 5\text{m}$

$$V = h \times S = h \times \frac{\pi D^2}{4} = D = \sqrt[2]{\frac{4V}{\pi h}}$$

$$\text{Cuves } 1500 \text{ m}^3 \quad D_{int} = \sqrt[2]{\frac{4 \times 1500}{\pi \times 5}} = 19,54 \text{ m}$$

$$\text{Cuves } 2000 \text{ m}^3 \quad D_{int} = \sqrt[2]{\frac{4 \times 2000}{\pi \times 5}} = 22,57 \text{ m.}$$

$D = \phi$  cuve diamètre

$V$  = Volume de la cuve

$h$  = Hauteur d'eau dans la cuve.

4- BACHES DE REPRISES :

Elles ont pour rôles d'assurer :

- Une régularisation du débit (horizon 1985)
- Un changement du type d'adduction (refoulement gravitaire).

- Permettent une reprise de refoulement (dans le cas d'une grande hauteur manométrique).

Le calcul du volume est fonction du temps de pompage et du débit, le pompage pour l'horizon 2000 étant continu et afin de conserver la même section de la conduite pour l'horizon 1985 nous préconisons un pompage de 12/24.

- Pour l'horizon 2000 la capacité des baches sera considérée comme volume de secours (pompage 24/24).

$$\text{Le volume } V = 500 \text{ m}^3 \quad h = 4 \text{ m}$$

- On a intérêt de minimiser le volume car ce n'est que transitoire et pour cette raison en alternance les pompages heures par heures (voir Tab 25).

$$D_{int} = \sqrt{\frac{4 \times V}{4 \times \pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 500}{4 \times \pi}} = 12,62 \text{ m}$$

## 5 - COTES DES RADIERS :

Sachant que la pression au noeud d'un réseau est conditionnée par la position du réservoir et les pertes de charges occasionnées dans le réseau.

Connaissant ces dernières et afin de déduire la côte du radier du réservoir nous allons considérer le problème inverse pour déterminer son altitude pour cela il y a lieu de déterminer successivement.

- Le point le plus défavorable (pression fictive très petite).
- Niveau piezométrique : en partant de ce noeud et en remontant vers le réservoir on détermine les niveaux piezométriques disponibles au droit de chaque noeud. On procède à ce calcul tout en vérifiant que les niveaux piezométriques et les pressions disponibles permettent l'alimentation de la surface à desservir.
- Cotes du radier du réservoir.

### 5-1 : PRINCIPE DE LA MÉTHODE :

Considérons un contournement orienté et fermé relié à un réservoir dont la côte du radier est à déterminer (voir planche 31), soient :  $C_{T1}, C_{T2}, C_{T3}$  et  $C_{T4}$ . Les cotes respectives de terrain aux noeuds 1, 2, 3 et 4 ainsi que les pertes de charges occasionnées dans chaque tronçon  $\Delta H_{1-2}, \Delta H_{2-3}, \Delta H_{3-4}, \Delta H_{4-1}$ ; ainsi que la pression minimale à assurer au point le plus défavorable.

### 5-2 : DETERMINATION DU POINT LE PLUS DEFAVORABLE :

Après avoir calculé les pertes de charges correspondant à chaque tronçon et en considérant une côte fictive piézométrique égale à la côte du terrain du noeud de jonction ( $C_{pf1} = CT_1$ ) nous déduisons les cotes piezométriques fictives de chaque noeud ( $C_{pf_i} = C_{pf1} - \Delta H_{i-1}$ ),

par conséquent les pressions fictives correspondantes  $P_{fi} = C_{pf_i} - CT_i$ , le noeud qui présente la plus petite pression (en valeur algébrique) sera considéré comme étant le noeud le plus défavorable.

### 5-3 : DETERMINATION DES COTES PIEZOMETRIQUES REELLES ET PRESSION REELLE /

Afin d'assurer la pression désirée en ce noeud on doit recourir à l'expression ci-dessous :

Tableau N° 23

**CALCUL DE LA CAPACITE DU RESERVOIR  
ZONE HAUTE**

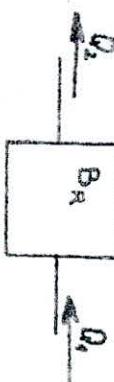
Tranche horaire	coefficients	Volumes		Cumuls		Differences		OBSERVATI
		Apports	Consommés	Apports	Consommés	positives	negatives	
1	0,125	422,249	52,781	422,249	52,781	369,468		
2	0,125		52,781	844,498	105,562	738,936		
3	0,125		52,781	1266,747	158,343	1108,404		
4	0,125		52,781	1688,996	211,124	1477,871		
5	0,125		52,781	2111,244	263,905	1847,338		
6	0,125		52,781	2533,493	316,687	2216,806		X
7	2,10		886,722	2955,741	1203,409	1752,332		
8	2,40		1013,397	3377,990	2216,806	1161,184		
9	2,40		1013,397	3800,239	3230,203	570,036		
10	2,40		1013,397	4222,488	4243,600		21,112	
11	2,40		1013,397	4644,736	5256,997		612,261	
12	0,50		211,124	5066,985	5468,121		401,136	
13	0,50		211,124	5489,234	5679,246		190,012	
14	0,50		211,124	5911,485	5890,370	21,112		
15	0,50		211,124	6333,731	6101,494	232,237		
16	0,50		211,124	6755,980	6312,619	443,361		
17	2,00		844,498	7178,229	7151,116	21,112		
18	2,00		844,498	7600,478	8001,614		401,136	
19	1,20		506,699	8022,726	8508,312		485,586	
20	1,20		506,699	8444,975	9015,011		570,036	
21	1,20		506,699	8867,224	9521,709		654,486	
22	1,20		506,699	9289,473	10028,408		738,935	X
23	0,125		52,781	9711,721	10081,189		369,468	
24	0,125		52,781	10133,970	10133,970	0	0	

Tableau N° 24

CALCUL DE LA CAPACITE DU RESEVOIR  
ZONE BASSE

Teneur Réservoir	coeffient $a_{hi}$	Volumes (m³)		Cumuls		Differences		
		Apports	Consommes	Apports	Consommes	positives	negatives	
1	0,125	450,689	56,336	450,689	56,336	394,353		
2	0,125		56,336	901,378	112,672	788,706		
3	0,125		56,336	1352,067	169,008	1183,059		
4	0,125		56,336	1802,757	225,345	1577,412		
5	0,125		56,336	2253,446	281,681	1971,765		
6	0,125		56,336	2704,155	338,017	2366,118		X
7	2,10		946,447	3154,824	1284,464	1870,360		
8	2,40		1081,654	3605,513	2366,118	1239,395		
9	2,40		1081,654	4056,202	3447,772	608,430		
10	2,40		1081,654	4506,892	4529,426		22,534	
11	2,40		1081,654	4957,581	5611,080		653,499	
12	0,50		225,345	5408,270	5836,425		428,155	
13	0,50		225,345	5858,959	6061,769		202,810	
14	0,50		225,345	6309,648	6287,114	22,534		
15	0,50		225,345	6760,337	6512,458	247,879		
16	0,50		225,345	7211,027	6737,803	473,224		
17	2,00		901,378	7661,716	7639,181	22,534		
18	2,00		901,378	8112,405	8540,560		428,155	
19	1,20		540,827	8563,094	9081,387		518,293	
20	1,20		540,827	9013,783	9622,214		608,430	
21	1,20		540,827	9464,472	10163,041		698,568	
22	1,20		540,827	9915,162	10703,868		783,706	X
23	0,125		56,336	10365,851	10760,204		394,353	
24	0,125		56,336	10816,540	10816,540	0	0	

CAPACITE DE LA BACHE & DU  
RESERVOIR (RMC)



Temps de Pompage	$Q_1$ $m^3/h$	$Q_2$ $m^3/h$	Volume $m^3$	Volume Normalisé $m^3$	Illustrations du Temps de Pompage
12/24	1038,504	519,252	6231,024	6000	
2x6/24	1038,504	519,252	3115,512	3000	
3x4/24	1038,504	519,252	2077,016	2000	
4x3/24	1038,504	519,252	1557,756	1500	
6x2/24	1038,504	519,252	1038,504	1000	
12x1/24	1038,504	519,252	519,252	500	

$$P_r = C_{pr} - \theta_T = C_{pf} + \Delta P_{CT}$$

$\Delta P$ : pression à fournir au noeud

Connaissant cette dernière on peut déterminer la cote piezométrique réelle en allant de noeud en noeud tout en veillant à ne pas dépasser la pression maximale admissible pour un réseau de distribution ( 50 bar )

$$\begin{aligned} C_{pri} &= C_{pri-1} + \Delta H \\ P_{ri} &= C_{pri} - CT_i \end{aligned}$$

si cette dernière est dépassée il est nécessaire de reprendre les calculs et miniser  $\Delta P$

Cette dernière phase vérifiée il ne reste qu'à calculer la cote piezométrique du réservoir assurant la desserte du réseau, afin de compenser les pertes de charge dans la conduite maîtresse ( $R - N_1$ ) il faut que la cote piezométrique du réservoir soit supérieure à la cote piezométrique du  $N_1$

$$C_{present} = C_{p1} + \Delta H_{r-1}$$

Comme on sait que pour un réseau de distribution le niveau piezométrique du réservoir est considéré comme étant égal à la cote du radier (ceci est dû à la variation continue du niveau d'eau dans le réservoir) nous pourrons déduire la cote du radier d'après l'expression suivante:

$C_R = CP_1 + \Delta H$  étant la perte de charge totale dans la conduite maîtresse on sait que :  $\Delta H = f(Q, D, \varepsilon, L)$   
afin de diminuer les effets de la vitesse (pertes de charges) on doit nécessairement prendre une vitesse limitée dans un intervalle. En prenant la vitesse adéquate nous déduisons le diamètre susceptible d'être retenue.

Ne connaissant pas la longueur de la conduite maîtresse il nous est impossible de calculer directement la cote du radier pour cette raison nous allons procéder par approximation, en supposant que pour la longueur de la conduite maîtresse  $\Delta H = 0$ .

$$C_R = C_{p1}$$

Nous connaitrons la longueur  $L_{R-1}$

et la nouvelle cote sera.

$$C_{R_1} = C_{p1} + \Delta H_{r_1}$$

Nous déduisons de nouveau  $L'_{R-1}$  et  $\Delta H'_{r_1}$ , la nouvelle cote sera :

$$C_{R_2} = C_{p1} + \Delta H_{r_2}$$

Jusqu'à ce que  $C_{R_1} - C_{R_2} \approx 0$ .

REMARQUE : Il est utile de préciser (sachant que les conduites seront posées selon le plan des routes) que les altitudes (N. G. A.) des noeuds ne seront pas nécessairement celles du plan topographique mais des routes projetées.

APPLICATION : Réseau haute pression :

$$C_{p1} = 127,04 \text{ m} = C_{R_1} == L_{R-1} = 270 \text{ m.}$$

$$Q = 305,83 \text{ l/s.}$$

$$V = 1,5 \text{ m} == \phi = 500 \text{ mm} == V_r = 1,56 \text{ m.}$$

$$\Delta H_T = 2,24 \text{ m.}$$

Pour compenser les pertes de charges on doit lever la  $C_R$  à :

$$C_R = 127,04 + 2,24 = 129,28 \text{ m.}$$

$$CR = 129,28m.$$

$$L_{R-1} = 290m.$$

$$\Delta H_T = 2,41m.$$

Afin de compenser les pertes de charges dues à l'allongement on suréleve la côte :

$$C_R = 127,04 + 2,41 = 129,45m.$$

En réalité cette nouvelle longueur (290m) correspond à une côte du terrain

$$C_T = 130m \text{ donc il n'est pas nécessaire de hausser cette dernière.}$$

Comme le réservoir est situé hors du périmètre urbanisable, on préconise pour des raisons hygiéniques (conservation de la température de l'eau), un réservoir du type semi-enterré, donc la côte où on réalise l'excavation est de 131,45m.

(2 mètres de hauteur enterrées pour une même longueur).

#### VERIFICATIONS :

$$C_R = 129,45 \quad \Delta H_T = 2,41m.$$

$$C_{P1} = 129,45 - 2,41 = 127,04m.$$

Réseau basso pression : (Res B)

$$C_{P1} = 77,31m.$$

$$Q = 175,23 \text{ l/s.} \quad L_{R-1} = 317m.$$

$$L_{R-1} = 317m \text{ correspond à une côte } 82m.$$

$$V = 1,5m/s == \phi = 400 \text{ mm} == V_r = 1,39 \text{ m/s.}$$

$$\Delta H_T = 2,82m.$$

Afin de compenser les pertes de charges la côte du radier sera de nouveau :

$$C_R = 77,31 + 2,82 = 80,13m.$$

Cette côte est obtenue pour la longueur (317m) mais le réservoir sera situé au sein du périmètre urbanisable (voir remarque) nous sommes contraints de prévoir un réservoir enterré.

Ces considérations nous incitent à augmenter cette côte de 5m (hauteur à enfouir).

La côte du terrain où on place le réservoir sera :

$$C_R = 80,13 + 5 = 85,13m.$$

$$C_R = 85,13 == L_{R-1} = 3,17 + 43 = 360m.$$

$$\Delta H_T = 3,20m.$$

$$C_R = 77,31 + 3,20 + 5 = 85,51m.$$

$$L_{R-1} = 360m == \Delta H_T = 3,20m.$$

#### VERIFICATION :

$$C_{P1} = 80,51 - 3,20 = 77,31m.$$

REMARQUE : Comme la côte du réservoir, pour assurer les pressions nécessaires est situé au sein du périmètre on prévoit son emplacement sur une aire réservée à un espace vert.

Vérification du réseau a :

$$L_{R-1} = 745m$$

$$Q = 188,44 \text{ l/s}$$

$$\phi = 400 \text{ mm}$$

$$\Delta H_T = 7,65$$

$$C_{P1} = 80,51 - 7,65 = 72,86 \text{ m.}$$

REMARQUE : Les conduites reliant les réservoirs aux nœuds de jonction sont en acier ( $E = 4 \cdot 10^4 \text{ N/m}$ )

#### 6 - EQUIPEMENTS DES RÉSERVOIRS :

a - Adduction : selon le type d'adduction on prévoit un dispositif d'obturation ou d'arrêt

- Cas d'adduction gravitaire : robinet flotteur
- Cas d'adduction refoulement : dispositif d'arrêt du moteur

l'arrivée est effectuée par surverse noyée, afin d'éviter un entartrage des conduites; prévoir un clapet anti-retour afin d'éviter le siphonnage.

b - Distribution : le départ doit s'effectuer à 0,20 m de hauteur au dessous du radier et 0,50 m au dessous du niveau minimal; ceci afin d'éviter que :

- les dépôts penetreront dans la conduite
- L'infiltration d'air dans les réservoirs

c - Trop-plein : c'est un dispositif prévu pour empêcher les débordements dans le cas où l'obturation de l'adduction est défectueuse.

Cette conduite doit être capable d'évacuer la totalité de l'apport, elle sera disposée au dessus du niveau maximal.

d - Vidange : disposée au fond du réservoir, elle peut être raccordée au trop-plein à travers une vanne normalement fermée.

e - By-pass : il n'est nécessaire que si l'on dispose d'une seule cuve

f - Marérialisation de l'incendie : nécessaire pour consigner le volume réservé pour l'extinction d'un sinistre.

#### 7- HYGIENE ET SECURITE :

Les réservoirs doivent être couverts, toutefois ils doivent être aérés il y a lieu donc de percer quelques orifices grillagés ainsi que quelques ouvertures couvertes par des vitres de grosse épaisseur afin de permettre le passage de la lumière.

Il faut disposer un ou deux robinets de puisage afin de prélever des échantillons pour analyse; en outre il est nécessaire que la mise en eau de la cuve suive immédiatement l'exécution des enduits et que le niveau soit graduellement élevé ( 1 m par semaine )

Dans le cas où la mise en eau est différée il faut rendre l'atmosphère de la cuve humide.

Il faut résérer une surface d'emprise pour le réservoir desservant la zone basse pression afin que les conduites d'eau soient pas posées

Tableau N° 26

## TABLEAU DES PRESSIONS - RESEAU A-

Horizon 1985 Normal

n°	Diamètre (mm)	Longueurs (m)	Debits (l/s)	$\Delta H_T$ (m)	côtes du Terrain	côtes Piez fictives	côtes Piez réelles	Pressions aux noeuds	Vitesses (mls)	Observations
1	350	173	45,07	0,21	57,15		77,88	20,73	0,47	
2	200	254	18,21	0,98	56,94		77,67	20,73	0,58	
3	250	819	11,21	0,37	44,99		76,69	31,70	0,23	
6					22,36		76,32	53,96		
1	250	301	33,00	1,16	57,15		77,88	20,73	0,67	
8	200	407	16,34	1,27	33,10		76,72	43,62	0,52	
7					16,79		75,45	55,66		
1	200	299	18,71	1,22	57,15		77,88	20,73	0,60	
4	150	252	11,38	1,77	63,93		76,66	12,73	0,64	
5	125	376	5,28	1,52	43,30		74,89	31,59	0,43	
9	125	377	-6,51	-2,31	37,00		73,37	36,37	0,53	
10					35,71		75,68	39,97		

$$L_R = 80,51 \text{ m} \quad \phi = 400 \text{ mm} \quad L_{R-1} = 74,5 \text{ m} \quad Q = 110,22 \text{ l/s} \quad \Delta H_T = 2,63 \text{ m}$$

$$C_{P_1} = 77,88 \text{ m}$$

Tableau N° 27

## TABLEAU DES PRESSIONS - RESEAU A'

Horizon 2000 Normal

N°	Diamètre (mm)	Longueur (m)	Débit (l/s)	$\Delta H_1$ (m)	côtes du Terrain (m)	côtes Piez fictives (m)	côtes Piez réelles (m)	Pression aux noeuds (m)	Vitesses (m/s)	Observations
1	350	173	7642	0,60	57,15	57,15	72,86	15,71	0,79	
2	200	254	3016	2,68	56,94	56,55	72,26	15,32	0,96	
3	250	819	1935	1,09	44,99	53,57	69,28	24,29	0,39	
6					22,36	52,48	68,19	45,83		
1	250	301	5657	3,39	57,15	57,15	72,86	15,71	1,15	
8	200	407	20,08	3,72	55,10	53,76	69,47	36,37	0,89	
7					16,79	50,04	65,75	48,96		
1	200	299	32,31	3,62	57,15	57,15	72,86	15,71	1,03	
4	150	252	19,69	5,27	63,93	53,53	69,24	5,31	1,11	
5	125	376	9,07	4,45	43,30	48,26	63,97	20,67	0,74	
9	125	377	-11,24	-6,83	37,00	43,81	59,52	22,52	0,92	
10					35,71	50,64	66,35	30,64		

$$C_R = 80,51 \text{ m} \quad \phi = 400 \text{ mm} \quad L_{R-1} = 745 \text{ m} \quad Q = 188,44 \text{ l/s} \quad \Delta H_1 = 7,65 \text{ m}$$

$$c_{P_1} = 72,86 \text{ m}$$

## TABLEAU DES PRESSIONS - RESEAUX -

## Tableau N°28

Horizon 2000 soutirage du Débit d'incendie nœuds N° 7

N°	Diamètres (mm)	Longueurs (m)	Débits (l/s)	$\Delta H_T$ (m)	côtes du Terrain fictives (m)	côtes Réelles (m)	côtes Flottantes (m)	Pressions aux noeuds (m)	Vitesses (m/s)	Observations
1	350	173	83,84	0,72	57,15	71,42	14,27		0,87	
2	200	254	32,10	3,03	56,94	70,70	13,76		1,02	
3	250	819	21,29	1,32	44,99	67,67	22,68		0,43	
6					22,36	66,35	43,99			
1	250	301	65,53	4,55	57,15	71,42	14,27		1,33	
8	200	407	43,14	8,76	33,10	66,87	33,77		1,37	
7					16,79	58,11	41,32			
1	200	299	3293	3,75	57,15	71,42	14,27		1,05	
4	150	252	20,31	5,60	63,93	67,67	3,74		1,15	
5	125	376	919	4,56	43,30	62,07	18,77		0,75	
9	125	377	-11,12	-6,69	37,00	57,51	20,51		0,91	
10					35,71	64,20	28,49			

$$C_B = 80,51 \text{ m} \quad \phi = 400 \text{ mm} \quad L_{B-1} = 745 \text{ m} \quad Q = 205,44 \text{ l/s} \quad \Delta H_T = 9,09 \text{ m}$$

