

OPTIMISATION DES RESEAUX RAMIFIES DE DISTRIBUTION
D'EAU D'IRRIGATION : PROPOSITION D'UN ALGORITHME
ORIGINAL ET PERFORMANT.

par M. HULIN

Section Hydraulique Agricole

Département du Génie Rural

Institut National Agronomique -Alger.-

خلاصة :

ان تحقيق حد أفضل لقياس شبكات توزيع المياه تكون
مشكلا، هام نظرا للتكلفة الباهضة لهذه الانظمة .
ان بحثنا عن الطرق يسمح بأن نقترح هنا نظام عشري عادي وفعال
وهو يسمح لقياس الشبكة الفرعية ((الري بواسطة الامتصاص))
ذات تكلفه قليلة ، يستعمل النظام العشري تبديلية
أصيلة للطريقة الغير متواصلة (Labye) ان البرنامج
المناسب مستعمل على وسائل حساب متواضعة
((ناظم آلي)) .

RESUME

L'optimisation du dimensionnement des réseaux de distribution d'eau constitue un problème important, du fait du coût très élevé de ces systèmes. Notre recherche de méthodes nous

permet de proposer , ici, un algorithme simple et efficace. Il permet le dimensionnement d'un réseau ramifié (irrigation par aspersion) au coût minimum. L'algorithme utilise une variante originale de la méthode discontinue de Labye. Le programme correspondant est utilisable sur des moyens de calcul modestes (micro-ordinateurs).

INTRODUCTION

L'importance pour un pays tel l'Algérie des systèmes d'alimentation en eau n'est plus à démontrer. La nécessité d'une planification et d'une gestion rigoureuse de ces systèmes est également évidente.

La littérature publiée ces 15 dernières années, sur les problèmes d'alimentation en eau, a laissé une large place au phénomène modélisation, lié au développement de l'informatique (BOS,1980).

La modélisation doit être comprise comme outil de travail, susceptible d'aider les planificateurs et les ingénieurs. Parmi l'ensemble des modèles destinés à aider les ingénieurs, on peut distinguer :

- les modèles d'aide à la planification
- les modèles d'aide à la gestion
- les modèles d'aide à la conception.

Notre recherche de méthodes s'inscrit dans cette dernière catégorie : les modèles d'optimisation, aides à la conception. Parmi les divers problèmes de conception, c'est à celui de l'optimisation du dimensionnement des réseaux de distribution que nous nous intéressons.

OPTIMISATION DU DIMENSIONNEMENT DES RESEAUX DE DISTRIBUTION

a.- Position du problème

Le problème du dimensionnement est toujours de calculer les dimensions d'un système ,permettant de satisfaire :

- à la contrainte du moindre coût
- aux contraintes "**qualité du service**" (risques minimums de défaillance).

En distribution d'eau, le réseau de canalisations représente, actuellement, la plus grosse part de l'investissement total ; d'où l'importance de son dimensionnement correct. Rappelons que l'on distingue deux grands types de réseaux : les réseaux ramifiés et les réseaux maillés.

Les principes et les méthodes permettant de dimensionner les réseaux ramifiés, au moindre coût, sont connus depuis longtemps (LABYE et CARLIER 1961, CLEMENT et GALANT 1981).

Pour les réseaux maillés, la solution complète n'existe pas encore, à notre connaissance.

Notre recherche de méthodes s'est fixée sur les réseaux ramifiés. Elle se propose de fournir, sur base des méthodes classiques, un nouvel algorithme de calcul, simple et performant. Cet algorithme permet d'obtenir le résultat optimum, pour un temps de calcul et de description du réseau très limités.

Notons que les méthodes de travail utilisées pour les réseaux ramifiés, connaissent un regain d'intérêt, dans la mesure où on essaie de les utiliser pour l'optimisation des réseaux maillés (BOS 1980).

b.- Méthode pour les réseaux ramifiés

(CLEMENT et GALANT 1981, GALANT 1975, LABYE et CARLIER 1961, ZAQUI 1972).

Les données , dont on dispose, au moment du dimensionnement d'un réseau ramifié (pour l'irrigation) sont :

- les cotes piézométriques imposées aux extrémités du réseau
- les débits de dimensionnement et les longueurs des différents tronçons de canalisation.

Une autre grandeur, la cote piézométrique disponible en tête du réseau, constitue le plus souvent une variable ; au moins dans une fourchette de valeurs données. Parmi les diverses valeurs possibles, on cherche alors la valeur optimum. Pour cela il est indispensable d'établir une fonction : prix du réseau - cote piézométrique en tête. Cette fonction est alors associée à la fonction : prix de la station de pompage + énergie + réservoir (éventuel) -- cote piézométrique en tête, pour dégager l'optimum.

