MICROFICHE ETABLIE A PARTIR DE
L'UNITE DOCUMENTAIRE
N

جديدة منجزة حسب الوثيقة
رقم :

93 0024

ROYAUME DU MAROC

المملكة المغربية

المركز الوطني للوثائق

CENTRE NATIONAL DE DOCUMENTATION

المغرب
CND
MAROC

SERVICE DE REPROGRAPHIE
ET IMPRIMERIE

B.P 826 RABAT

مصلحة الطباعة والتصوير
ص.ب 826 الرباط

F 1

93-0024

Optimisation dans un réseau d'irrigation. Une solution intégrée

Par
R. BEN AYED A. MILI Y. LABYE

I - INTRODUCTION

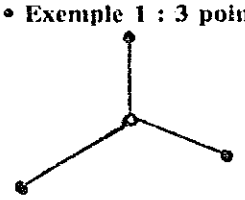
Un réseau d'irrigation peut être défini comme étant un système matériel permettant l'acheminement de l'eau depuis certains points de puisage (barrage, lac ...) jusqu'aux points d'utilisation (prises).

Un réseau est dit ramifié si les segments qui le constituent forment un arbre, chaque tronçon d'un tel réseau (arrête de l'arbre) est caractérisé par sa longueur L, son débit Q et sa perte de charge H. Le débit d'un tronçon T est égal à la somme des débits qu'il dessert.

L'optimisation du tracé d'un réseau s'insère dans le cadre de la minimisation du coût d'investissement, d'exploitation et de maintenance du réseau.

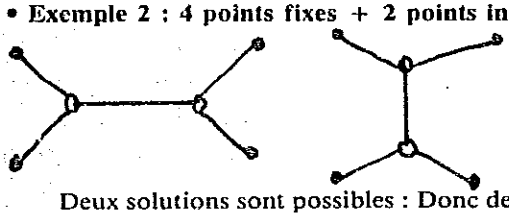
Rappelons que le tracé d'un réseau ramifié comportant N points fixes (réservoir + prises) consiste à joindre ces points ; aussi obtenir le tracé le plus court conduit à rajouter N-2 points intérieurs dont la position est à optimiser. La solution est alors connue si l'on se fixe le mode de jonction des 2(N-1) points ; ceci revient à décider, à priori, si le segment Mi Mj, reliant deux points quelconques Mi & Mj appartenant à l'ensemble des points à joindre, fait ou non partie du tracé.

- **Exemple 1 : 3 points fixes + 1 point intérieur.**



La position du point intérieur est connue : elle est telle que les trois angles entre les tronçons voisins sont égaux à 120°.

- **Exemple 2 : 4 points fixes + 2 points intérieurs.**



Deux solutions sont possibles : Donc deux modes de jonction I et II.

Pour un mode de jonction fixé, la distribution des débits est fixée et on obtient alors la solution rigoureuse donnant simultanément le tracé (position des points intérieurs) optimal et sur chaque tronçon le (ou les deux) diamétre (s) optimal (aux). Ces optimums sont relatifs au mode fixé ; pour obtenir l'optimum absolu, il faudrait considérer tous les modes de jonction possibles. Hormis le cas ou N est très petit, le nombre de modes de jonction est tel que l'application du procédé de calcul ci-dessus est pratiquement irréalisable.

La seconde possibilité consisterait à appliquer la théorie des flots dans les graphes, puisque la fonction prix d'un tronçon est connue. Toutefois le fait que ce prix s'exprime en fonction de L, Q et H conduirait à des calculs inextricables.

On peut donc optimiser simultanément le tracé et les diamétres ; d'où la nécessité de déterminer, dans une première étape, un tracé sub-optimum puis, pour ce tracé, déterminer les diamétres. C'est la méthode traditionnellement utilisée bien qu'elle ne soit pas rigoureusement valable du fait que le prix n'est pas fonction de la longueur uniquement.

Cette méthode est detaillée dans le procédé itératif suivant :

1 - Déterminer l'arbre couvrant minimal dont les sommets sont soit une prise soit le résevoir (algorithme de KRUSKAL, algorithme de SOLLIN).

2 - Placer, ensuite, compte tenu des notions de proximite, les points intérieurs.

3 - Choisir un mode de jonction, optimiser en conséquence, la longueur du tracé ; d'ou les coordonnées des extrémités des tronçons et leur longueur L_i.

Ces trois opérations s'effectuent par application de la méthode GIRETTE [1] et par la méthode du gradient.

4 - Oprimiser, à partir de ce tracé, les diamètres des conduites en utilisant la méthode discontinue de LABYE [2] d'où une première valeur des P_i et du prix toral P.