$$C_B = 71,42 \text{ m.}$$

TABLEAU DES PRESSIONS - RESEAU B-  
Horizon 1985 Normal

Tableau N° 29

$\text{Diamètre}$ mm	$\text{Longueurs}$ m	$\text{Débits}$ l/s	$\Delta H_T$ m	$\text{Côtes du}$ $\text{terrain}$ m	$\text{Côtes Piez}$ $\text{fictives}$ m	$\text{Côtes Piez}$ $\text{réelles}$ m	$\text{Pressions}$ aux nœuds m	$\text{VITESSES}$ m/s	$\text{Observations}$
1				67,31		79,33	12,02		
	250	570	23,89	1,16	63,41	78,17	14,76	0,49	
2	200	310	11,68	0,50	62,61	77,67	15,06	0,37	
3	125	382	1,51	0,13	48,11	77,54	29,43	0,12	
4									
1				67,31		79,33	12,02		
	250	347	34,97	1,50	39,91	77,83	37,92	0,71	
5	125	460	8,10	4,34	22,04	73,49	51,42	0,66	
7	100	210	4,54	2,07	17,47	71,42	53,95	0,58	
6									
1				67,31		79,33	12,02		
	300	570	36,22	1,01	40,21	78,32	38,11	0,51	
11	200	570	16,52	1,81	17,73	76,51	58,78	0,53	
13	125	120	6,74	0,79	17,63	75,72	58,09	0,55	
12	200	360	15,52	1,01	19,41	74,71	55,30	0,49	
8	125	320	6,24	1,80	25,91	72,91	47,00	0,51	
9									
11				40,21		78,32	33,11		
10	125	310	5,13	1,17	34,15	77,15	43,00	0,42	

$$C_R = 80,51 \text{ m} \quad L_{R-1} = 360 \text{ m} \quad Q = 106,12 \text{ l/s} \quad \Delta H_T = 1,18 \text{ m}$$

$$\emptyset = 400 \text{ mm} \quad C_{p_1} = 79,33 \text{ m}$$

TABLEAU DES PRESSIONS - RESEAU B-  
Horizon 2000 Normal

Tableau N° 30

N° de noeud	Diamètre (mm)	Longueurs (m)	Débits (l/s)	$\Delta H_T$ (m)	Côtes du terrain (m)	Côtes Réel Fictives (m)	Côtes Réelles (m)	Pressions aux noeuds (m)	VITESSES (m/s)	Observations
1	250	570	36,44	2,68	67,31	67,31	77,31	10,0	0,74	
2	200	310	16,30	0,95	63,41	64,53	74,53	11,12	0,52	
3	125	382	3,43	0,66	62,61	63,58	73,58	10,97	0,28	
4					48,11	62,92	72,92	24,81		
1	250	347	58,44	4,17	67,31	67,31	77,31	10,0	1,19	
5	125	460	13,83	12,60	39,91	63,14	73,14	33,23	1,13	
7	100	210	6,14	6,14	22,04	50,54	60,54	38,50	1,00	
6					17,47	44,40	54,40	36,93		
1	300	570	61,31	2,87	67,31	67,31	77,21	10,00	0,87	
11	200	570	27,84	5,12	40,21	64,34	74,34	34,13	0,87	
13	125	120	9,42	1,53	17,73	59,22	69,22	51,49	0,77	
12	200	360	26,68	2,97	17,63	57,69	67,69	50,06	0,85	
8	125	320	10,73	5,29	19,41	54,72	64,72	45,31	0,87	
9					25,91	49,43	59,43	33,52		
11	125	310	8,20	3,00	40,21	64,34	74,34	34,13	0,67	
10					34,15	61,34	71,34	37,19		

Tableau N° 31

## TABLEAU DES PRESSIONS - RESEAU B

Horizon 2000 : Soutirage du debit d'incendie sur le noeud N° 3

noeud E	Diamètre (mm)	Longueurs (m)	Debits (l/s)	$\Delta H_T$ (m)	Côtes du terrain (m)	Côtes Réz fictives (m)	Côtes Réz réelles (m)	Pressions aux noeuds (m)	VITESSES (m/s)	Observations
1					67,31		76,12	8,81		
	250	570	47,52	4,54					0,97	
2	200	310	26,30	2,49	63,41		71,58	8,17		
3	125	382	3,47	0,67	62,61		69,09	6,48		
4					48,11		68,42	20,31	0,28	
1					67,31		76,12	8,81		
	250	347	63,20	4,88					1,29	
5	125	460	13,97	12,86	39,91		71,24	31,33		
7	100	210	7,85	6,16	22,04		58,38	36,34		
6					17,47		52,22	34,75		
1					67,31		76,12	8,81		
	300	570	62,34	2,96					0,88	
11	200	570	28,37	5,32	40,21		73,16	32,95		
13	125	120	9,81	1,66	17,73		67,84	50,81		
12	200	360	26,70	2,98	17,63		66,18	48,55		
8	125	320	10,72	5,28	19,41		63,20	43,79		
9					25,91		57,92	32,01	0,87	
11					40,21		73,16	32,95		
10	125	310	8,84	3,48			69,68	35,53	0,72	

$$C_R = 80,51 \text{ m} \quad L_{R-1} = 360 \text{ m} \quad Q = 205,44 \text{ l/s} \quad \Delta H_T = 4,39$$

$$\phi = 400 \text{ mm}$$

$$C_{P_1} = 76,12 \text{ m}$$

Tableau N°32

## TABLEAU DES PRESSIONS-RESEAU C-

Horizon 1985 Normal

N° NOEUD	Diamètre (mm)	Longueur (m)	Debits (l/s)	$\Delta H_T$ (m)	côtes du terrain (m)		côtes piezométr (m)	Pression aux noeuds (m)	Vitesses (m/s)	Observations
1	400	264	68,72	0,36	104,15		129,01	24,86	0,55	
2	300	149	49,74	0,49	85,48		128,65	43,17	0,70	
3	125	310	13,25	7,80	70,55		128,16	57,61	1,08	
5	125	230	7,22	1,73	71,23		120,36	49,13	0,59	
8					77,91		118,63	40,72		
1	200	346	24,87	2,48	104,15		129,01	24,86	0,79	
4	150	412	11,80	3,11	110,45		126,53	16,08	0,65	
11	150	373	12,96	3,39	88,74		123,42	34,68	0,73	
10	80	103	5,64	5,19	73,87		120,03	46,16	1,12	
9					71,11		114,84	43,73		
1	200	359	24,28	2,46	104,15		129,01	24,86	0,77	
6	100	346	6,26	6,46	96,65		126,55	29,90	0,80	
7					77,34		120,09	42,75		

$$C_R = 129,45 \text{ m}$$

$$\varnothing = 500 \text{ mm}$$

$$L_{R-1} = 290 \text{ m}$$

$$\Delta H_T = 0,44 \text{ m}$$

$$C_{p_1} = 129,45 - 0,44 = 129,01 \text{ m}$$

## TABLEAU DES PRESSIONS - RESEAU C - Tableau N° 53

Horizon 1985 Soutirage du débit d'incendie au nœud n° 7

N° NOEUD	Diamètre (mm)	Longueurs (m)	Débits (l/s)	$\Delta H_T$ (m)	Côtes du terrain (m)		Côtes Piezométr (m)	Pressions aux nœuds (m)	vitesses (m/s)	Observations
1	400	264	78,56	0,47	104,15		128,89	24,74		
2	300	149	59,58	0,71	85,48		128,42	42,94	0,63	
3	125	310	19,10	16,17	70,55		127,71	57,16	0,84	
5	125	230	6,81	1,54	71,23		111,54	40,31	1,56	
8					77,91		110,00	32,09	0,55	
1	200	346	27,82	3,11	104,15		128,89	24,74		
4	150	412	14,75	4,84	110,45		125,78	15,33	0,89	
11	150	373	19,76	7,85	88,74		120,94	32,20	0,83	
10	80	103	6,05	5,96	73,87		113,09	39,22	1,12	
9					71,11		107,13	36,02	1,20	
1	200	359	28,49	3,38	104,15		128,89	24,74		
6	100	346	10,61	18,49	96,65		125,51	28,86	0,91	
7					77,34		107,02	29,68	1,35	

$$C_R = 129,45 \text{ m}$$

$$\phi = 500 \text{ mm}$$

$$L_{R-4} = 290 \text{ m}$$

$$Q = 146,82 \text{ l/s}$$

$$\Delta H_T = 0,56 \text{ m}$$

$$C_p = 129,45 - 0,56 = 128,89 \text{ m}$$

Tableau N°34

## TABLEAU DES PRESSIONS - RESEAU.C-

Horizon 2000 Normal

N° SIEGE	Diamètre (mm)	Longueurs (m)	Debits (l/s)	$\Delta H_T$ (m)	côtes du terrain (m)	côtes Piezométrique (m) flet	côtes Piezométrique (m) réeles	Pression aux noeuds (m)	vitesses (m/s)	Observations
1	400	264	139,14	1,48	104,15	104,15	127,04	22,89	1,11	
2	300	149	55,59	0,62	85,48	102,67	125,56	40,08	0,79	
3	125	310	15,00	0,98	70,55	102,05	124,94	47,39	1,22	
5	125	230	7,72	1,97	71,23	101,67	124,56	53,33	0,63	
8					77,91	99,70	122,59	44,68		
1	200	346	29,81	3,56	104,15	104,15	127,04	22,89	0,95	
4	150	412	14,35	4,58	110,45	100,59	123,48	13,03	0,81	
11	150	373	15,18	4,64	88,84	96,01	118,96	30,06	0,86	
10	80	103	6,58	7,05	73,87	91,37	114,26	40,39	1,31	
9					71,11	84,32	107,21	36,10		
1	200	359	30,67	3,91	104,15	104,15	127,04	22,89	0,98	
6	200	271	7,31	0,17	96,65	100,24	123,13	26,48	0,23	
7					77,34	100,07	122,96	45,62		
1	400	264	139,14	1,48	104,15	104,15	127,04	22,89	1,11	
2	300	230	58,01	1,04	85,48	102,67	125,56	40,08	0,82	
13	150	310	14,18	3,37	83,91	101,63	124,56	40,61	0,80	
14	200	230	-40,67	-4,40	102,00	98,26	121,15	19,15	1,29	
15	150	600	15,26	7,55	110,00	102,66	125,55	15,55	0,86	
16	125	250	3,77	0,52	108,00	95,11	118,00	10,00	0,31	
17	150	450	8,92	1,95	102,50	94,59	117,48	14,98	0,50	
12					69,91	92,64	115,53	46,62		

Tableau N°35

## TABLEAU DES PRESSIONS - RESEAU C

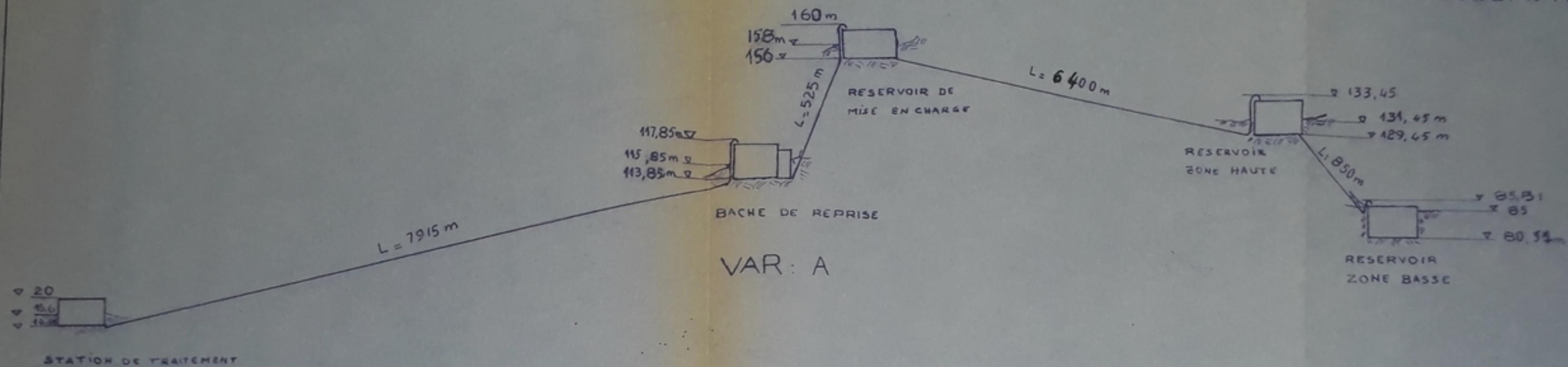
Horizon 2000 Soutirage du débit au noeud n°14

Z E	Diamètre (mm)	Longueurs (m)	Débits (l/s)	$\Delta H_T$ (m)	côtes du terrain (m)	côtes Piez fictives (m)	côtes Piez réelles (m)	Pressions aux noeuds (m)	Vitesses (m/s)	Observations
1	400	264	144,84	1,60	104,15		126,77	22,62	1,15	
2	300	149	55,45	0,61	85,48		125,17	39,69	0,78	
3	125	310	15,20	10,25	70,55		124,56	54,01	1,24	
5	125	230	7,74	1,98	71,23		114,31	43,08	0,63	
8					77,91		112,33	34,42		
1	200	346	29,72	3,54	104,15		126,77	22,62	0,95	
4	150	412	14,26	4,53	110,45		123,23	12,78	0,81	
11	150	373	14,99	4,53	88,84		118,70	29,86	0,85	
10	80	103	6,56	7,01	73,87		114,17	40,30	1,31	
9					71,11		107,16	36,05		
1	200	359	30,90	3,97	104,15		126,77	22,62	0,98	
6	200	271	7,30	0,17	96,65		122,80	26,15	0,23	
7					77,34		122,09	44,75		
1	400	264	144,84	1,60	104,15		126,77	22,62	1,15	
2	300	230	64,06	1,26	85,48		125,17	39,69	0,91	
13	150	310	18,69	5,84	83,91		123,91	40,00	1,06	
14	200	230	50,58	6,80	102,00		118,07	16,07	1,61	
15	150	600	16,51	8,83	110,00		124,87	14,87	0,93	
16	125	250	5,02	0,91	108,00		116,04	8,04	0,41	
17	150	450	7,59	1,41	102,50		115,13	12,63	0,43	
12					69,91		113,72	43,81		

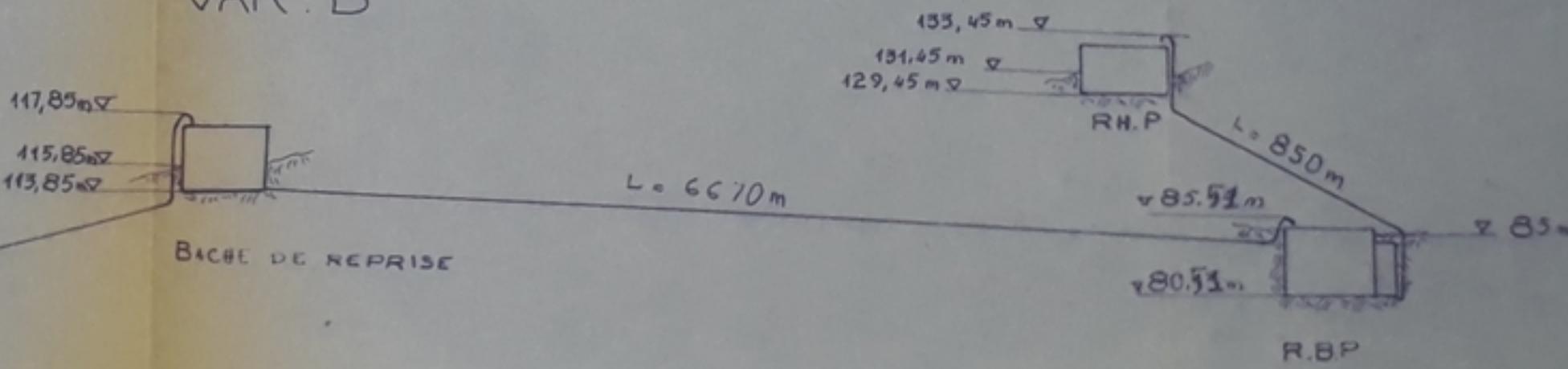
$$C_R = 129,45 \text{ m } Q = 322,83 \text{ l/s } \phi = 500 \text{ mm}$$

## SCHEMATISATION

Des VARIANTES



VAR : B



pH 002 84  
Avant P. 77

1- CHOIX DU TRACE :

L'étude du tracé d'une conduite d'adduction doit tenir compte de certains impératifs que l'on s'efforcera dans la mesure du possible de respecter.

- Il importe en premier lieu de rechercher le profil en long le plus régulier présentant une rampe qui va toujours dans le même sens, cette précaution élimine les contre-pentes qui peuvent donner naissance ( aux points hauts ) durant l'exploitation à des contournements d'air .
- Dans un but d'économie , on sera tenté d'allier au meilleur profil en long le tracé en plan le plus court entre le point des ressources et réservoirs d'accumulation( sauf indications contraires )
- Afin de faciliter l'accès aux réservoirs et l'acheminement du matériel, le tracé suivra si possible les chemins existants ( routes, pistes ... ) ou ceux qui seront projetés dans un proche avenir .
- Eviter les forêts , les bois et zones marécageuses .
- Eviter autant que possible la traversée des routes, voies ferrées , canaux ou oueds , ces opérations nécessitent des ouvrages spéciaux .
- Réaliser des tracés en plan de façon que les coude soient largement ouverts évitant par là les butées importantes .
- L'étude du choix du tracé a été faite sur une carte établie à l'échelle au 1/25000.

Il est évident que les impératifs énumérés ci-dessus ne pourront pas toujours être observés , on s'efforce de s'en approcher le mieux possible , nous nous proposons d'étudier deux variantes du tracé dont chacune présente des avantages et des inconvénients énumérés ci-dessus : seul le calcul technico-économique pourra nous permettre de trancher entre les deux variantes .

2 - PRÉSENTATION DES DEUX VARIANTES :

Les deux variantes sont composées par une adduction mixte ( voir planche III )

VARIANTE A :

Comportant une bache de reprise et un réservoir de mise en charge le débit est relevé en sa totalité pour qu'ensuite il redescend gravitairement jusqu'aux réservoirs de distribution .

-AVANTAGES :

- donne la possibilité d'alimenter les alentours
- cette variante offre une faible longueur du tracé en gravitaire
- profil du tracé assez régulier
- les capacités du réservoir de mise en charge et de la bache de reprise offrent une autonomie d'une heure ( consommation ) en cas de panne à l'aval de la bache de reprise
- cette possibilité offre la possibilité d'assurer la desserte des deux zones même par manque d'énergie électrique

- INCONVÉNIENTS :

- nécessite de relever la totalité du débit sur le tronçon bache de reprise ..  
réservoir de mise en charge
- tracé assez loin de la route en certains endroits , ce qui influe sur la rapidité d'intervention en cas de pluie
- nécessité de construire un réservoir de mise en charge
- incapacité que les deux réservoirs de distribution se portent secours mutuellement

#### - VARIANTE B :

Se décomposant d'une adduction mixte , la totalité du débit est refoulée de la station de traitement vers la bache de cette dernière par gravité , il rejoint le réservoir desservant la zone basse pression et une partie du débit nécessaire à la zone haute sera relevée .

#### AVANTAGES :

- économie sur les frais d'énergie ( le débit à relever sur le deuxième tronçon est petit )
- tracé épousant la route
- économie sur le génie civil
- offre la possibilité aux réservoirs de distribution de se porter secours
- profil régulier

#### INCONVENIENTS :

- tracé traversant les zones réservées pour l'habitat
- la capacité de stockage donne une demi heure de sécurité
- en cas de panne d'électricité ne présente aucune possibilité pour desservir la zone haute
- multiplie les ouvrages spéciaux

#### 2 - TYPE D'ADDUCTION :

L'acheminement des ressources (eau) se fait quelque soit la variante par une adduction mixte quand le relief le permet ce sera une adduction du type gravitaire sinon l'adduction est par refoulement pour cela il est nécessaire de prévoir des baches de reprises et des réservoirs de mises en charge.

#### 3- MATERIAU DE LA CONDUITE :

Nous optons pour des conduites en acier pour les avantages qu'elles présentent.

- Le matériau offre une grande marge de sécurité non négligeable (en cas de dépression et surpression).
- Permet un assemblage sur (soudure).
- Se présente sous de grandes longueurs, par conséquent limite le nombre de joints.
- Offre une bonne flexibilité.