Cette méthode de travail nécessite le calcul du réseau pour 5 à 6 cotes piézométriques différentes ; d'où déjà, l'intérêt du calcul automatisé sur ordinateur.

On sait également, que pour une cote piézométrique donnée en tête du réseau, il existe une seule solution au coût minimum. Le problème consiste à trouver cette solution (répartition des diamètres de l'ensemble des canalisations).

On utilise pour cela la méthode discontinue de LABYE (LABYE et CARLIER 1961, TUNG 1971) qui consiste à répartir prioritairement les pertes de charge, sur les tronçons dont le rapport (la pente) $\frac{\Delta h_p}{\Delta p}$ est le plus élevé.

Δh_p et Δp sont les variations de perte de charge et de prix, que l'on obtient (pour un tronçon) en passant d'un diamètre standard à un autre. Les diamètres standards, pouvant convenir, à un tronçon, sont choisis sur base des vitesses minima et maxima admissibles, pour la circulation de l'eau.

On calcule ainsi pour chaque tronçon du réseau, les différents diamètres possibles, ainsi que les pentes $\Delta h_p / \Delta p$ correspondantes. On peut alors établir la courbe de classement de ces pentes, par ordre décroissant. Cette courbe de classement est l'outil de travail permettant de déterminer les diamètres des tronçons, en fonction de la perte de charge à répartir. Cela permet d'obtenir le réseau au prix minimum.

Solution proposée

a.- Principes

La méthode, que nous proposons, est basée sur les deux observations pratiques suivantes :

- dans un réseau ramifié, les antennes (canalisations d'extrémité) constituent le plus grand nombre de tronçons du réseau.

- le dimensionnement du réseau est, en fait, dirigé et imposé par les bornes les plus mal placées (combinaison la plus défavorable de l'altitude et de l'éloignement, par rapport à l'entrée du réseau).

Notre méthode consiste alors à séparer l'ossature du réseau des antennes ; à déterminer les diamètres sur cette ossature, sur base d'une variante originale de la méthode de LABYE. A la fin , on se contente de vérifier les antennes à l'aide d'un sous-programme très rapide ; la plupart des antennes restant le plus souvent dimensionnées au diamètre minimum.

Pour l'ossature, on attribue, en début de calcul, le diamètre minimum à chaque canalisation ; puis on augmente pas à pas les diamètres des canalisations les plus intéressantes (pente $\Delta h_p / \Delta p$ la plus élevée), jusqu'à l'obtention de la répartition exacte de la perte de charge disponible. Cette répartition exacte aboutit, le plus souvent, au panachage de certains tronçons : répartition du tronçon sur deux diamètres standards.

b.- Structure du programme de calcul

b.1.- Entrée des données

Les données suivantes doivent être fournies au programme :

- Tableau des canalisations standards : diamètres, prix, vitesses maximum et minimum
- équation des pertes de charge utilisée.

- Tableau des tronçons du réseau : code, extrémité ou pas, cote piézo. aval imposée, longueur, débit maximum
- nombre de trajets constituant l'ossature du réseau et repérage par leur antenne aval
- tableau des antennes, définissant le nombre et le type d'antennes différentes dans le réseau (débit de dimensionnement)
- le nombre et la valeur des cotes piézométriques en tête pour lesquelles celui-ci sera dimensionné.

b.2.- Calculs préliminaires

Indépendamment de la cote piézométrique en tête du réseau, le programme calcule :

- Pour chaque tronçon :- les diamètres standards pouvant convenir
- le prix et la perte de charge correspondants
 - la pente $\Delta h_p / \Delta p$ pour chaque passage d'un diamètre standard au diamètre supérieur

Ces grandeurs sont stockées dans un tableau à 3 dimensions et ce tableau est sauvegardé sur disque pour être réutilisé pour chaque cote piézométrique.

A partir des antennes avales, le programme reconstitue les différents trajets de dimensionnement (ossature) du réseau. Sur base des diamètres minimums, il classe ces trajets par ordre défavorable (perte de charge la plus élevée) décroissant.

b.3.- Partie centrale du calcul : le choix des diamètres

Ce calcul se fait pour tous les tronçons et pour chaque cote piézométrique en tête du réseau.

La liste des opérations est la suivante :

- Le programme sélectionne le premier trajet
- Il classe pour ce trajet les pentes de premier ordre
- Il répartit la perte de charge disponible, pas à pas, sur base de l'ordre décroissant des pentes ; à chaque pas il y a donc un retriage partiel très rapide des pentes
- la dernière canalisation "modifiée" est souvent panachée
- le programme envoie vers un sous-programme particulier pour calculer le panachage
- les canalisations non touchées par le calcul restent dimensionnées au diamètre minimum
- Lorsque le trajet est terminé, les tronçons sont marqués et leur cote piézométrique aval calculée
- le programme passe alors au trajet suivant ; lequel s'arrêtera à la dernière canalisation déjà dimensionnée
- lorsque tous les trajets sont dimensionnés, un sous-programme contrôle si le diamètre minimum convient à chaque antenne (cas très fréquent); si ce n'est pas le cas, le programme modifie le diamètre suivant les mêmes modalités que pour l'ossature
- on passe alors à l'impression des résultats
- puis on recommence pour une nouvelle cote piézométrique en tête du réseau.

Un ordinogramme explicite est donné en annexe.

Exemple d'utilisation de ce programme

Nous avons utilisé ce programme pour le dimensionnement d'un

petit réseau ramifié classique pour l'irrigation par aspersion (**Figure 1.**) . Ce réseau comporte 74 tronçons dont 49 antennes ; il est dimensionné pour un débit maximum de 720 l/s. Les caractéristiques du réseau sont reprises dans le Tableau 1.

En **BASIC** interprété, le temps de calcul pour ce réseau est de quelques minutes. En **BASIC** compilé, le temps est inférieur à la minute.

Les résultats obtenus, pour une cote piézométrique en tête de 210 m, sont donnés dans le **Tableau 1.**

BIBLIOGRAPHIE

- BOS M., 1980** - Modèles d'optimisation des systèmes d'alimentation en eau. **Association Française pour l'Etude des Eaux, Séminaire de Novembre 1980, sujet spécial 2.**
- CLEMENT-GALAND M., 1981** - Irrigation par aspersion, réseaux collectifs de distribution d'eau sous pression . **Editions Eyrolles.**
- GALAND M., 1975** - L'informatique dans l'étude des réseaux collectifs d'irrigation sous pression. **Séminaire sur l'Hydraulique Agricole (Avril 1975), Génie Rural, I.N.A. El-Harrach - Alger .**
- LABYE Y. CARLIER P., 1961** - Recherche des diamètres conduisant à la solution économique d'ensemble d'un réseau de distribution d'eau. **Bulletin Technique du Génie Rural 50 1 - 110.**

TUNG L.,1971 - Design conduit system by dynamic programming.
J.of the Hydraulic Division, Proc. ASCE, 97
HY3, 383-393.

ZAQUI J.,1972 - Optimisation des réseaux de conduites en charge dans différentes conditions de fonctionnement. La HOUILLE BLANCHE, 8, 679-684.

Tableau 1 : Caractéristiques du réseau et résultats
du calcul.

<u>Code tronçon</u>	<u>Diamètre</u>	<u>Longueur</u>	<u>P r i x</u>
	en mm	en m	en D.A
6561	200	104	20829
6561	250	196	48964
2917	200	160	32000
2916	150	300	45000
2676	150	300	45000
2675	150	200	30000
2674	150	300	45000
2673	150	300	45000
2430	150	280	42000
2190	150	300	45000
2188	150	260	39000
2187	300	250	75000
974	150	180	27000
973	150	260	39000
972	200	280	56000
894	150	200	30000
893	150	200	30000
892	200	180	36000
891	250	250	62500
838	150	100	15000
837	150	29	4387
837	200	431	86151
811	150	400	60000
810	200	100	20000
732	150	300	45000
731	150	250	37500
730	200	200	40000
729	300	500	150000
326	150	180	27000
325	150	300	45000
324	250	200	49950
324	300	150	45060
299	150	260	39000
298	200	250	50000
297	300	450	135000
280	150	400	60000
279	200	80	16000
272	150	300	45000
271	150	350	52500
270	250	360	90000

<u>Code tronçon</u>	<u>Diamètre</u> en mm	<u>Longueur</u> en m	<u>P r i x</u> en D.A
245	150	250	37500
244	200	260	52000
243	350	500	210000
109	150	100	15000
108	300	400	120000
101	150	200	30000
100	150	300	45000
99	350	420	176400
95	150	280	42000
94	150	140	21000
93	250	450	112500
92	150	280	42000
91	150	200	30000
90	300	420	126000
83	150	250	37500
82	150	260	39000
81	400	550	269500
38	150	200	30000
37	150	100	15000
36	300	360	108000
35	150	200	30000
34	150	300	45000
33	350	430	180600
31	300	250	75000
30	300	200	60000
29	150	260	39000
28	150	280	42000
27	400	500	245000
14	150	200	30000
13	150	150	22500
12	350	440	184800
11	350	260	109200
10	350	650	273000
9	400	250	122500
4	350	200	84000
3	600	460	377200
1	600	600	492000

Le prix du réseau est de : 5 876 040 D.A.