#### 4 - ETUDE ECONOMIQUE :

Le choix définitif d'une variante doit reposer sur une étude technico-économique rigoureuse, ceci afin que non seulement, le projet atteigne les objectifs qui lui sont assignés, mais qu'il soit aussi d'un autre côté le plus économique.

a) Calcul du diamètre économique pour le refoulement :

Du point de vue économique, les frais d'investissement et les frais d'exploitation sont liés, il est donc intuitif qu'il existe un diamètre économique par le refoulement résultant d'un compromis entre :

- Les frais d'investissement.
- Les frais d'exploitation.

CALCUL :

La relation de BONNIN donne une première approche du diamètre économique à partir duquel nous pourrons centrer un intervalle sur lequel portera l'étude technico-économique.

$$D = \sqrt{\frac{Q}{\lambda}}$$

Q - débit m<sup>3</sup>/s..

D - diamètre m.

Le calcul est effectué par un calculateur programmable dont le programme sera établi d'après les formules de calcul:

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

V - Vitesse de l'eau m/s.

Q - Débit véhiculé m<sup>3</sup>/s.

D - Diamètre de la conduite m.

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

R - Nombre de REYNOLDS

$\nu$  - Viscosité cinétique m<sup>3</sup>/s.

$$F_n = \left( 1,14 - 0,86 \ln \frac{\epsilon}{D_h} \right)^{-2}$$

F<sub>n</sub> - coef de frot par NIKURADSE

$$F_c = \left[ -0,86 \ln \left( \frac{\epsilon D}{3,7} + \frac{2,51}{R \sqrt{f}} \right) \right]^{-2}$$

F<sub>c</sub> - coef de frot par COLEBROOK

$\epsilon$  - rugosité absolue de la conduite [m]

$$\Delta H_T = \frac{F_c}{12,09} \cdot 1,15 \cdot L_G Q^2$$

$\Delta H_T$  - PDC totales [m]

L<sub>G</sub> - longueur géométrique de la conduite [m]

$$H_{mt} = H_G + \Delta H_T$$

H<sub>G</sub> - hauteur géométrique de refoulement [m]

$$P_a = \frac{9,8 Q}{\eta} H_{mt}$$

P - puissance absorbée par le groupe KW

$\eta$  - rendement du groupe

$$E = P_a \times t$$

E - énergie consommée KWh

t - période de calcul (annuel) (h)

$$Fex = a + C_1 E + Pdx C_1 + Pax C_2$$

a - terme fixe DA/mois ou DA/an

C - prix moyen du kwh DA/kwh

P<sub>d</sub> - puissance mise à disposition

C<sub>1</sub> - prix de la puissance mise à disposition (DA/an/KVA) OU (DA/mois/KVA)

C<sub>2</sub> - taxe sur la P<sub>a</sub>

(DA/AN/KW) ou (DA/mois/KW)

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

i - taux d'intérêt

n - durée de l'amortissement (année)

A - annuité DA/an

$$P_c = P_4 \times L_G$$

$P_c$  - prix de la conduite da

$P_4$  = prix du ml de la conduite DA/m

$$F_{am} = P_c \times A$$

$F_a$  - frais d'amortissement

$$\text{Bilan} = F_{ex} + F_{am}$$

#### APPLICATION :

1) calcul du prix moyen du kWh d'énergie ( c )

$$C = e i L_i$$

a) heures de pointes : 17h — 21h

$$e_1 = \frac{4}{24} \times 0,4735 = 0,0789 \text{ DA}$$

b) heures pleines : 6h — 17h et 21h — 22h30

$$e_2 = \frac{12,5}{24} \times 0,0981 = 0,0511 \text{ DA}$$

c) heures creuses : 22h30 — 6h

$$e_3 = \frac{1,5}{24} \times 0,0248 = 0,0078$$

$$C = 0,1378 \text{ DA/KW}$$

$$CL = 336 \text{ DA/an}$$

$$C_1 = 25,2 \text{ DA/KVA/an}$$

$$C_2 = 117,6 \text{ DA/KW/an}$$

L'equipe... Les puissances mises à disposition sont normalisées , et 125 KVA, 250 KVA , 800 KVA sont les puissances nécessaires aux différentes stations.

#### 2) CALCUL DE L'AMORTISSEMENT:

##### a) annuité

$$i = 0,08$$

$$n = 30 \text{ ans} \quad A = \frac{0,08}{(1+0,08)^{30}} + 0,08 = 0,0888274 \text{ DA/DA/an}$$

On rapporte le cout des équipements electro-mécaniques à 1 metre de  $H_{mt}$  et 1/s de débit véhiculé.

$$P_{em} = 130 \text{ DA/H}_{mt}/1/s$$

$$P_{st} = Q \times H_{mt} \times P_{em}$$

$$F_{am} = (P_{st} + P_{em}) \times A$$

Les calculs sont présentés sous forme de tableaux ( 36 à 41 )

- 81 -

PROGRAMME : Détermination du diamètre économique ( pour TI -59 )

Adresse	Code	Touche	Adresse	Code	Touche	Adresse	Code	Touche
000	76	2ndLbl	063	55	RCL	126	42	STO
001	11	A	064	43	20	127	23	23
002	04	4	065	20	$\sqrt{x}$	128	65	x
003	65	x	066	34	=	129	09	9
004	43	RCL	067	95	Lnx	130	93	.
005	04	4	068	23		131	08	8
006	55	*	069	65	x	132	65	x
007	89	2nd II	070	93	.	133	43	RCL
008	55	*	071	08	8	134	04	4
009	43	RCL	072	06	6	135	55	*
010	01	1	073	95	$x^2$	136	43	RCL
011	33	$x^2$	074	33	$1/x$	137	06	6
B12	95	-	075	35		138	95	=
013	42	STO	076	42	STO	139	42	STO
014	17	17	077	21	21	140	24	24
015	65	x	078	75	-	141	65	x
016	43	RCL	079	43	RCL	142	43	RCL
017	01	1	080	20	20	143	07	7
018	55	*	081	95	=	144	95	=
019	43	RCL	082	50	2nd /x/	145	42	STO
020	00	0	083	22	inv	146	25	25
021	95	=	084	77	2nd x/t	147	65	x
022	42	STO	085	61	GTO	148	43	RCL
023	18	18	086	43	RCL	149	08	8
024	43	RCL	087	21	21	150	95	=
025	02	2	088	42	STO	151	42	STO
026	55	*	089	21	20	152	26	26
027	43	RCL	090	61	GTO	153	85	*
028	01	I	091	32	$x \neq t$	154	43	RCL
029	95	=	092	76	2ndLbl	155	09	9
030	42	STO	093	61	GTO	156	85	+
031	19	19	094	43	RCL	157	43	RCL
032	23	Lnx	095	21	21	158	10	10
033	65	x	096	65	x	159	65	x
034	93	.	097	01	1	160	43	RCL
035	08	8	098	93	.	161	12	12
036	06	6	099	01	1	162	85	+
037	75	-	100	05	5	163	43	RCL
038	01	1	101	65	x	164	11	11
039	93	.	102	43	RCL	165	65	x
040	01	1	103	03	3	166	43	RCL
041	04	4	104	55	+	167	13	13
042	95	=	105	43	RCL	168	95	=
043	33	$x^2$	106	01	1	169	42	STO
044	35	$1/x$	107	45	y	170	27	27
045	42	STO	108	05	x	171	43	RCL
046	20	20	109	55	+	172	14	14
047	76	2ndLbl	110	01	1	173	55	*
048	32	$x \neq t$	111	02	2	174	53	(
049	43	RCL	112	93	.	175	53	(
050	19	19	113	00	0	176	01	1
051	55	*	114	09	9	177	85	+
052	03	3	115	65	x	178	43	RCL
053	93	.	116	43	RCL	179	14	14
054	07	7	117	04	$x^2$	180	54	)
055	85	+	118	33	4	181	45	x
056	02	2	119	95	=	182	43	RCL
057	93	.	120	42	STO	183	15	15
058	55	5	121	22	22	184	75	-
059	01	1	122	85	+	185	01	1
060	55	*	123	43	RCL	186	54	)
061	43	RCL	124	05	5	187	85	+
062	18	18	125	95	=	188	43	RCL

Adresse	Code	Touche
189	14	14
190	95	=
191	42	STO
192	28	28
193	65	x
194	53	(
195	43	RCL
196	16	16
197	65	x
198	43	RCL
199	03	3
200	54	)
201	42	STO
202	29	29
203	95	=
204	42	STO
205	30	30
206	85	+
207	43	RCL
208	27	27
209	95	=
210	42	STO
211	31	31
212	91	R/S

EXECUTION DU PROGRAMME1° STOCKAGE DES DONNEES

0,000001 x &lt; t

Reg. Mémoire	Contenu	Unité
00	v	m <sup>2</sup> /s
01	D	m
02	ε	m
03	L <sub>C</sub>	m
04	Q	m <sup>3</sup> /s
05	H <sub>g</sub>	m
06	η	-
07	t (temps)	h
08	C = εCini	DA/KWh
09	a	DA
10	Pa	KWh
11	Pd	KVA
12	C <sub>1</sub>	DA/KWh/an mois
13	C <sub>2</sub>	DA/KVA/an mois
14	i	-
15	n	ans
16	P <sub>u</sub>	DA/ml

2° RESULTATS

Appuyer sur A

Affichage : Bilan en DA/an

Reg. Mémoire	Contenu	Unité
17	V	m/s
18	R	-
19	£/D	-
20	F <sub>tn-1</sub>	-
21	F <sub>tn</sub>	-
22	ΔH <sub>t</sub>	m
23	H <sub>mt</sub>	m
24	P	KW
25	E	KW/h
26	P <sub>e</sub>	DA
27	F <sub>ex</sub>	DA/an
28	A	DA/DA/an
29	P <sub>s</sub>	DA
30	F <sub>am</sub>	DA/an
31	Bilan	DA/an

3° EXPLICATION

Pour chaque diamètre

STOCKER D en 01 appuyer sur A

P<sub>u</sub> en 16

# TABLEAU DES FRAIS D'EXPLOITATION

TRONCON ST. BR

Diamètres (mm)	Longueurs (m)	$\Delta H_T$ (m)	$H_{HT}$ (m) $Hg = 103,40$ $m$	PUISSEANCE (kW) $\eta = 0,7$ $Q = 270,8 \text{ E14}$	Energie (kwh)	Frais Annuelle (DA)
400	7915	116,46	219,86	858,17	$7,517602 \times 10^6$	$1,157343 \times 10^6$
450	--"	63,09	166,49	549,84	$5,692629 \times 10^6$	$0,8813619 \times 10^6$
500	--"	36,50	139,90	546,07	$4,783570 \times 10^6$	$0,743890 \times 10^6$
600	--"	14,21	117,61	459,04	$4,021184 \times 10^6$	$0,628598 \times 10^6$

# TABLEAU DES FRAIS DINVESTISSEMT

Diamètres (mm)	Longueurs (m)	Prix Unitaire (DA)	Prix de la conduite (DA)	$H_{HT}$ (m)	Coût Équipement (DA)	Total (DA)	FRAIS (DA)
400	7915	1600	$12,644 \times 10^6$	219,46	7,968606	20612606	1830964
450	--"	1800	$14,247 \times 10^6$	166,49	6094264	20341264	1806862
500	--"	2000	$15,83 \times 10^6$	139,90	5070536	20900536	1856540
600	--"	2400	$18,996 \times 10^6$	117,61	4262657	23258657	2066006

# TABLEAU DES FRAIS D'EXPLOITATION

TRONCON BR-RMC

Diamètre (mm)	Longueurs (m)	$\Delta H_T$ (m)	$H_{MT}$ (m) $H_g = 4,6$ (m)	$\eta = 0,7$ Puissance $Q = 278,8$ PS (kW)	ÉNERGIE CONSUMMEE (kWh)	Frais d'exploitat (DA)
400	525	7,73	53,73	209,70	$1,836968 \times 10^6$	284431
450	—“—	4,18	50,18	195,88	$1,715918 \times 10^6$	266125
500	—“—	2,42	48,42	189,00	$1,655621 \times 10^6$	257007
600	—“—	0,94	46,94	183,23	$1,605052 \times 10^6$	249359

# TABLEAU DES FRAIS D'INVESTISSEMENT

Diamètre mm	Longueurs (m)	Prix Unité DA / ml	Prix Conduite (DA)	$H_{MT}$ (m)	coût équipement (DA)	Total (DA)	Frais A = 0,0888274 (DA)
400	525	1600	$0,84 \cdot 10^6$	53,73	1947390	2787390	247597
450	—“—	1800	$0,945 \cdot 10^6$	50,18	1818724	2763724	245494
500	—“—	2000	$1,05 \cdot 10^6$	48,42	1754935	2804935	249155
600	—“—	2400	$1,26 \cdot 10^6$	46,94	1701293	2961293	263044

Tableau N° 38

BILAN DU TRONÇON ST-Br  
"VI. A"

Diamètres (mm)	FRAIS d'exploitation Annuelle (DA)	Annuité (DA)	BILAN (DA)	VITESSE m/s
400	1157343,0	1830964,0	2988307	2,22
450	881361,9	1806862,0	2688223,9	1,75
500	743890,0	1856540,0	2600430,0	1,42
600	628598,0	2066006,0	2694604,0	0,97

BILAN DU TRONCON Br-Rmc

Diamètres (mm)	FRAIS d'exploitations Annuelle (DA)	Annuité (DA)	BILAN (DA)	VITESSE m/s
400	284431	247 597	532028	2,22
450	266125	245494	511619	1,75
500	257007	249155	506162	1,42
600	249359	263044	512403	0,97

# TABLEAU DES FRAIS D'EXPLOITATION

TRONCON ST-BR

Diamètres (mm)	Longueurs (m)	$\Delta H_T$ (m) $H_g = 103,4$ m	$H_{HT}$ (m) $H_g = 103,4$ m	Puissance (kW) $n = 0,7$ $Q = 278,8$ (P10)	Energie (kWh)	Frais Annuelle (D.A.)
400	7915	116,46	219,86	85817	$7,517602 \times 10^6$	$1,157343 \times 10^6$
450	-/-	63,09	166,49	649,84	$5,692629 \times 10^6$	$0,8813619 \times 10^6$
500	-/-	36,50	139,90	546,07	$4,783570 \times 10^6$	$0,743890 \times 10^6$
600	-/-	14,21	117,61	459,04	$4,021184 \times 10^6$	$0,628598 \times 10^6$

# TABLEAU DES FRAIS D'INVESTISSEMENT

Diamètres (m)	Longueurs (m)	Prix Unitaire (m) (HT)	Prix de La Conduite (HT)	$H_{HT}$ (m)	Coût Équipement (HT)	Total (HT)	Frais (HT) $+ 0,0888274$
400	7915	1600	$12,644 \times 10^6$	219,46	7968606	20612606	1830964
450	-/-	1800	$14,247 \times 10^6$	166,49	6094264	20341264	1806862
500	-/-	2000	$15,83 \times 10^6$	139,90	5070536	20900536	1856540
600	-/-	2400	$18,996 \times 10^6$	117,61	4262657	23258657	2066006

TABLEAU DES FRAIS D'EXPLOITATION  
TRONCON R<sub>BP</sub>-R<sub>HP</sub>

diamètre (mm)	Longueurs (m)	$\Delta H_T$ (m)	$H_{MT} =$ (m) $Hg = 49m$	Puissance $\eta = 0,7$ (kW) $Q = 134,88 \text{ él.}$	Energie (kWh)	FRAIS Annuelle (DA)
300	850	13,28	62,28	117,61	1030268,6	159288
350	-//-	5,95	54,95	103,77	909027,4	140953,4
400	-//-	2,98	51,98	98,15	859798,9	133508,8
450	-//-	1,62	50,62	95,59	837329,2	130110,80

TABLEAU DES FRAIS D'INVESTISSEMENT

diamètres (mm)	Longueurs (m)	Prix Unitaire (DA)	Prix de la Conduite	$H_{HT}$ (m)	Coût équipement (DA)	Total (m)	FRAIS $A = 0,0888274$ (DA)
300	850	1200	$1,02 \cdot 10^6$	62,28	10920424	2112042,40	18760731
350	-//-	1400	$1,19 \cdot 10^6$	54,95	963515,3	2153515,3	191291,16
400	-//-	1600	$1,36 \cdot 10^6$	51,98	911438,1	2271438,1	201765,94
450	-//-	1800	$1,53 \cdot 10^6$	50,62	887591,3	2417591,3	214748,35

Tableau N° 41

BILAN DU Troncon ST-BR  
"VIB"

Diamètres (mm)	Frais d'exploitation (DA)	Annuité (DA)	Bilan (DA)	Vitesse (m/s)
400	1157343,0	1830964,0	2988307	2,22
450	881361,9	1806862,0	2688223,9	1,75
500	743890,0	1856540,0	2600430,0	1,42
600	628598,0	2066006,0	2694604,0	0,97

BILAN DU TRONÇON R<sub>BP</sub>-R<sub>HP</sub>

Diamètres (mm)	Frais d'exploitation Annuelle (DA)	Annuité (DA)	BILAN (DA)	vitesse (m/s)
300	159288	187607,31	346895,31	1,91
350	140953,4	191291,16	332244,56	1,40
400	133508,8	201765,94	335274,74	1,07
450	130110,8	214748,35	344859,15	0,85

**b - CHOIX DU DIAMETRE POUR LES ADDUCTIONS GRAVITAIRES :**

Une première approche est donnée par la relation de BONNIN, le diamètre ainsi déterminé sera standardisé à la valeur qui lui est supérieure et qui nous sert à calculer les pertes de charges  $H_p$ .

On choisira tel que fois le diamètre qui donnera une perte de charge inférieure à la limite égale à la différence des cotes entre le départ et l'arrivée de l'adduction.

**c - EVALUATION DU PRIX DE REVIENT DE CHAQUE VARIANTE :**

**VARIANTE A :**

\* Cout du génie civil :

PRIX	ANNUITÉ
Bache de reprise ..... 350.000 DA	..... 10.090 DA
Reservoir de mise en charge	
350.000 DA	10.090 DA

Les couts sont calculés en fonction du  $m^3$  étudié avec équipement compris (cout du  $m^3$  = 700 + 900 DA)

\* Cout de l'adduction gravitaire :

- Reservoir haute pression & Reservoir basse pression

$$\phi = 250 \text{ m} \quad \text{Prix} \dots 1,79 \times 10^6$$

$$L = 850 \text{ m} \quad \text{Annuité} \dots 34.305 \text{ DA}$$

$$P_u = 1400 \text{ DA/m}$$

- Reservoir mise en charge - Reservoir haute pression

$$\phi = 500 \quad \text{Prix} \dots 9,2 \times 10^6$$

$$L = 6,400 \quad \text{Annuité} \dots 265.212 \text{ DA}$$

$$P_u = 2000 \text{ DA/m}$$

\* Cout de l'adduction en refoulement en plus des équipements électromécaniques

$\phi$  500 - station d'ajustement à bache de reprise - réservoir de mise en charge:

cout ~~10.090 DA~~

Le bilan total de la variante A est égal à : ~~4.122.722 DA~~ 3 480 289 DA

**VARIANTE B :**

* Cout génie civil	Prix	Annuite
Bache de reprise	350.000 DA	10.090 DA

\* Cout de l'adduction gravitaire :

$$\phi = 500 \quad \text{Prix } 13,34 \times 10^6$$

$$L = 6,400 \quad \text{Annuité} : 1.184.957,5 \text{ DA}$$

$$P_u = 2000$$

\* Cout de l'adduction en refoulement en plus des équipements électromécaniques analogues :

$$ST \sim BR \quad \text{Annuité} \dots 2.600.430 DA$$

$$RBP - RBA \quad \text{Annuité} \dots 332.244,56 DA$$

Le bilan total de la variante B est égal à : 4.122.722,5 DA

En comparant les deux bilans établis pour une année d'exploitation on trouve que c'est la variante A qui est à retenir

Le choix du type de pompe doit être établi en se basant sur deux critères essentiels et qui sont :

- le rapport qualité - prix
- le type fonctionnel

Pour notre cas et faute de documentation le seul critère à retenir pour le choix sera du type fonctionnel c'est à dire que les pompes seront choisies d'après leurs caractéristiques ( $H_{Mt}$ , Q, M).

#### -1- Caractéristiques des Pompes et de la Conduite :

Les pompes pour lesquelles nous optons sont à axes horizontales et elles équiperont la station de pompage et la station de relevage.

Les courbes caractéristiques de la pompe seront déterminées d'après le débit et la hauteur manométrique à laquelle il sera relevé ainsi que le rendement désiré tandis que pour les courbes caractéristiques de la conduite elles seront tracées d'après les valeurs du débit et la  $H_{Mt}$ ; valeurs calculées moyennant la formule suivante :  $H = Hg + \gamma Q^2$ .

#### -2- CHOIX :

Les pompes équipant la station de traitement (qui refoulent vers la bache de reprise) sont du type :

$$\begin{array}{ll} \text{MPE } 200 \text{ N°1} \\ N = 2900 \text{ TR /MN} \quad d = 1 \quad \gamma = 1 \text{ mm}^2/\text{s.} \end{array}$$

Leurs nombre sera :

Horizon 2000 : 3 pompes dont une de secours couplées toutes les trois en parallèles et dont le fonctionnement se fait par rotation de manière que l'usure soit la même à la fin pour toutes les trois

$$Q = \text{débit } \text{m}^3/\text{s}$$

$$H_{Mt} = \text{Hauteur manométrique totale}$$

$$\gamma = \text{rendement du groupe}$$

Horizon 1985 : 2 pompes que pour l'horizon 2000 dont une de secours, la même remarque est à faire.

Les pompes équipant la station de relevage sont du type :

$$\begin{array}{ll} \text{MPE } 275 \text{ N°} \\ N = 1470 \text{ tr/mm} \quad d = 1 \quad \gamma = 1 \text{ mm}^2/\text{s.} \end{array}$$

Leurs nombre est le même que pour le cas précédent ainsi que les remarques faites.

Nous remarquons que le point d'intersection (pompes équipant le premier tronçon) est situé entre deux courbes (Q H) pour y remédier trois possibilités se présentent ( Abscisse : débit, ordonnée :  $H_{Mt}$  ) :

- Rognage de la zone
- Vannage pour une  $H_{Mt}$  Supérieure
- Réduire le temps de pompage.

### 3 - AMORCAGE :

Pour cette étude des pompes on prévoit un amorçage sous pression puisque la topographie des lieux le permet, le dispositif maintiendra même à l'arrêt la conduite d'aspiration et la pompe pleine et de ce fait élimine tous risques de cavitation.

### 4 - ETUDE DE CAVITATION :

Pour que la cavitation ne se manifeste à aucun moment de l'exploitation un souci tout particulier doit être apporté à l'étude de l'aspiration.

Cette étude sera faite à l'aide de la courbe fournie par le constructeur N S P H d

(NSPH)d : (NET - SUCTION - POSITIVE - HEAD) disponible et la courbe caractéristique de la conduite d'aspiration (NSPH) requis

$$(NSPH)_r = r Q^2.$$

Pour de plus amples éclaircissements (voir Planche V et VI)

REMARQUE : Du fait de la faible longueur d'aspiration (prévue égale à 5m) et comme l'amorçage est effectué sous pression la nécessité d'étudier la cavitation ne se présente pas (la limite de la zone de cavitation est assez éloignée).

-5- ROGNAGE : Nous optons pour un rognage, toutefois celui-ci ne doit pas excéder les 20%.

Le changement de la caractéristique (QH) intervient dans le sens de la diminution, il s'obtient par une réduction du diamètre de la zone "Barboteuse".

$$1 - m \leq 20\% \quad (\text{A. Dupont}).$$

$$\frac{Q}{q} = \frac{H}{h} = \frac{D^2}{d^2} = \frac{1}{m^2}$$

#### C A L C U L :

##### Station 1

$$H_{Mt} = 139,9 \text{ m}$$

$$Q = 0,2788 \text{ m}^3/\text{s.}$$

$$\frac{1}{m^2} = \frac{1045}{1003} = \frac{D^2}{d^2} = \frac{Q'}{Q} = 1,042$$

$$m = 0,98 \quad 1 - m = 0,02$$

Rognage 2%

$$d = m D = 218 \times 0,98 = 311,5$$

##### Station 2

$$H_{Mt} = 48,42 \text{ m}$$

$$Q = 0,2788$$

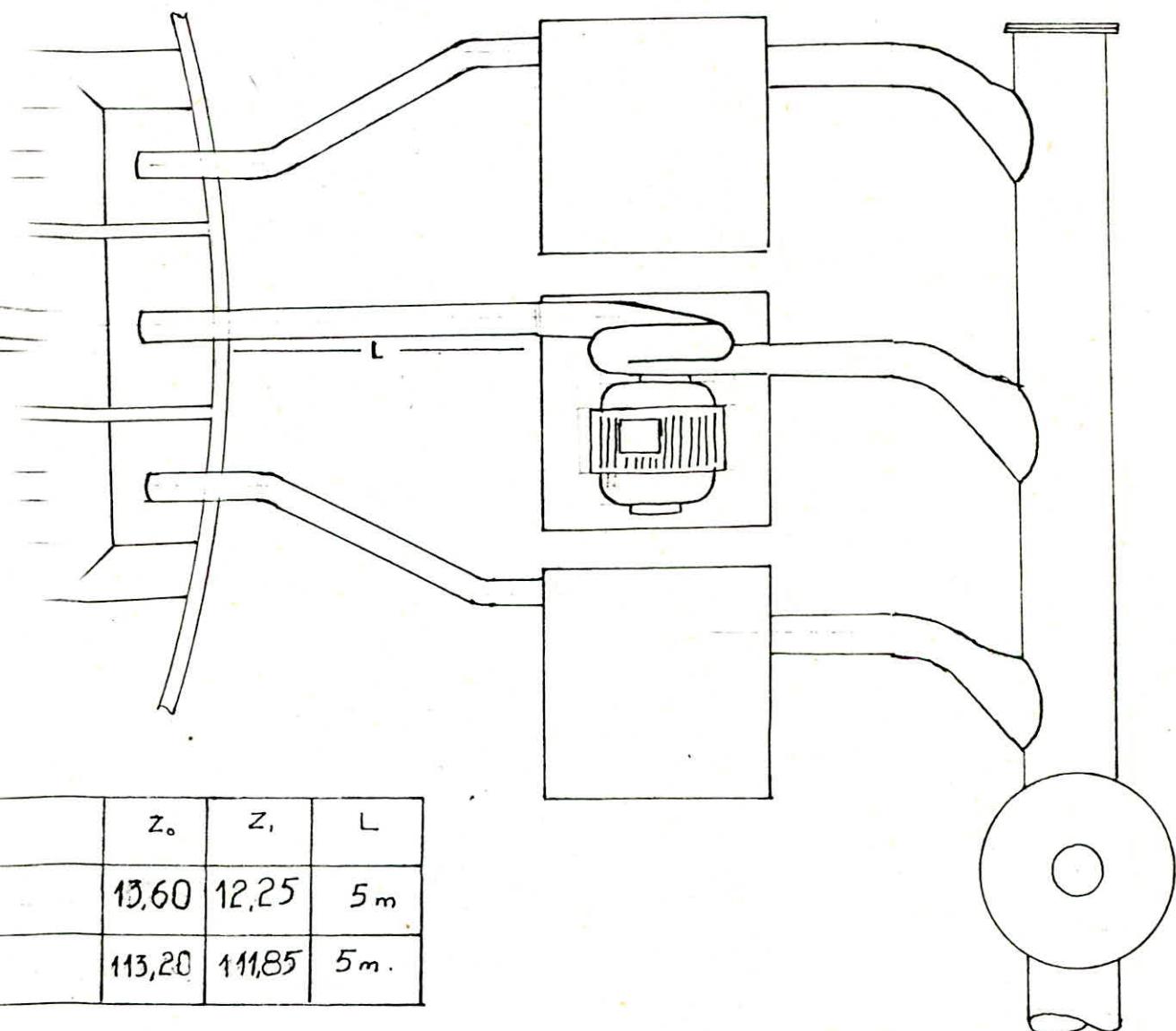
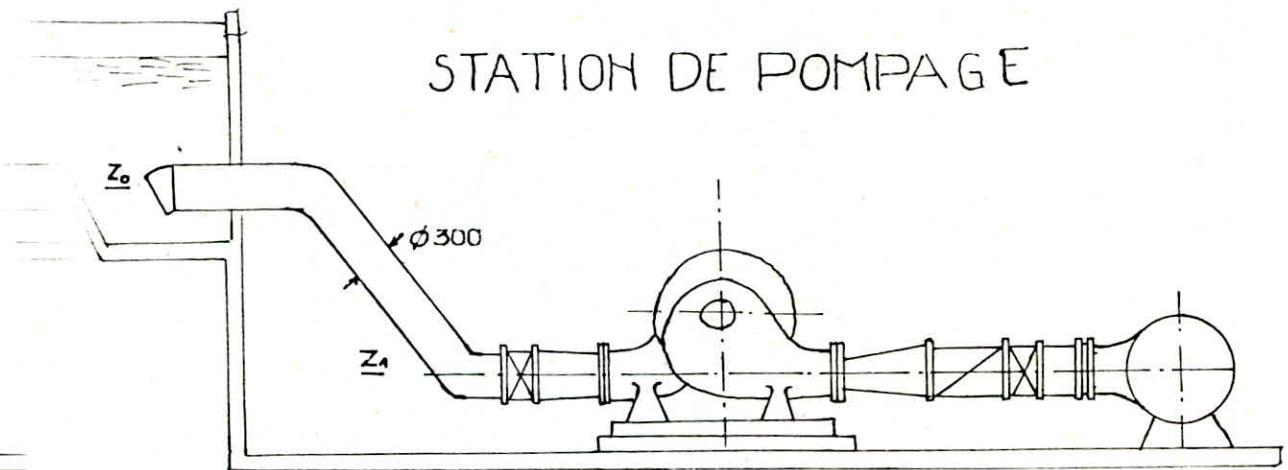
$$\frac{1}{m^2} = \frac{1010}{1003} = \frac{D^2}{d^2} = \frac{Q'}{Q} = 1,007$$

$$m = 0,996 \quad 1 - m = 0,004$$

Rognage 0,4%

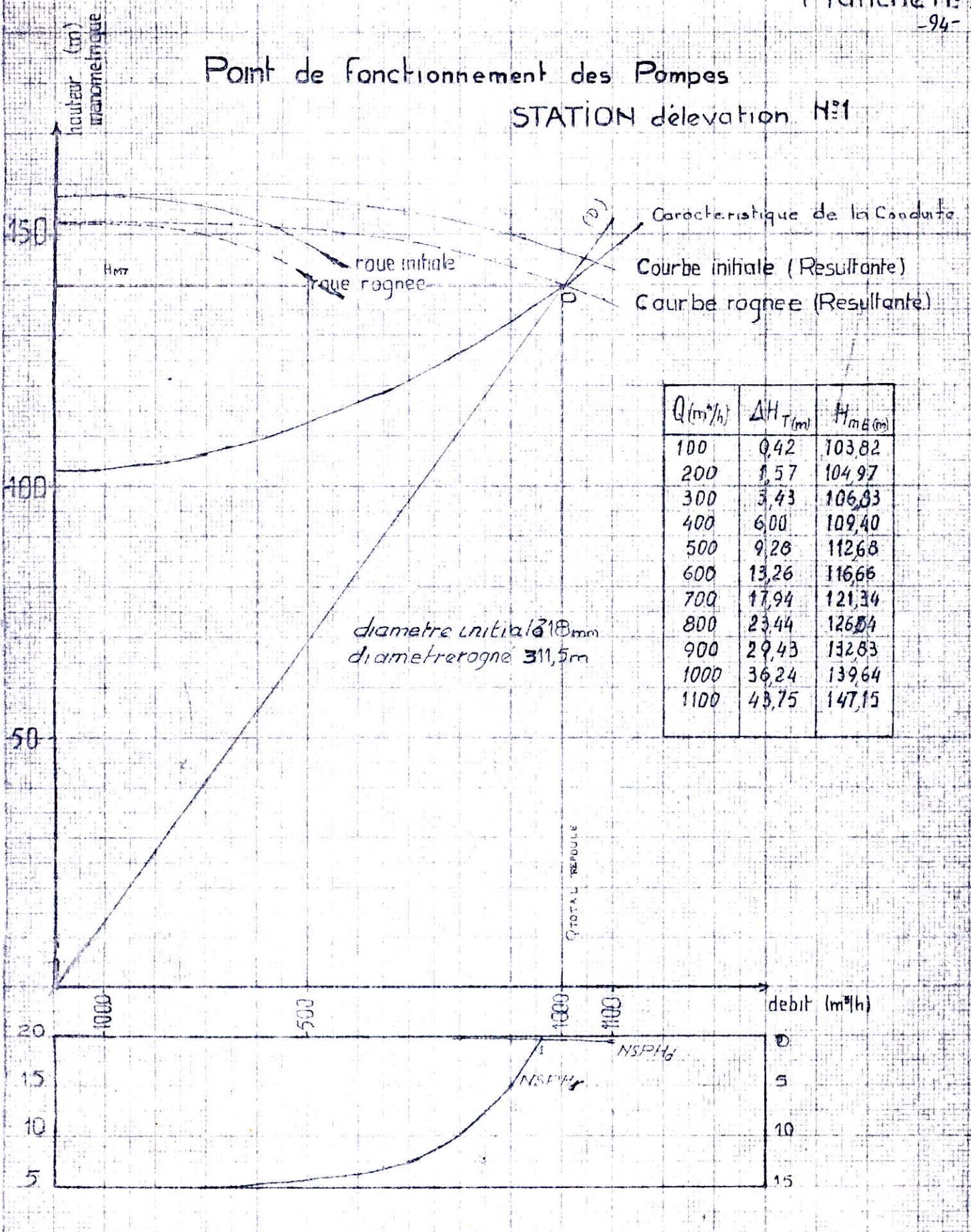
$$d = m D = 402 \times 0,996 = 400,6$$

### STATION DE POMPAGE



## Point de fonctionnement des Pompes

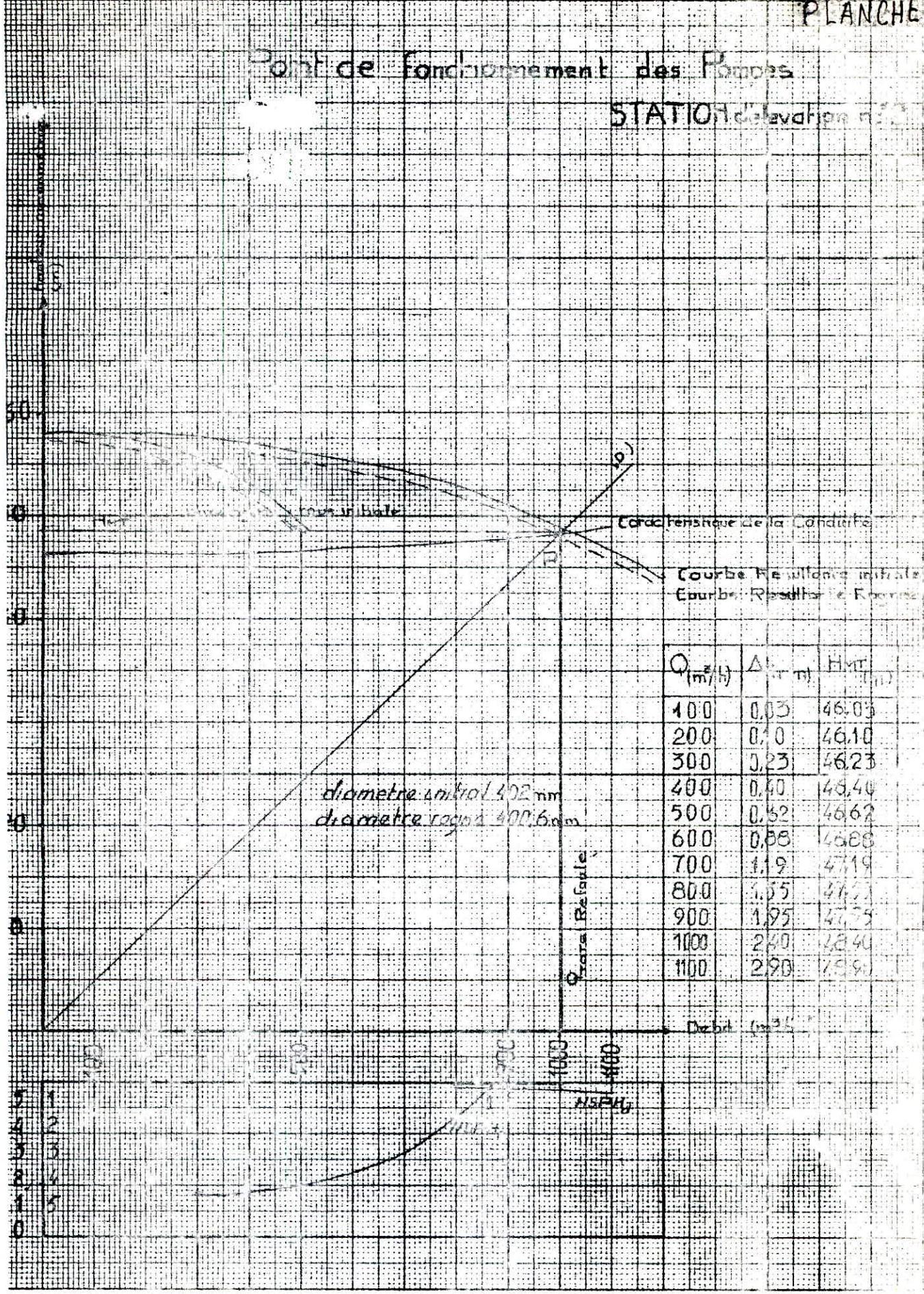
STATION d'élevation N°1



## PLANCHE VI

## Point de fonctionnement des Pompes

STATION d'élévation n° 5



## -0- VI- PROTECTION CONTRE LE COUP DE BELIER -0-

**1- ETUDE DU PHENOMENE :** Le coup de belier est un phénomène oscillatoire caractérisé par des variations de pressions, qui se propagent dans le milieu constitué par l'eau ; elles sont dues à un changement instantané du régime hydraulique et engendrant une onde de propagation ou celerite.

**2- Causes et effets :**

Le changement instantané du régime hydraulique crée le phénomène du coup de belier : dû aux causes suivantes

- Arrêt brusque du groupe electro-pompe : ( par disjonction)
- Fermeture ou ouverture instantanée d'une vanne
- Demarrage simultané ou séparé d'un ou de plusieurs groupes electro-pompes.

Le coup de belier peut dans de nombreux cas provoquer une rupture de la canalisation soit par :

- Ecrasement : suite à une forte dépression
- Eclatement : suite à une surpression

Ces variations de pression peuvent aussi donner lieu à :

- Un déboitement de la conduite
- Une rupture des joints
- Une détérioration des accessoires ( robinetterie)
- Un bruit désagréable dans la conduite.

Mis à part le bruit désagréable tous les effets entraîneront une perte d'eau qui peut être considérable.

**3- MOYEN DE PROTECTION :**

Toutes ces considerations nous montre qu'il est impératif de prendre des précautions afin d'atténuer les effets du coup de belier, aussi est-il nécessaire de prévoir certaines dispositions.

Parmi les procédés et les dispositifs les plus utilisés, on distingue :

- Les volants d'inertie : liés à l'arbre de la pompe ils permettent d'augmenter (en restituant l'énergie accumulée durant le fonctionnement normal) la durée de la période d'arrêt, ceci permet une réduction de la dépression
- Les soupapes de décharges : C'est un organe qui s'ouvre dès que la pression dépasse une valeur pré-déterminée (onde de pression positive)
- Les chemins d'équilibre : Il s'agit d'un réservoir ouvert à l'air libre dont la cote maximale est supérieure 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
- Les réservoirs d'air : C'est une capacité destinée à assurer l'alimentation de la veine liquide après disjonction du groupe electro-pompe afin d'atténuer les dépressions
- Fermeture lente de la vanne dans le cas d'une adduction gravitaire.

**4- INTERPRETATION PHYSIQUE DU PHENOMENE :**

Supposons la colonne liquide constituée de tranches infiniment rapprochées, en cas d'arrêt brusque du groupe electro-pompe (cas de refoulement) quatre phases sont à envisager.

1ere PHASE :

Par suite de son inertie la colonne liquide va poursuivre son ascension , mais coupée suite à l'arrêt , il en résulte une dépression. Chaque tranche considérée de la conduite se contracte successivement , et une onde de dépression prend naissance et se propage de la pompe au réservoir avec une celerité (a) et un temps égale à  $\frac{(L)}{(a)}$

A ce moment ( quand l'onde atteint le réservoir ) toute la conduite est en dépression et l'eau immobile.toute

-2eme PHASE :

Du fait de son élasticité la conduite reprend son diamètre primitif et cela de proche en proche et ceci en partant du réservoir , au bout d'un temps égal à  $\frac{(2L)}{a}$ , ( temps considéré depuis l'origine du phénomène) toute l'eau est redescendue dans la conduite et va se trouver bloquée par le clapet qui s'est fermé entre temps

-3eme PHASE :

En raison de cet arrêt (eau bloquée par le clapet) la première tranche en contact avec le clapet va se trouver comprimée, entraînant une dilatation de la conduite , les tranches suivantes subiront le même sort avec les mêmes conséquences pour la conduite.