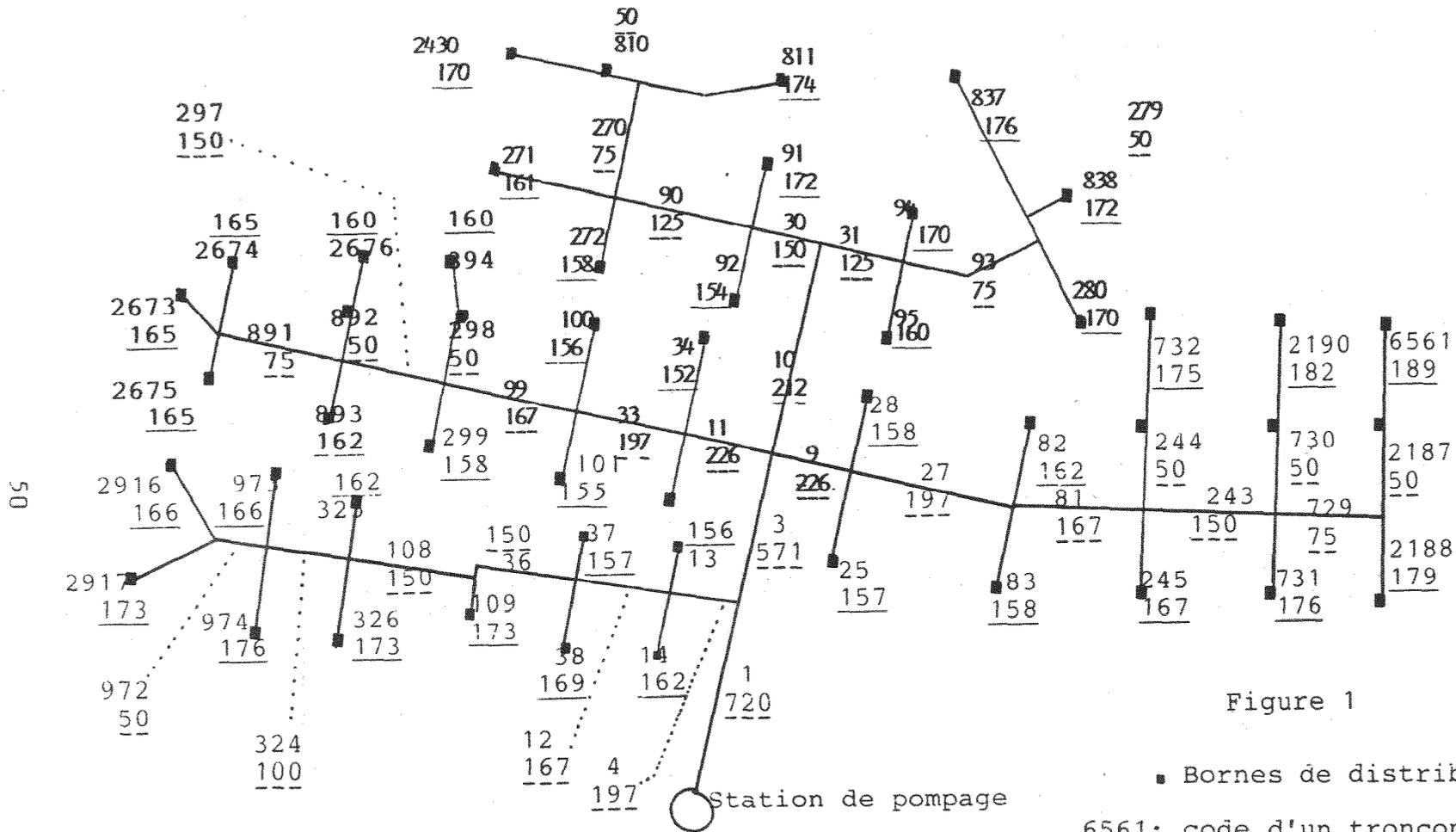


Figure 1

■ Bornes de distribution

6561: code d'un tronçon
189: cote piézo. aval imposée
25: débit de dim. du tronçon
 en l/s (N.B. toutes les
 antennes sont à 25 l/s)

Annexe : ordinogramme du programme RERADE (Hulin 1983)

Le programme a été développé en BASIC sur micro-ordinateur; le listing des instructions dépasse cinq pages et n'est pas publiable. Nous proposons, ci après l'ordinogramme explicite du programme.