L'onde de pression gagnant de proche en proche , dans le sens pompe - réservoir au bout d'un temps  $\frac{(3L)}{a}$ , temps compté à partir de l'origine du phénomène ; toute la conduite sera dilatée avec une eau surpressée et immobile.

-4eme PHASE :

Grace à son élasticité ( agissant à la manière d'un ressort ) la conduite reprend de proche en proche , à partir du réservoir son diamètre primitif , au bout d'un temps  $\frac{(4L)}{a}$ , temps compté à partir de l'origine .

Le phénomène se reproduira indefiniment s'il n'est pas freiné par les pertes de charges.

REMARQUES :

Le cas d'une adduction gravitaire est exactement le même sauf toutefois l'ordre des phases commence par une surpression et s'achève par une dépression .

Dans les 2 cas le coup de belier est :

- Cas d'adduction gravitaire : maximal au droit de la vanne est nul à l'autre extrémité,
- Cas d'adduction en refoulement : maximal au droit de la pompe est nul à l'autre extrémité.

Ces ondes de pression sont fonction du temps et de leurs positions relatives à l'origine , elles sont représentées par les équations d'ALLIEVI

$$b = F\left(t - \frac{x}{a}\right) + f\left(t + \frac{x}{a}\right)$$

$$-a = \frac{(V-V_0)}{g} = F\left(t - \frac{x}{a}\right) - f\left(t + \frac{x}{a}\right)$$

b : valeur du coup de belier

F, f : étant des fonctions

a : celerité.

Afin d'interpréter ces deux équations, imaginons un observateur, se déplaçant le long de la conduite avec une vitesse constante ( $a$ ) suivant la loi :

$$x = at + C^t_0$$

$x$  étant positif dans le sens contraire de l'écoulement ;

si l'observateur remonte le courant on a :

$$\left\{ \begin{array}{l} t - \frac{x}{a} \\ \end{array} \right\} = C^t_0$$

d'où la valeur  $F(t - \frac{x}{a})$  pour cet observateur

sera toujours constante où qu'il se trouve.

$F$  : fonction caractérisant une onde de propagation.

Dans le cas où l'observateur descend le courant, c'est à dire la vitesse est négative ( $-a$ ) et suivant la même loi, la fonction  $F(t + \frac{x}{a})$  représente une

onde qui se propagerait dans le sens contraire à la première

### 5- METHODOLOGIE ET CALCULS :

#### - REPRESENTATION GRAPHIQUE DU PHENOMENE :

$$b = F \left\{ t - \frac{x}{a} \right\} + f \left\{ t + \frac{x}{a} \right\} \quad (1)$$

$$- a \left\{ \frac{V - V_0}{g} \right\} = F \left\{ t - \frac{x}{a} \right\} - f \left\{ t + \frac{x}{a} \right\} \quad (2)$$

Par addition de (1) et (2) on obtient :

$$b - \frac{a}{g} (V - V_0) = 2F$$

Par soustraction de (2) moins (1) on obtient :

$$b + \frac{a}{g} (V - V_0) = 2f$$

Sachant que :

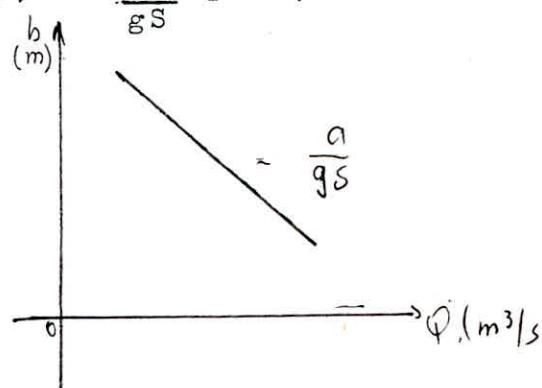
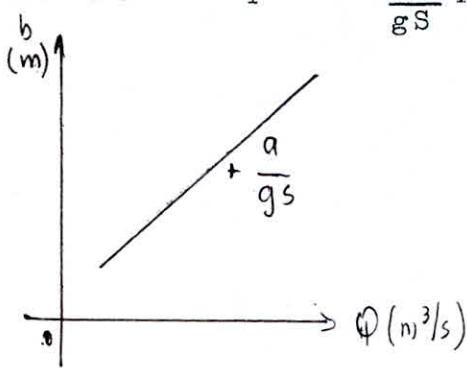
$$Q = V \times S = V = \frac{Q}{S}$$

$S$  : section de la conduite

$$b = \frac{a}{gS} (Q - Q_0) + 2F \quad (3)$$

$$b = - \frac{a}{gS} (Q - Q_0) + 2f \quad (4)$$

Comme ( $F$  et  $f$ ) sont constantes par rapport à l'observateur qui remonte ou descend le courant, si on rapporte ( $Q$ ) et ( $b$ ) sur 2 axes  $OQ$  et  $OB$  pour des valeurs données de ( $F$  et  $f$ ), les expressions (3) et (4) seront les équations des droites de pentes  $\pm \frac{a}{gS}$  pour (3) et  $-\frac{a}{gS}$  pour (4)



- CELERITE :

A partir de l'équation de continuité et tenant compte de la dilatation et la compressibilité de l'eau ALLIEVI déduit la vitesse de propagation de l'onde.

$$a^2 = \frac{1}{\rho \left( \frac{1}{K} + \frac{D}{Ee} \right)} = \frac{1/\beta}{\left( \frac{1}{K} + \frac{D}{Ee} \right)}$$

d'où la valeur de la celerité

$$a = \sqrt{\frac{1/\beta}{\left( \frac{1}{K} + \frac{D}{Ee} \right)}}$$

ALLIEVI a calculé :  $1/\beta$ ,  $1/K$  et  $\frac{D}{E} = k$

En les remplaçant, par leurs valeurs exactes ou moyennes, valeurs obtenus pour de l'eau aux températures ordinaires :

$$a = \sqrt{\frac{9900}{48,3 + k \frac{D}{E}}}$$

$k$  : coefficient dépendant du matériau : (Acier  $k = 0,5$ )

- CALCUL DE LA VALEUR MAXIMALE DU COUP DE BELIER :

Juste avant la fermeture brusque le coup de belier n'existe pas ( $b = 0$ ) et le débit  $Q_0$  est celui du régime permanent.

Imaginons un observateur partant à ce moment du réservoir et allant vers la vanne A, il descend le courant (pente  $-\frac{a}{gS}$ ) arrive en A trouve la vanne fermée ( $Q = 0$ ), on aura donc :  $b = Q_0 \operatorname{tg}\alpha = Q_0 \frac{a}{gS}$

$$b = \frac{S \times V_0 \times a}{g \times S} = \frac{a \times V_0}{g}$$

NOTE : étudier pour le cas d'une fermeture brusque d'une vanne (surpression), pour le cas d'un arrêt du groupe électro-pompe la valeur ainsi trouvée sera prise avec son signe opposé (dépression)

6 CALCUL :

a : adduction gravitaire (RMC - RHP)

données de base :

$$Q = 0,2788 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 6400 \text{ m}$$

$$\phi = 0,5 \text{ m}$$

$$e = 0,006 \text{ m}$$

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

$$V_0 = 1,42 \text{ m/s}$$

$$k = 0,5$$

$$\xi = 4 \times 10^{-4} \text{ m}$$

DETERMINATION DE LA CELERITE :

$$a = \sqrt{\frac{9900}{48,3 + 0,5 \frac{0,5}{0,006}}} = 1043,74 \text{ m/s}$$

$$Z_0 = \text{pression statique} : (160 - 134,45) = 25,55 \text{ m} + 10$$

$$Z_0 = 25,55 + 10 = 35,55 \text{ m} = 3,555 \text{ bars}$$

La pression totale sera :

$$151,24 + 35,55 = Z_0 + b = 186,79 \text{ m soit } 18,679 \text{ bars}$$

Etant donné la faible pression de service (3,555 bars) une conduite conçue pour supporter des pressions de dix bars est suffisante dans la mesure où on prévoit un moyen de protection (fermeture ou ouverture lente de la vanne de sectionnement)

#### DETERMINATION DU TEMPS DE FERMETURE :

Pour une fermeture lente :

$$t = \frac{2L}{a} = \frac{2 \times 6400}{1043,73} = 12,26 \text{ s}$$

Afin d'atténuer les coups de bâlier nous préconisons la fermeture de la vanne en huit étapes.

#### CONSTRUCTION GRAPHIQUE :

- Détermination de la pente :

$$\frac{a}{gS} = \frac{1043,73}{9,8(0,5 \times H)} = 542,42$$

Echelle verticale : 2 cm — 10 m

$$542,42 — 108,484$$

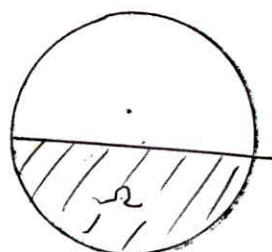
$$\begin{aligned} \text{Echelle horizontale: } & 0,2 \text{ m}^3/\text{s} — 10 \text{ cm} \\ & 1 \text{ m}^3/\text{s} — 50 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\tan \alpha = \frac{b}{H} = \frac{542,42 \text{ (m)}}{1 \text{ (m}^3/\text{s})} = \frac{542,42 \times 2}{10} = 2,169$$

$$\alpha = 65^\circ,26 = 65^\circ 15''$$

- Détermination des caractéristiques de fermeture de la vanne à partir de la formule dz MICHAUD

$$H_0 + b = \frac{Q^2}{2gm^2} \quad \underline{\underline{=}} \quad H_0 = \frac{Q^2}{2gm^2} - b$$



pour de différents débits  $\left\{ Q_n = \frac{(8-n)}{8} Q_0 \right\}$  on trace les caractéristiques

(connaissant  $H_0$  et  $Q_0$ ) de chaque étape de fermeture

Remarque : Pour les résultats de calculs, voir planche VIII et tableau ( ) à tirage indicatif:

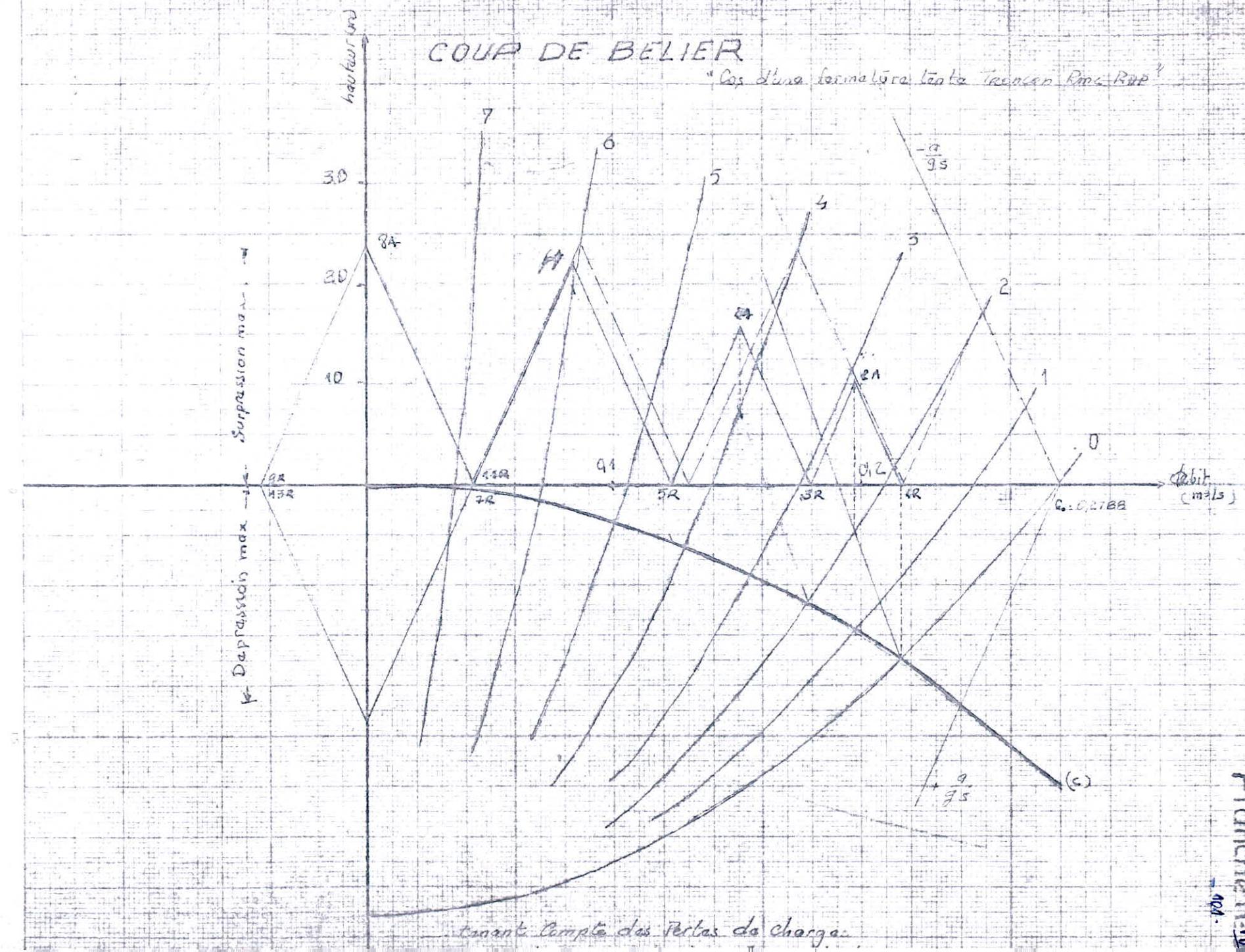
$$b_{\max} (\text{surpression}) = 23,5 \text{ m} = 2,35 \text{ bars}$$

$$b_{\max} (\text{dépression}) = 23,5 \text{ m} = 2,35 \text{ bars}$$

b- adduction gravitaire (RHP - RBP)

# COUP DE BELIER

"Cas d'une secnalure tente (rencon Rn=RP)



$$Q = 0,0720 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 850 \text{ m}$$

$$\phi = 250 \text{ mm} = 0,25 \text{ m}$$

$$e = 0,003 \text{ m}$$

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

$$V_0 = 2,29 \text{ m/s}$$

$$k = 0,5$$

$$\rho = 4 \times 10^{-4} \text{ M}$$

-Determination de la celerité :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{4,83 + 0,5 \frac{0,12}{0,003}}} = 1095,72 \text{ m/s}$$

-Calcul de la valeur maximale du coup de bélier :

$$b = \frac{a V_0}{g} = 256,04 \text{ m} = 25,604 \text{ bars}$$

Pression en cas d'arrêt brusque :

$$P = \rho_0 + b = 43,94 + 10 + 256,04 = 53,94 + 256,04$$

$$P = 309,98 \text{ m} = 30,998 \text{ bars}$$

Afin d'utiliser une conduite cinquée pour subir une pression de dix bars il est nécessaire de prévoir un moyen de protection(fermeture lente )

Détermination du temps de fermeture :

$$t = \frac{2L}{a} = \frac{2 \times 850}{1095,72} = 1,55 \text{ s}$$

nous préconisons une fermeture à huit étapes

CONSTRUCTION GRAPHIQUE :

$$\text{pente } \frac{a}{gS}$$

$$\frac{a}{gS} = \frac{1095,72}{9,8 \left( 0,2 \frac{0,2 \times 11}{4} \right)} = 3558,96 \text{ m}$$

Echelle verticale : 1 cm ————— 10 m

Echelle horizontale : 200 cm ————— 1  $\text{m}^3/\text{s}$

$$\text{tg} \alpha = \frac{\frac{3558,96}{10}}{20} = 1,77948$$

$$\alpha = 60^\circ,6 - 60^\circ 36'$$

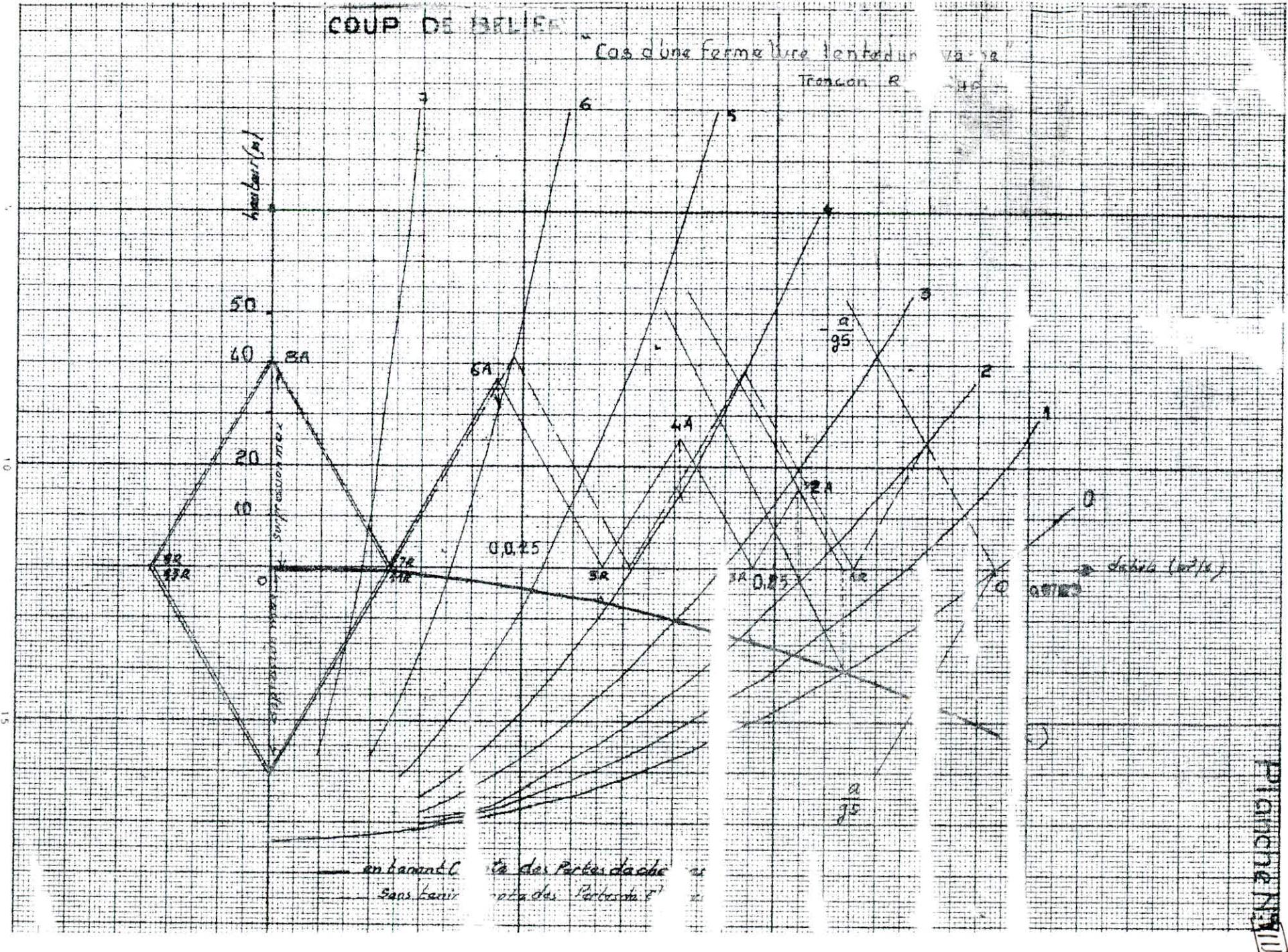
-Caractéristiques de fermeture de la vanne à partir de la formule de MICHAUD et des débits

$$Q_n = \left( \frac{8-n}{8} \right) Q_0 \quad \text{on déduit les caractéristiques suivantes}$$

Remarques : les résultats sont portés sur les tableau ( ) et 1<sup>er</sup> ( planche VIII )

Surpression maximale : 40 m

Depression maximale : 40 m



- 104 -

b- CAS DU COUP DE BELIEF POUR LE REFOULEMENT :

1-GENERALITES :

Afin d'atténuer les effets du coup de belier et parmi les dispositifs déjà cités, nous retiendrons le réservoir d'air pour les commodités qu'il offre; et afin d'augmenter son efficacité undispositif d'étranglement (tuyère ou clapet à bâton percé) sera intercalé entre la conduite et la cloche pour amortir (freiner) les oscillations

- Caractéristiques de la tuyère :

Cette dernière agira comme un ajoutage rentrant de BORDA avec un coefficient égal à ( $\frac{1}{2}$ ) pour le cas où l'eau monte dans le réservoir d'air, dans ce cas les pertes de charges seront :

$$\Delta H_2 = \frac{\frac{V_2^2}{2}}{2g} \times C' = \frac{(K' \times V_f)^2 C'}{2g}$$

$K'$  = rapport des vitesses  $\left( \frac{V_2}{V_f} \right)$

$V_2$  = vitesse dans la tuyère

$V_f$  = vitesse dans la conduite

$C'$  = coefficient des pertes de charges dans une tuyère, dépendant d'un coefficient ( $m'$ ) tenant compte des dimensions de la tuyère et de la tuyule

$$m' = \frac{\frac{(dt)^2}{2}}{(Dt)^2} \xrightarrow{\text{Ab}} C'$$

Par contre lors de la descente de l'eau du réservoir d'air, la tuyère aura un coefficient de débit de l'ordre de (0,92) et le rapport de vitesse  $\left( \frac{V_1}{V_f} \right)$  sera égal au rapport inverse des carrés des diamètres de la conduite et celui de la tuyère contractée de la tuyère

$$K = \frac{V_1}{V_f} = \frac{\phi^2}{(C, 32 \times dt)^2}$$

$V_1$  = vitesse dans la tuyule

$V_f$  = vitesse dans la conduite

$dt$  = diamètre de la tuyère

$\phi$  = diamètre de la conduite

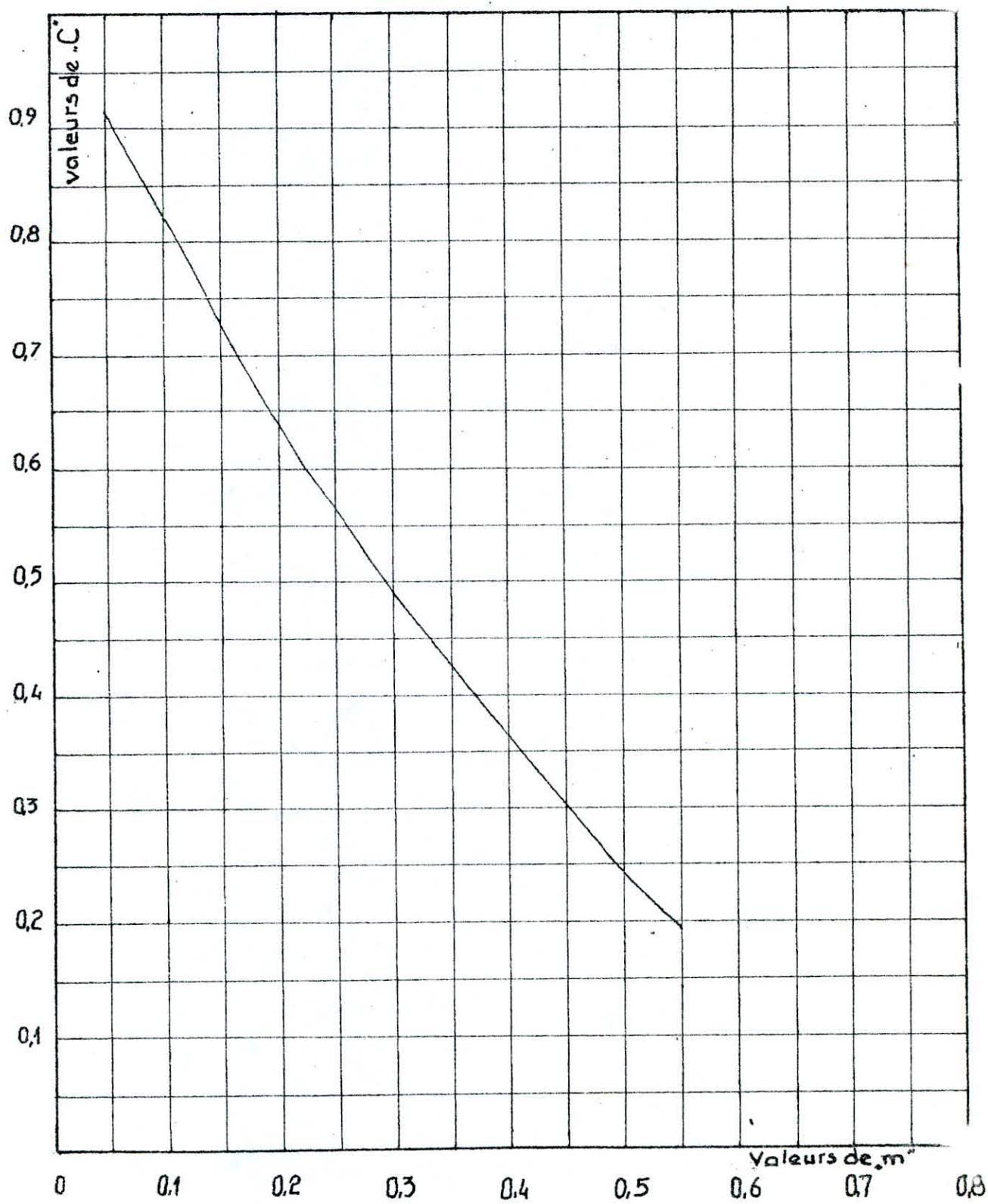
$dt$  doit être choisi pour que  $k$  soit compris entre 15 et 20 ===== 15  $K \leq 20$   
Dans ce cas les pertes de charges dans la tuyère seront

$$\Delta H_1 = \frac{\frac{V_1^2}{2}}{2g} = \frac{(KV_f)^2}{2g} C$$

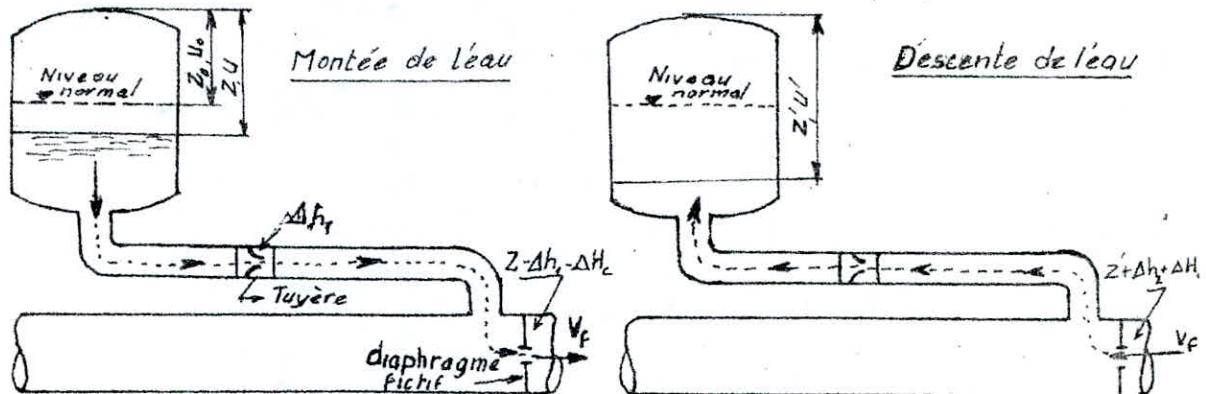
$C$  : coefficient des pertes de charges dans une tuyère (pour le cas de la descente de l'eau du réservoir d'air) dépendant d'un autre coefficient ( $m$ ) lui-même fonction de la section de la conduite et la section contractée de la tuyère :

$$m = \frac{(0,92 \times dt)}{\phi^2} = \text{Abaque } C$$

## Planche N°IX

COEFFICIENT DES PERTES DE  
CHARGES DANS UNE TUYERE

## Planche N°X

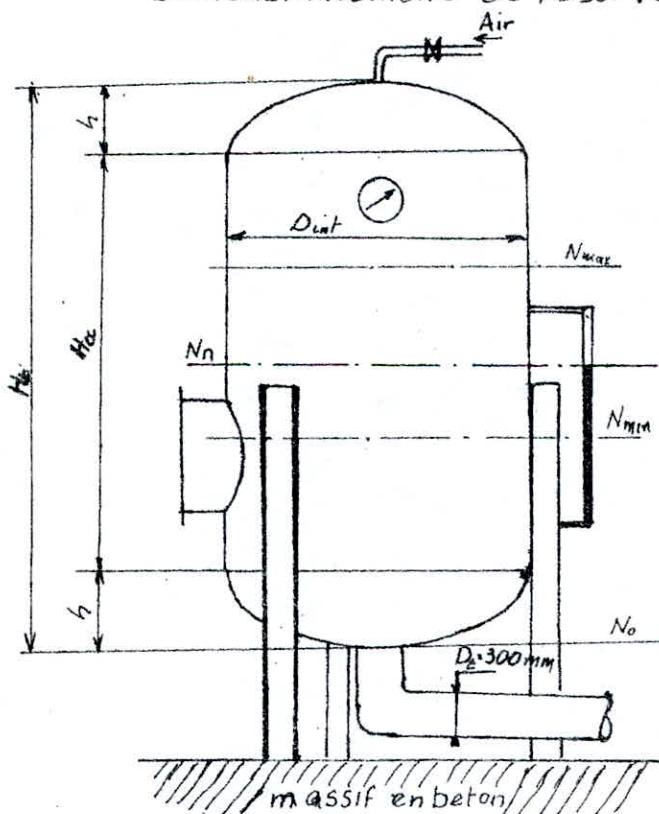


a - P.d.c lors de la montée de l'eau dans la conduite

b - P.d.c lors de la descente de l'eau dans la conduite.

Fig 1

## Dimensionnement du réservoir d'air.

Plan de référence  
axe de la pompe

Designation	Unité	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>
D <sub>int</sub>	m	2,20	1,00
H <sub>T</sub>	m	4,81	4,02
V <sub>T</sub>	m <sup>3</sup>	17	3
H <sub>ce</sub>	m	3,81	3,42
h	m	0,50	0,30
N <sub>n</sub>	m	3,00	2,00
N <sub>min</sub>	m	1,64	1,29
N <sub>max</sub>	m	2,66	2,05
N <sub>o</sub>	m	0,99	0,63

Fig 2

Comme précédemment c'est par l'épure de BERGERON que

seront déterminées les surpressions et dépressions maximales dans la conduite . Au préalable, après avoir fixé les caractéristiques du réservoir d'air ( $U_0$  = volume d'air) ainsi que celles de la tuyère, on établit un repère orthogonal où sur l'axe des abscisses on portera les vitesses de l'eau dans la conduite et sur l'axe des ordonnées les valeurs de pression .

Les régimes seront considérés en entier (temps d'un aller-retour de l'onde) où  $\underline{L}$  = unité de temps

a

- Au temps zéro survint la disjonction et apparaît alors le régime transitoire,
- Au temps  $1 = \frac{L}{a}$  compté à partir de l'apparition du régime transitoire où la naissance de l'onde, au réservoir le régime est encore stable (état stable) et le point de départ de l'observateur vers la pompe sera obtenu par l'intersection de la verticale menée de ( $V_0$ ) et de l'horizontale passant par la valeur de la pression  $Z_0 = H_0 + 10$ ; remontant le courant l'observateur verra les points du régime se déplacer sur la droite a

gS

- Au temps 2 nous obtiendrons un point (2P) par l'intersection de la droite a et l'horizontale passant par valeur de la pression régnante dans la conduite .

Ce point ainsi déterminé devra nécessairement correspondre avec la vitesse ( $V_f$ ) choisie, de la droite (-a) menée de (2P) se refléchit sur l'horizontale  $Z_0$  etc ....

#### Determination de la pression dans la conduite :

Pour le calcul de cette pression il sera tenu compte des pertes de charges dans la tuyère ainsi que celles occasionnées dans la conduite :

$Z_c$  = étant la pression dans la conduite

#### 1er cas :

l'eau monte dans la cloche (descend dans la conduite)

$$Z_c = Z + \Delta H_2 + \Delta H_c$$

#### 2eme cas :

l'eau descend de la cloche (monte dans la conduite)

$$Z_c = Z - \Delta H_2 - \Delta H_c$$

$H_c$  : pertes de charges dans la conduite pour une vitesse ( $V_f$ ) fixée

$Z$  : pression dans le réservoir d'air

$$Z = \frac{(Z_0 + \Delta H_c)}{U^{1,4}}$$

$\Delta H_c$  : pertes de charges dans la conduite  $t=0$  et  $V_0 = V_f$

$U_0$  : volume initial

$$U_1 = U + U_1 - U_n = U_n + \Delta U$$

$\Delta U$  : variation du volume d'air dans le réservoir d'air

$U$  : volume d'air à la fin de chaque étape

$$\Delta U = V_m \times t_r \times S$$

.../...

$v_m$  : vitesse moyenne dans la conduite  $\frac{m}{s}$

$s$  : section de la conduite

$t_r$  : temps de retour de l'onde  $t_r = \frac{2L}{a}$  /s/

$$v_{m1} = \frac{v_o + v_f}{2} \quad --- \quad v_{mi} = \frac{v_{fi} - \frac{4}{\pi} \cdot v_{fi}}{2}$$

### 3-Calcul:

Données de départ ( ST - BR )

$$Q = 0,2788 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 7915 \text{ m}$$

$$\phi = 0,5 \text{ m}$$

$$C = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$e = 0,006 \text{ m}$$

$$v_o = 1,42 \text{ m/s}$$

$$H_o = 105 \text{ m} == Z_o = H_o + 10 = 115 \text{ m}$$

$$U_o = 10 \text{ m}^3$$

$$d_t = 0,125 \text{ m}$$

$$D_t = 0,300 \text{ m}$$

- Cas de la montée de l'eau dans la cloche (descente de la conduite).

$$K' = 32$$

$$m' = 0,088$$

$$C' = 0,85$$

- Cas de la descente de l'eau de la cloche (monté dans la conduite).

$$K = 18,90$$

$$m = 0,47$$

$$C = 0,73$$

- APPLICATIONS :

- CELERITE :

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 0,5 \frac{0,5}{0,006}}} = 1043,74 \text{ m/s}$$

- La valeur maximale du coup de belier :

$$b = \frac{a V_0}{g} = \frac{1043,74 \times 1,42}{9,8} = 151,24 \text{ m}$$

$$b = 15,124 \text{ bars}$$

- La pente :

$$\frac{a}{gs} = \frac{1043,74}{9,8(0,5)2II} = 542,42$$

$$\tan \alpha = \frac{542,42}{50} = 1,0884 \Rightarrow \alpha = 47^\circ, 42$$

NOTE : Pour les résultats voir ( tab 42 ) et planche ( XI )

COUP de BELIER "Arrêt du Groupe" Tronçon Si-Pe

Calcul du Volume d'air

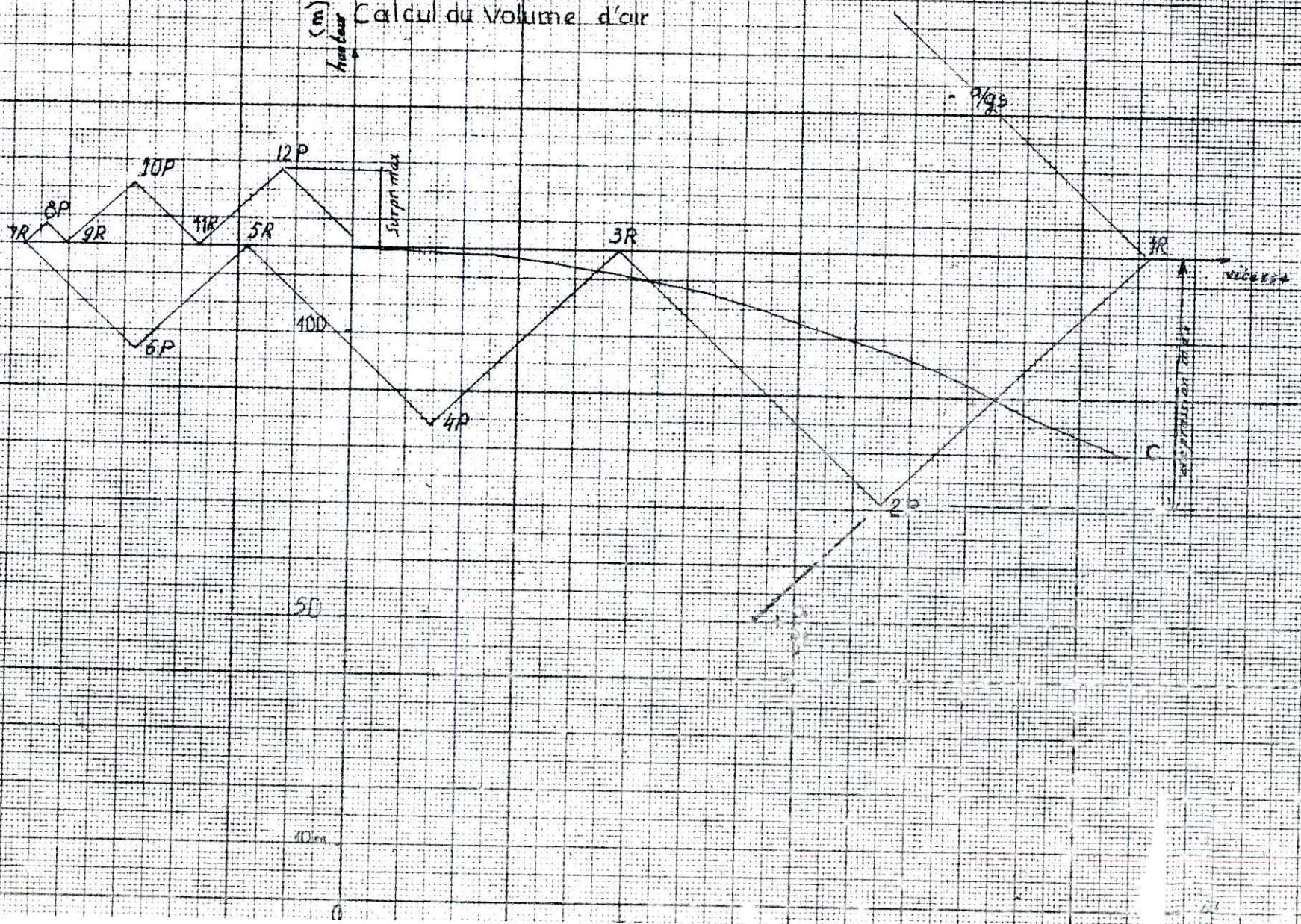


Tableau N° 42

TABLEAU DES VALEURS DU COUP DE BELIER  
ARRET DU GROUPE ST-BR

	Intervalle de temps t <sub>n</sub> à t <sub>n+1</sub> [s]	Vitesses moyennes V <sub>m</sub> = $\frac{V_{n+1} + V_n}{2}$ [m/s]	Vitesses moyennes V <sub>f</sub> [m/s]	Variation du volume d'air ΔU = S · V <sub>m</sub> · t <sub>r</sub> [m <sup>3</sup> ]	Volume d'air U <sub>n</sub> = U <sub>n-1</sub> + ΔU [m <sup>3</sup> ]	Pression dans le réservoir d'air: Z' = $Z_0 \frac{U_0'''}{U'''_n}$ [m]	Perde de charge conduite ΔH <sub>c</sub> [m]	Perde de charge dans la tuyere montée: $\Delta H_1 = \frac{V_1^2 - V_0^2}{2g}$ [m]	Perde de charge dans la tuyere descendue: $\Delta H_2 = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$ [m]	Vitesses choisies V <sub>f</sub> [m/s]	Désignation du point
0	1,42	.	.	U <sub>0</sub> = 10 <sup>3</sup>	Z <sub>0</sub> = 115 m	35	-	105	-	1 R	
t <sub>r</sub>	0,95	1,185	3,566	13,529	99,233	16,539	12,007	70,689	0,95	2 P	
2t <sub>r</sub>	0,145	0,548	1,630	15,159	84,619	0,444	0,28	83,895	0,145	4 P	
3t <sub>r</sub>	-0,380	-0,118	-0,350	14,809	87,434	2,774	6,413	96,621	-0,38	6 P	
4t <sub>r</sub>	-0,540	-0,46	-1,370	13,439	100,162	5,479	12,949	118,590	-0,54	8 P	
5t <sub>r</sub>	-0,385	-0,463	-1,377	12,062	116,533	2,845	6,582	125,961	-0,385	10 P	
6t <sub>r</sub>	-0,125	-0,255	-0,759	11,303	127,635	0,336	0,694	128,665	-0,125	12 P	
7t <sub>r</sub>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14 P	

$$\text{Dépression maximale: } 115 - 70,689 = 44,311 \text{ m}$$

$$4,431 \text{ bar}$$

$$\text{Surpression maximale: } 128,665 - 115 = 13,665 \text{ m}$$

$$1,367 \text{ bar}$$

- Données de départ BR - RMC

$$Q = 0,2788 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 525 \text{ m}$$

$$\alpha = 0,5 \text{ m}$$

$$\Sigma = 4 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$e = 0,006 \text{ m}$$

$$V_0 = 1,42 \text{ m/s}$$

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

$$H_0 = 48 \text{ m} = T_0 = 48 + 10 = 58 \text{ m}$$

$$d_t = 0,125 \text{ m}$$

$$D_t = 0,300 \text{ m}$$

- Caractéristiques de la tuyère :

- cas de la descente de l'eau de la cloche (Monté de l'eau dans la conduite)

$$K = 18,9$$

$$m = 0,147$$

$$c = 0,73$$

- Cas de la montée de l'eau dans la cloche (descente de l'eau de la conduite)

$$K' = 32$$

$$m' = 0,088$$

$$c' = 0,85$$

APPLICATIONS:

- Célérité :  $a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 0,5 \frac{0,5}{0,006}}} = 1043,74 \text{ m/s}$

- La valeur max du coup de belier :

$$b = \frac{av_0}{g} = \frac{1043,74 \times 1,42}{9,8} = 151,24 \text{ m} = 15,124 \text{ bars}$$

- La pente

$$\frac{a}{gs} = \frac{1043,74}{9,8 \left( \frac{0,25 \times \frac{\pi}{4}}{4} \right)} = 542,42$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{-542,42 \times 2}{50} = 2,17$$

$$\alpha = 65^\circ,25$$

NOTE : Pour les résultats voir (tab 43) et planche 12 (XII)

COUP DE BELIER ARRÊT DU GÉNÉRALE TRONÇON Bz-Bmc

Calcul du réservoir d'air

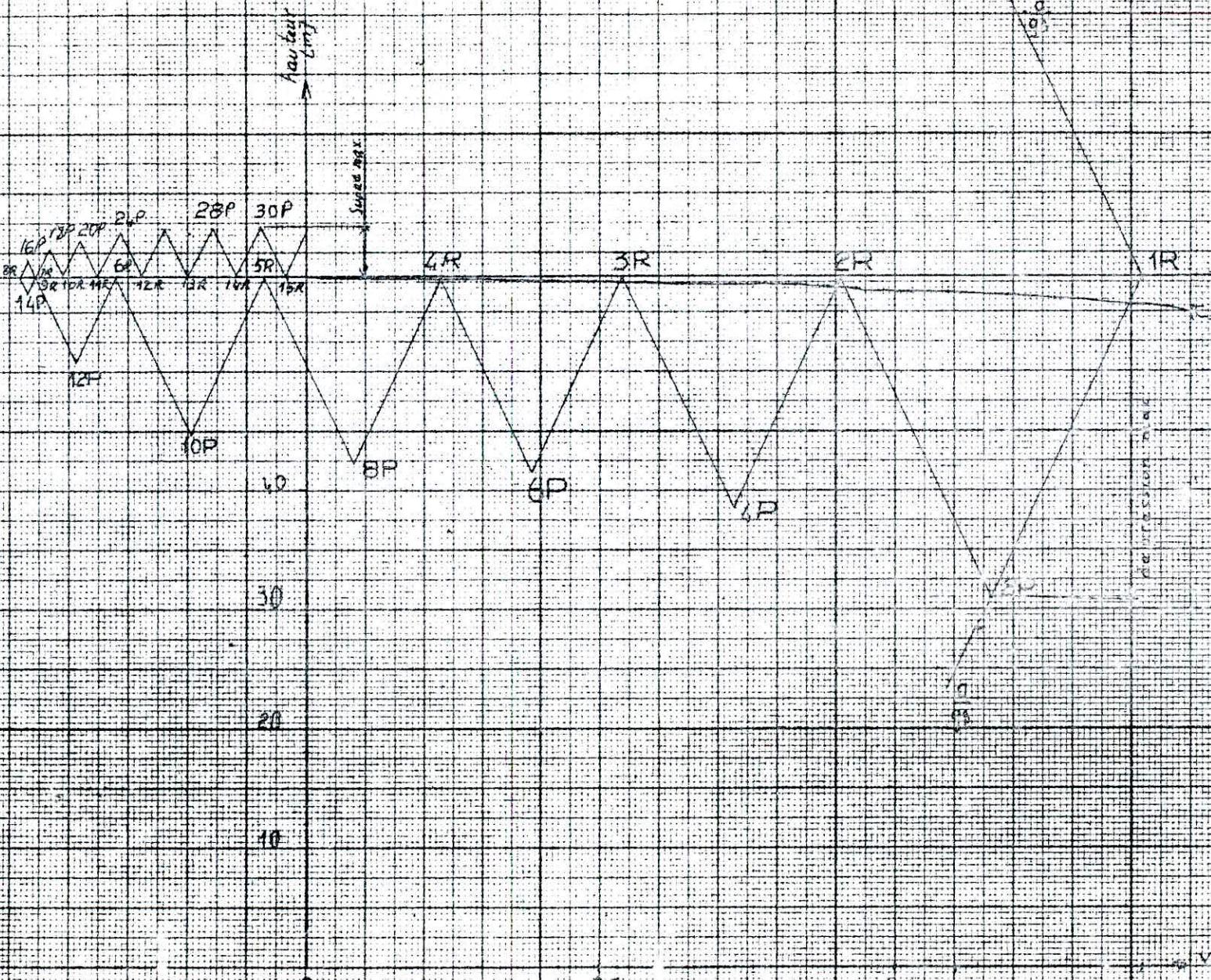


Tableau N° 43

TABLEAU DES VALEURS DU COUP  
DE BELIER Arret du Groupe Troncon Br-Rmc

Intervalle de temps, $t = 10^{-3}$ [s]	Vitesse lue sur le graphique $V_f$ [m/s]	Vitesse Moyenne $V_m := V_{f_{n-1}} + V_{f_n} / 2$ [m/s]	Variation du volume d'air $\Delta U := S \cdot V_m \cdot t_r$ [ $m^3/s$ ]	Volume d'air $U$ $U_n = U_{n-1} + \Delta U$ [ $m^3$ ]	Pression dans le réservoir d'air $Z' := \frac{(Z_0) U_{n-1}}{U_n}$ [m]	Perde de Charge Conduite $\Delta H_c$ [m]	Perde de charge dans la tuyere monte : $\Delta H_1 = V_{z_1}^2 / 2 g$ [m] descende : $\Delta H_2 = V_{z_2}^2 / 2 g$ [m]	Pression dans la conduite M : $Z = Z' - \Delta H_1 - \Delta H_c$ [m] D : $Z = Z' + \Delta H_2 + \Delta H_c$ [m]	Vitesse choisie $V_f$ [m/s]	Designation du Point
0	1.42	-	$U_0 = 2 m^3$	$Z_0 = 58$	2,42	-	-	48	-	1R
1tr	1.165	1.925	0.255	2,255	51,07	11,55	1,64	30,88	1,165	2P
2tr	0.725	0.945	0.187	2,412	46,48	7,18	0,65	38,65	0,725	4P
3tr	0.385	0.555	0.110	2,522	43,67	2,03	0,19	41,45	0,385	6P
4tr	0,080	0,2325	0,046	2,568	42,58	0,09	0,01	42,48	0,080	8P
5tr	-0,195	-0,0975	-0,011	2,557	42,84	1,69	0,05	44,58	-0,195	10P
6tr	-0,390	-0,2925	-0,058	2,499	44,23	6,75	0,19	51,17	-0,390	12P
7tr	-0,470	-0,430	-0,085	2,414	46,43	9,81	0,28	56,52	-0,470	14P
8tr	-0,475	-0,4725	-0,093	2,321	49,05	10,02	0,283	59,35	-0,475	16P
9tr	-0,435	-0,455	-0,090	2,231	51,85	8,40	0,24	60,49	-0,435	18P
10tr	-0,385	-0,410	-0,081	2,150	54,60	6,58	0,19	61,37	-0,385	20P
11tr	-0,315	-0,350	-0,070	2,080	57,19	4,41	0,13	61,73	-0,315	22P
12tr	-0,240	-0,2775	-0,055	2,025	59,38	2,56	0,08	62,02	-0,240	24P
13tr	-0,160	-0,200	-0,040	1,985	61,06	1,14	0,04	62,24	-0,160	26P
14tr	-0,080	-0,120	-0,024	1,961	62,10	0,28	0,01	62,40	-0,080	28P

depression maximale :  $58 - 30,88 = 27,12$  m  
2,712 bar

Surpression maximale :  $62,40 - 58 = 4,40$  m  
0,440 bar

#### 4- DIMENTIONNEMENT DES RESERVOIRS D'AIR

##### Station N° 2

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

$$U_{\max} = 2,557 \text{ m}^3$$

Comme il doit rester de l'eau dans le réservoir on prend  $V_t = 3 \text{ m}^3$ , avec un réservoir à fond bombé de diamètre 1m et dont la calotte à une hauteur  $h = 0,3 \text{ m}$  on aura : (volume calotte  $V_{\text{cal}}$ )

$$V_{\text{cal}} = \frac{4}{3} \pi r^2 h_{\text{cal}} = \frac{4}{3} \times \pi \times 0,5^2 \times 0,3 = 0,314 \text{ m}^3$$

Hauteur de la cuve :  $H_{\text{cuve}}$

$$H_{\text{cuve}} = \frac{\left(\frac{V_r - V_{\text{cal}}}{\pi r^2}\right)^4}{4} = \frac{(3 - 0,314)^4}{\pi \times 1^2} =$$

$$H_{\text{cuve}} = 3,420 \text{ m}$$

$$N_{\text{Normal}} : h_n = 0,3 + \frac{2-1-0,353}{\pi (1^2)} = 1,37 \text{ m}$$

$$N_{\min} : h_{\min} = 0,3 + \frac{4(0,443-0,157)}{\pi \times 1^2} = 0,66 \text{ m}$$

$$N_{\max} : h_{\max} = 0,3 + \frac{4(1,039-0,457)}{\pi \times 1^2} = 1,42 \text{ m}$$

##### STATION N° 1

$$U_0 = 10 \text{ m}^3$$

$$U_{\max} = 15,159$$

$$\text{Volume total du réservoir d'air } V_t = 17 \text{ m}^3$$

$$\text{Hauteur des calottes : } h = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{diamètre du réservoir } \phi = 2,2 \text{ m}$$

Volume de la calotte

$$V_{\text{cal}} = \frac{4}{3} \pi r^2 h = \frac{4}{3} \pi (1,1)^2 \times 0,5 = 2,534 \text{ m}^3$$

Volume de la cuve :  $V_{\text{cu}}$

$$V_{\text{cu}} = V_t - V_{\text{cal}} = 17 - 2,534 = 14,466 \text{ m}^3$$

$$H_{\text{cuve}} = \frac{V_{\text{cuve}}}{S_{\text{cuve}}} = \frac{14,466}{\pi r^2} = \frac{14,466}{\pi (1,1)^2}$$

$$H_{\text{cuve}} = 3,81 \text{ m} \text{ d'où } H_T = 3,81 + 2 \times 0,5 = 4,81 \text{ m}$$

Niveau normal de fonctionnement :

$$N_n = a + h + \frac{V_e - V_{\text{cal}}}{S_{\text{cuve}}} = a + 0,5 + \frac{7 - 2,534}{\pi (1,1)^2}, N_n = 0,99 + 2,01 = 3 \text{ m}$$

$$N_{\min} = 0,99 + 0,5 + \frac{(17 - 15,159) - 1,267}{II \ (1,1)^2}$$

$$N_{\min} = 1,64 \text{ m}$$

$$N_{\max} = 0,99 + \frac{17 - 11,303 - 1,267}{IIx \ (1,1)^2} = 2,66 \text{ m}$$

... / ...

( --o-- VII PROTECTION DE LA CONDUITE CONTRE LA CORROSION --o-- )

A - CORROSION INTERNE :

1- Généralités :

La corrosion est caractérisée par une attaque du métal due à des causes qui trouvent leurs origines dans l'eau charriée.

L'acier non protégé, au contact de l'eau, se trouve normalement corrodé, l'étendue de cette corrosion naturelle dépend d'un certain nombre de facteurs et notamment.

- PH
- Teneur en oxygène dissout dans l'eau
- Vitesse de circulation de l'eau.

2- Lutte contre la corrosion :

Les procédés de lutte qui peuvent être retenus sont :

- interposition d'un film protecteur entre l'eau et le métal, ce film peut être constitué soit par un enduit bitumineux soit un enduit spécial (émail)
- Modification des caractéristiques physico-chimiques de l'eau à véhiculer par un traitement approprié.

CONCLUSION :

Comme un traitement a déjà en lieu le premier procédé est à rejeter ; on ne pourra combiner les deux procédés que dans le cas où en veut prolonger la durée de vie de la conduite mais ceci dépend de plusieurs facteurs.

B- CORROSION EXTERNE :

1 - Généralités :

La corrosion externe des conduites est due essentiellement à des phénomènes extérieurs en liaison le plus souvent soit :

- avec des installations électriques
- avec la nature du sol.

Si ces phénomènes sont importants il peut se produire une destruction rapide de la conduite, il est donc nécessaire d'attacher une grande importance à ces problèmes.

2- CORROSION PAR FORMATION DE PILE :

Ce phénomène peut-être comparé à deux métaux différents plongés dans un bac d'électrolyse ou une électrode va se corroder au profit de l'autre.

Dans le cas d'une conduite ; cette dernière jouera le rôle d'anode et se trouve attaquée ( voir planche XIII , fig 2(a,b,c) )

3- CORROSION PAR SUITE D'INFLUENCE D'UNE SOURCE ELECTRIQUE EXTERIEURE :

Cette corrosion est produite par électrolyse due à des courants vagabonds ( voir planche XIII , Fig 2d )

### C- LUTTE CONTRE LA CORROSION EXTERNE :

Parmi les procédés de lutte contre la corrosion autre que le revêtement extérieur ( couche bitumineuse) on distingue 2 procédés les plus utilisés.

#### 1-Protection par anode réactive :

Base sur un principe simple qui consiste à relier électriquement la conduite à une pièce métallique plus électronégative que l'acier , cette pièce va se corroder en jouant le rôle d'anode au profit de la conduite ( voir planche )

)

#### 2- Protection cathodique par santriage de courant :

Le procédé consiste à relier électriquement la conduite au pôle négatif d'une source de courant continue , le pôle positif étant raccordé à une prise de terre constituée par des pièces métalliques enfouies dans un milieu humide ( voir planche XIII , Fig 3 ) .

Le courant en quittant la prise de terre regagnera le pôle négatif de la source électrique en passant par la conduite et ce sont les pièces métalliques qui vont se corroder au profit de la conduite.

#### REMARQUE :

Peut conclure sachant que la zone qui nous intéresse est caractérisée par de forts courants vagabonds ( Proximité de la zone industrielle) le second procédé est à retenir.

## C- LUTTE CONTRE LA CORROSION EXTERNE :

Parmi les procédés de lutte contre la corrosion autre que le revêtement extérieur ( couche bitumineuse) on distingue 2 procédés les plus utilisés.

### 1-Protection par anode réactive :

Basé sur un principe simple qui consiste à relier électriquement la conduite à une pièce métallique plus électronégative que l'acier , cette pièce va se corroder en jouant le rôle d'anode au profit de la conduite ( voir planche )

)

### 2- Protection cathodique par santriage de courant :

Le procédé consiste à relier électriquement la conduite au pôle négatif d'une source de courant continue , le pôle positif étant raccordé à une prise de terre constituée par des pièces métalliques enfouies dans un milieu humide ( voir planche XIII , Fig 3 ) .

Le courant en quittant la prise de terre regagnera le pôle négatif de la source électrique en passant par la conduite et ce sont les pièces métalliques qui vont se corroder au profit de la conduite.

### REMARQUE :

Peut conclure sachant que la zone qui nous intéresse est caractérisée par de forts courants vagabonds ( Proximité de la zone industrielle) le second procédé est à retenir.

## Planche N° XIII

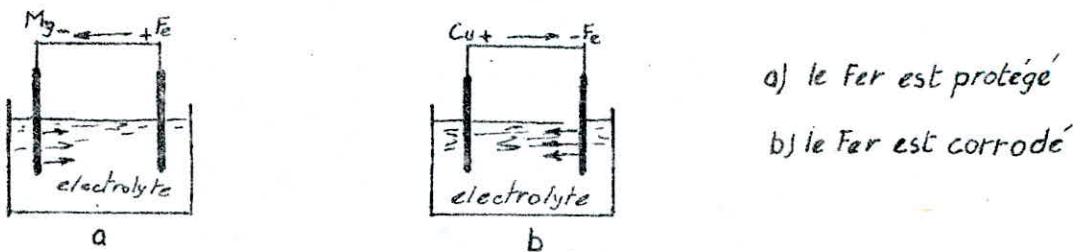


Fig. 1 Corrosion par formation de pile

Fig. 2 Cause de la corrosion externe.

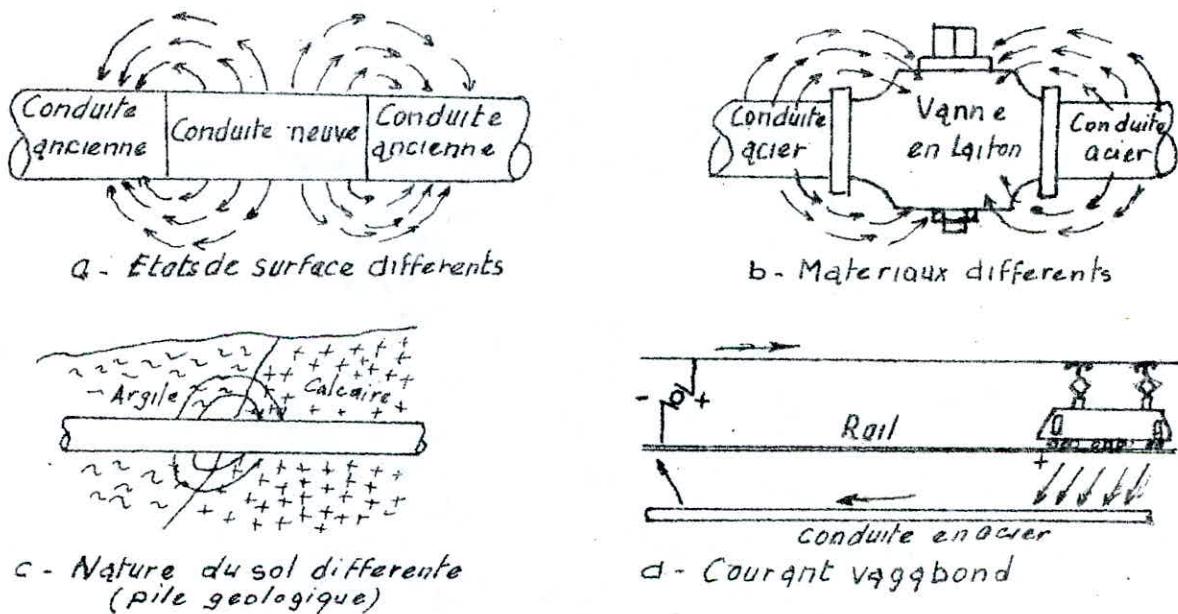
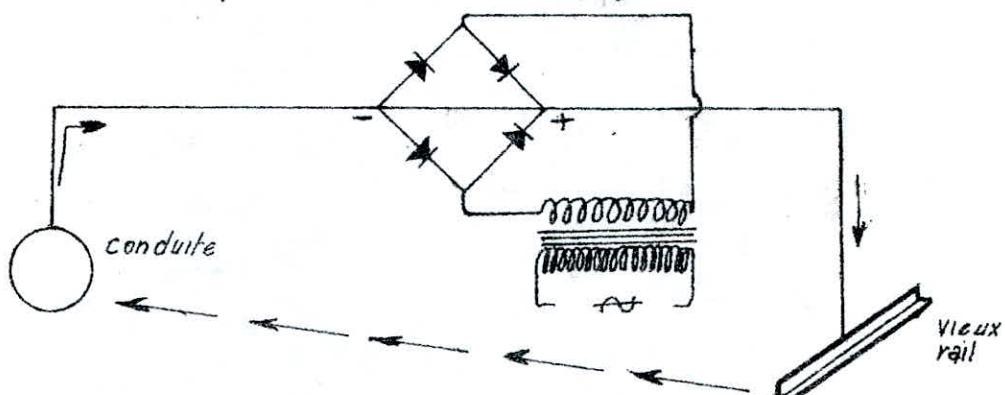


Fig. 3 Protection par courant de soutirage



La pose en terre s'effectue dans une tranchée de largeur suffisante (0,60 m au minimum) de manière que la manutention des conduites se fasse commodément, toutefois il y'a lieu de remarquer qu'au droit de chaque extrémité une niche plus large que la tranchée est réalisée.

La hauteur de la tranchée est fixée d'après la relation suivante :

$$h = (\phi + e + i)$$

$\phi$  : diamètre de la conduite

$i$  : épaisseur du lit de sable (0,15 à 0,20 m)

$e$  : épaisseur du remblai compté à partir de la génératrice supérieure de la conduite (0,6 à 1,2 m)

- Préparation du fond de fouille : le fond de fouille de la tranchée est débarrassée de pierres, ensuite couvert d'un lit de pose bien nivelle généralement constitué soit par :

- du gravier fin, voir même du sable
- le déblai préalablement tamisé.

Avant de procéder au remblayage un essai des joints est effectué avec une pression égale à 1,5 la pression de service.

Un premier remblai est fait, avec de la terre ne comportant pas de grosses pierres et de texture similaire au lit de sable, jusqu'à la génératrice de la conduite.

Après un léger compactage vient le remblai définitif, comme notre tracé aura à traverser des voies de chemin de fer, routes et canneaux il est nécessaire de prévoir des ouvrages spéciaux tels que : galeries et gaines.

Pour notre étude nous retiendrons la pose avec gaines, car en plus de la sécurité qu'elles offrent du point de vue mécanique, puisque c'est elles qui supportent les charges qui peuvent occasionner la rupture de la conduite, elles assurent l'évacuation des eaux en cas de fuite.

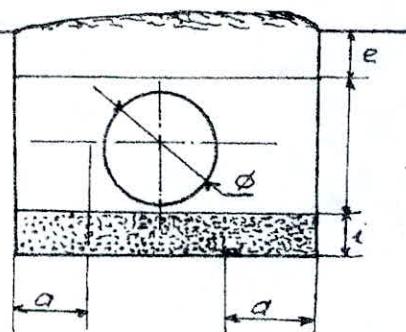
#### REMARQUE :

La côte du fond de tranchée d'une conduite d'AEP est plus grande que celle des eaux usées ; l'écartement entre deux conduites et la pose sous trottoir pour le cas de la distribution a été schématisé (voir planche XIV).

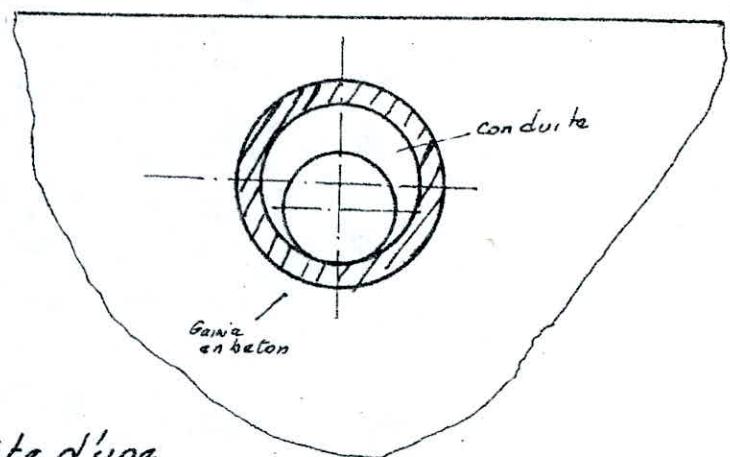
## Planche N° XII

## POSE DES CONDUITES.

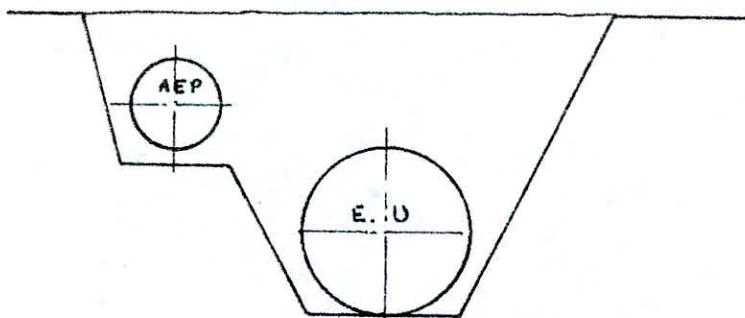
Pose dans la tranchée



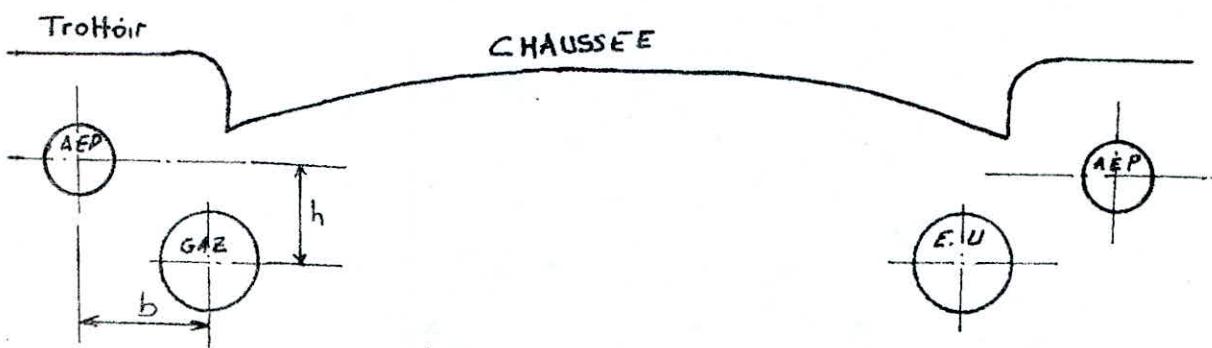
Pose avec Gaine en Béton



Pose à proximité d'une Conduite d'E.U.



## PROFIL TYPE



-o- IX L'AUTOMATISATION -o-

L'automatisation d'un service de transport d'eau est avantageuse , elle permet pour un volume de travail de réduire le personnel , et limite les risques liés erreurs et les oubliés.

Automatiser une installation de service de transport d'eau revient à associer le démarrage, l'arrêt et la protection du groupe électro-pompe aux niveaux d'eau dans les bassins d'Aspiration ou d'Accumulation.

Souvent cette association est réalisée par des lignes pilotes, quand la longueur séparant les deux cuves est peu importante, dans le cas contraire on palie à cet inconvénient par un procédé composé d'un servo-clapet et un relais de débit.

PRINCIPE :

Le niveau d'eau en montant allège le flotteur (poussée d'Archimède ) et libère le contre-poids lié au flotteur et entraîne avec lui une zône solidaire d'un papillon qui se ferme progressivement (voir planche XV, Fig 1)

Dès que le niveau maximal est atteint le papillon entraîné par la zône ferme la conduite d'arrivée et crée une surpression , qui sera communiquée au piston à travers un orifice; dès que la surpression est maximale, elle souleve le piston qui est solidaire du clapet et de ce fait ferme hermétiquement l'arrivée. En l'absence de courant liquide le relais de débit ( voir planche XV, fig2) placé en aval de la conduite (départ) coupe le circuit électrique : la palette qui n'est plus maintenue horizontalement (par le courant liquide) bascule et reprend sa position initiale entraînant avec elle un interrupteur à mercure qui coupe le circuit, dans le cas où on utilise les lignes pilotes l'arrêt se fait par un contact à flotteur.

- Automatisation de la station N°1.

La distance séparant les réservoirs de départ et d'arrivée étant importante (8000m) nous incite à écarter le procédé des lignes pilotes et à retenir le second procédé. Ce procédé n'assure que l'arrêt du groupe quand le niveau maximal est atteint dans le réservoir d'arrivée il est nécessaire de le compléter.

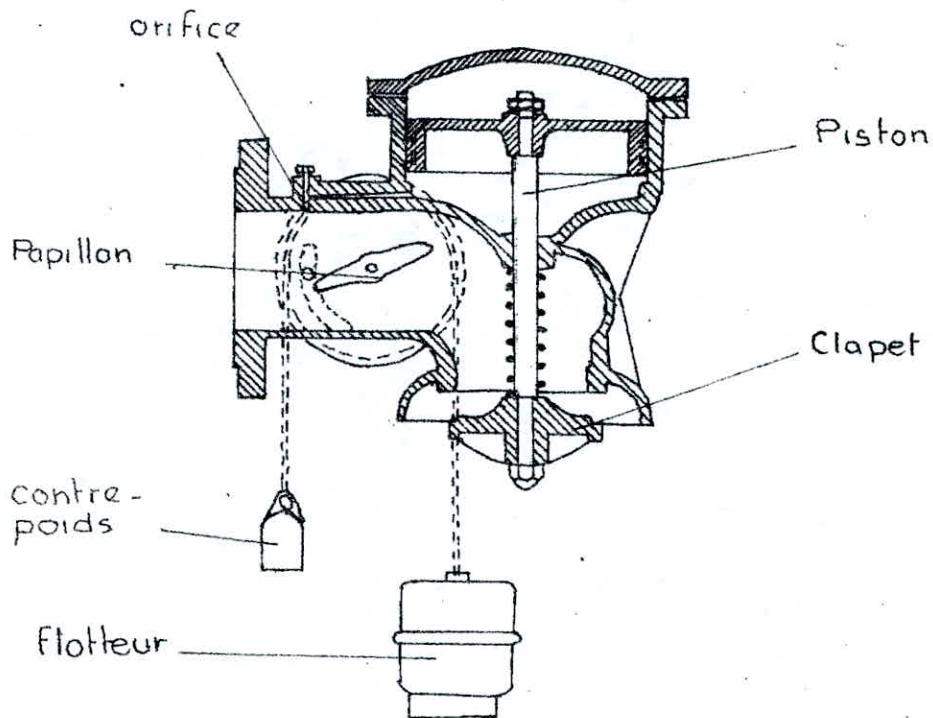
\* Conditions à remplir :

- Eviter que le groupe démarre quand le niveau d'eau dans la bache d'aspiration est minimale. Pour satisfaire cette condition un contact flotteur est installé dans la cuve d'aspiration, il a pour rôle de couper le circuit de commande dès que le niveau minimal est atteint.

- Prévoir le démarrage du groupe dès que la côte maximale est atteinte dans le réservoir d'aspiration : Un contact à flotteur similaire au premier est installé de façon à faire démarrer le groupe dès que le niveau maximal est atteint.

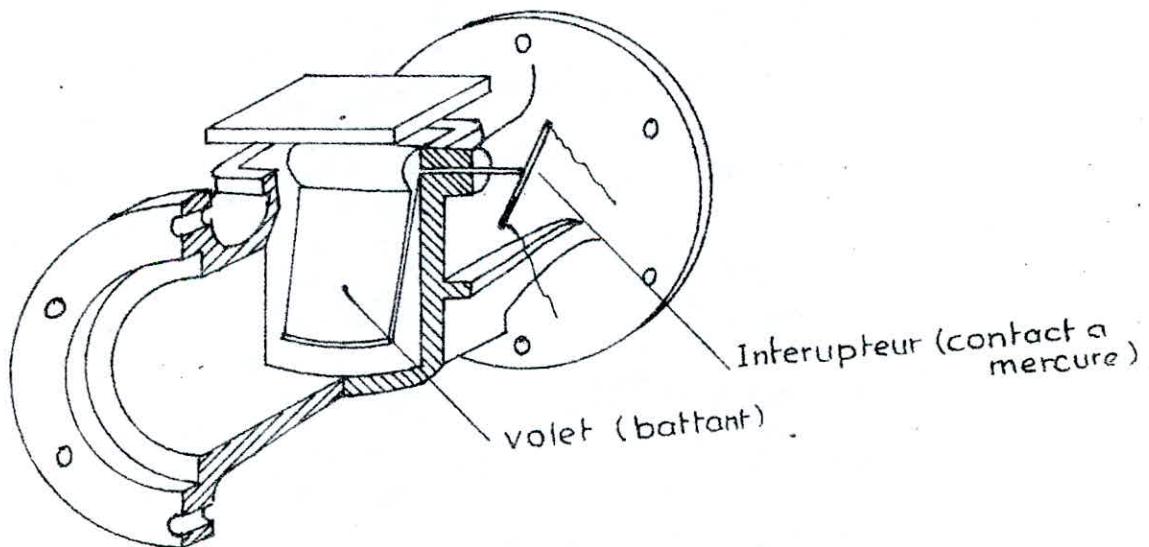
- Prévoir l'arrêt du groupe quand le niveau d'eau est maximal dans le réservoir d'accumulation ( Servo-Clapet; relais débit ).

## Planche N° XV



SERVO-CLAPET

Fig. 1



RELAIS DE DEBIT

Fig. 2

- Comme pour l'horizon 1985 un pompage intermittant est prévu ( 1 heure / 1 heure ). Une horloge est nécessaire, mais cette étape n'étant que transitoire, nous préconisons un démarrage manuel chaque heure pour l'arrêt est conditionné par le niveau d'eau dans la bache d'arrivée.

REMARQUES.

Tout le procédé a été schématisé par un circuit électrique (voir planche XVI fig 1 ).

#### - Station de Pompage N° 2.

La largeur de l'adduction reliant le réservoir de mise en charge à la bache de reprise étant peu importante (525m) nous optons pour une commande avec ligne pilote.

#### - Conditions de fonctionnement.

- Eviter que le groupe électropompe démarre quand le niveau d'eau dans la bache de reprise est minimal: Un contact à flotteur judicieusement placé coupe le circuit dès que le niveau minimal est atteint.

- Prévoir l'arrêt du groupe dès que le niveau d'eau est maximal dans le réservoir d'accumulation: Un contact à flotteur coupe le circuit de commande dès que le niveau maximal est atteint.

- Prévoir le démarrage dès que le niveau minimal est atteint dans le réservoir de mise en charge : ... à flotteur ... le ... de ... que

Pour le schéma électrique ( voir planche XVI , fig 2 )

#### NOTE :

Un robinet à flotteur est prévu pour plus de sécurité .

#### -4- Protection du groupe electro-pompe:

##### \* Protection du moteur :

Le moteur électrique doit être protégé contre :

- les surcharges importantes
- les baisses ou hausses de tension
- les absences de courant sur une phase

Pour éviter ces, on place un relais magnétothermique dans notre circuit de puissance ; relais qui coupe le circuit électrique dans le sens d'un fonctionnement anormal.

##### \* Protection de la pompe :

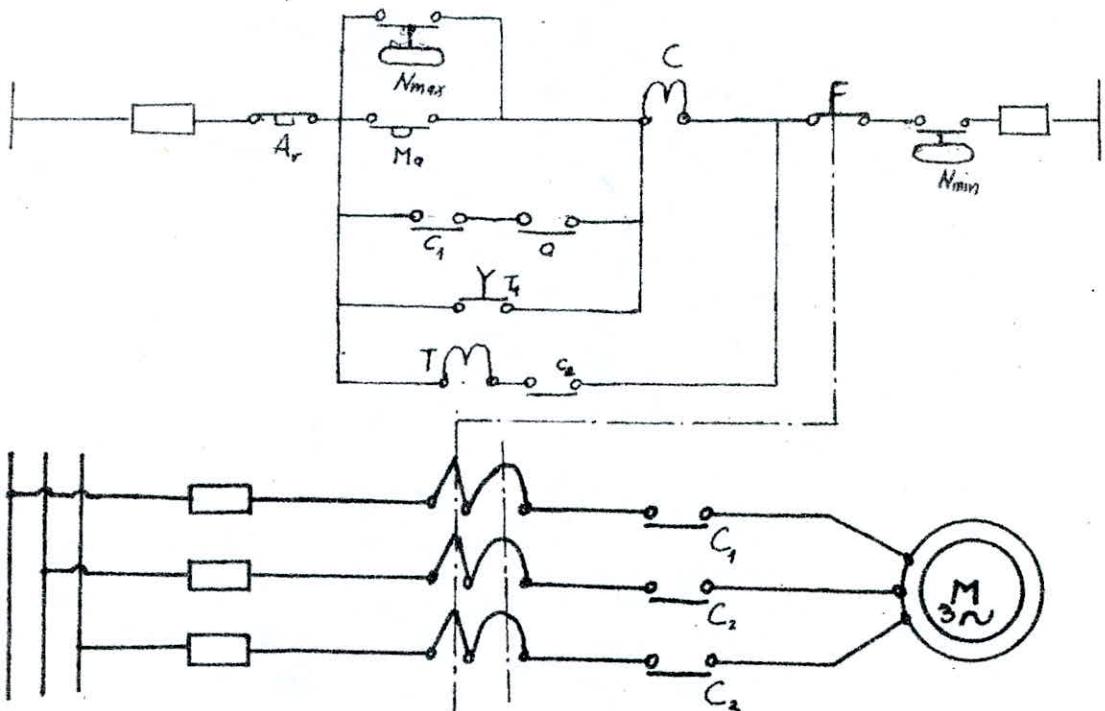
La pompe doit être protégée contre le risque d'un pompage à vide ( décanage ). Pour cela on place un interrupteur à flotteur sur l'aspiration qui coupe le courant dès que l'eau atteint son niveau minimal dans la cuve d'aspiration .

#### -5- Accessoires d'une station de pompage :

Pour la bonne marche de l'installation , divers appareils de contrôle sont nécessaires , nous citons les principaux :

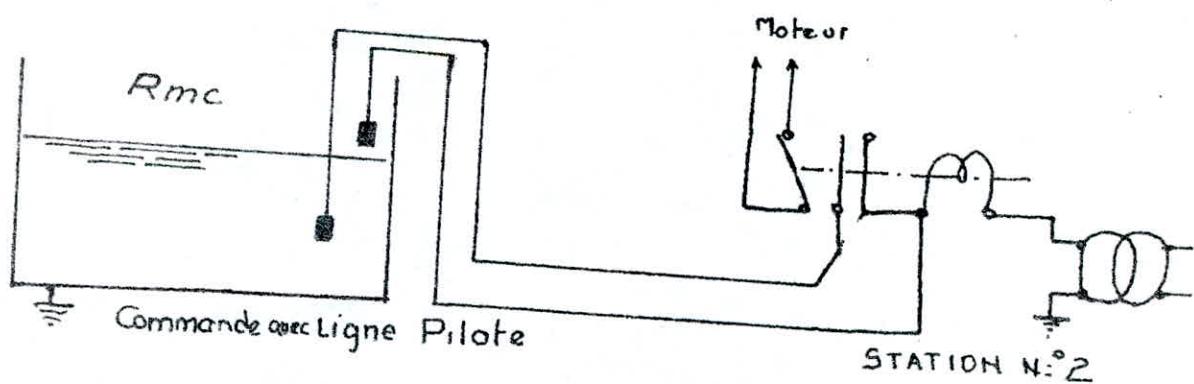
- Appareils enregistreurs de débit instantanés
- Volumètres

## Planche N° X

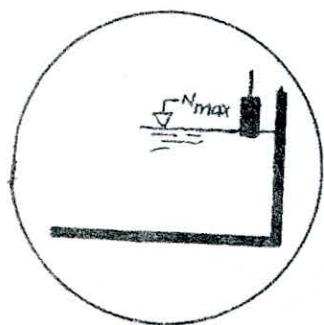


Schema électrique d'automatisation sans lignes Pilotes

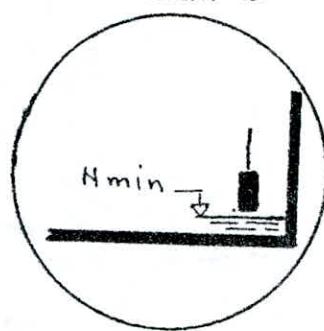
Schema d'automatisation avec lignes Pilotes



Detail A



Detail B



- Amperemetres permettant la lecture de l'intensité du courant absorbé par le groupe
- Un manometre placé à l'~~aval~~ de la pompe nous indique la pression dans la conduite de refoulement
- Un vacuometre placé à l'amont nous indique la pression dans la conduite d'aspiration
- Un indicateur de ~~niveau~~ dans les baches d'aspiration et de refoulement

-0- BIBLIOGRAPHIE -0-

J. BONNIN : Hydraulique urbaine appliquée aux agglomérations de petite et moyenne importance

C. GOMELLA & H. GUERREE : La distribution d'eau dans les agglomérations urbaines et rurales

M. CARLIER : Hydraulique générale et appliquée

A. DUPONT: Hydraulique urbaine TOME II & III

G. LAPRAY : Hydraulique générale I,II,III

JEUMONT SCHNEIDER : Catalogue des Pompes