Ce premier passage donne une première allure du réseau ainsi qu'une estimation du coût unitaire $p_i = P_i/L_i$, qui déterminent l'attitude à adopter lors de la deuxième itération. Lors de la deuxième itération L_i est pondérée par p_i, puis on retrouve soit en 1 pour reprendre l'algorithme choisi soit en 3 pour rechercher les nouvelles coordonnées des points intérieurs : le mode de jonction étant conservé.

Cette méthodologie appelle les remarques suivantes :

- la convergence du procédé n'est pas établie.
- le tracé final choisi ne peut être directement tansposé sur terrain puisqu'il n'exclut pas la possibilité de passage à travers champs quelque soit le diamètre alors que cette possibilité ne peut être envisagée que pour des tronçons à grand débit.

En vue de pallier ces deux inconvénients, nous avons proposé une méthode specifique, que nous présentons ci-dessous

II - METHODE PROPOSEE

Dans cet article, nous proposons une méthode de détermination de tracé optimal, qui présente les caractéristiques suivantes : elle tient compte de la réalité du terrain, notamment des réseaux d'accés ruraux (routes, chemins,...); le tracé et les sections de chaque tronçon sont étudiés conjointement, en vue d'une solution plus optimale; la fonction de coût utilisée tient compte, non seulement de la longueur, mais aussi des débits (c'est à dire de la section du tronçon).

Pour tenir compte de la géographie du terrain, on définit des contraintes sur le tracé du graphe de telle sorte que les canalisations ne passent qu'en bordure des champs. Pour intégrer les étapes de tracé du réseau et de détermination des sections de chaque tronçon, on utilise une fonction coût qui fait intervenir la longueur et la section de chaque tronçon (aussi notre problème est formalisé comme un problème de programmation linéaire en variables mixtes).

L'expérience acquise sur les réseaux ramifiés, montre que l'on obtient une solution approchée S voisine de l'optimum en substituant à la fonction $P = P(L,Q,H)$ une fonction $P = P(L,Q) = A' + A'' Q^{\beta}$ ou A', A'', β seront explicités plus loin; ce que simplifie considérablement les calculs. T(s) étant le tracé ainsi obtenu il est loisible d'essayer un ensemble E de tracés ($T_1, T_2, \ldots T_n^*$) tous voisins de T(s) en utilisant pour chacun de ces tracés l'explication exacte $P = P(L,Q,H)$. Cette possibilité est pratiquement très efficace, du fait que pour T_n fixé, l'optimisation des diamètres ne demande qu'une ou deux secondes de calcul, pour un grand réseau, à l'aide d'un micro ordinateur de puissance de calcul réduite.

Toutefois la simplification résultant de l'adoption de l'explicitation $P = P(L,Q)$ ci-dessus ne supprime pas la difficulté d'utilisation de la théorie des flots dans les graphes puisque $P(L,Q)$ ne peut être directement exprimé à partir d'un tronçon T pris isolément (son débit Q étant la somme des débits des tronçons qu'il dessert). En revanche l'approche adoptée et exposée ci-après revient en fait à une utilisation de la théorie des graphes.

1 - Données du problèmes

L'ensemble M maillé, représenté par la figure 1, est extrait du réseau d'accès. Il est formé par les latéraux $L_1, L_2, \ldots, L_n$ et par les chemins, joignant entre elles, les lignes L_i et L_{i+1}. Cet ensemble constitue le «réseau aval», tandis que l'ensemble des tronçons reliant le réservoir à la ligne L_n constitue le réseau «amont», R'.

Le problème consiste à déterminer conjointement le sous ensemble de R portant des canalisations et le réseau R', étant entendu que les prises sont situées sur les latéraux L_i.

Deux tronçons de liaison successifs, portant des canalisations, joignant L_i et L_{i+1} forment une maille élémentaire ABCD (figure 2) dont CD est appelé base. Pour obtenir un réseau ramifié extrait de M, il faut et il suffit de faire une et une seule coupure sur la base de chacune des mailles extraite de la figure 1 et constituée de canalisations.

En effet, une telle coupure est nécessaire sinon on formerait une maille avec AC,CD,BD et les lignes AR, BR joignant A et B au réservoir (figure 3); elle est unique car une seconde coupure donnerait lieu à un tronçon non alimenté (figure 4).

2 - Mise en équations

2.1 - Réseau aval R

L'ensemble des chemins latéraux et transversaux susceptibles d'être empruntés par le tracé du réseau ainsi que les positions des prises d'eau étant fixé, ces données peuvent y être greffées pour permettre d'aboutir à la formulation des contraintes et de la fonction objectif à minimiser.

Une ligne L_m (figure 5) est définie par ses extrémités A°_m et B°_m ainsi que les tronçons qui la relient à L_{m-1} et L_{m+1}. Pour identifier ces tronçons de

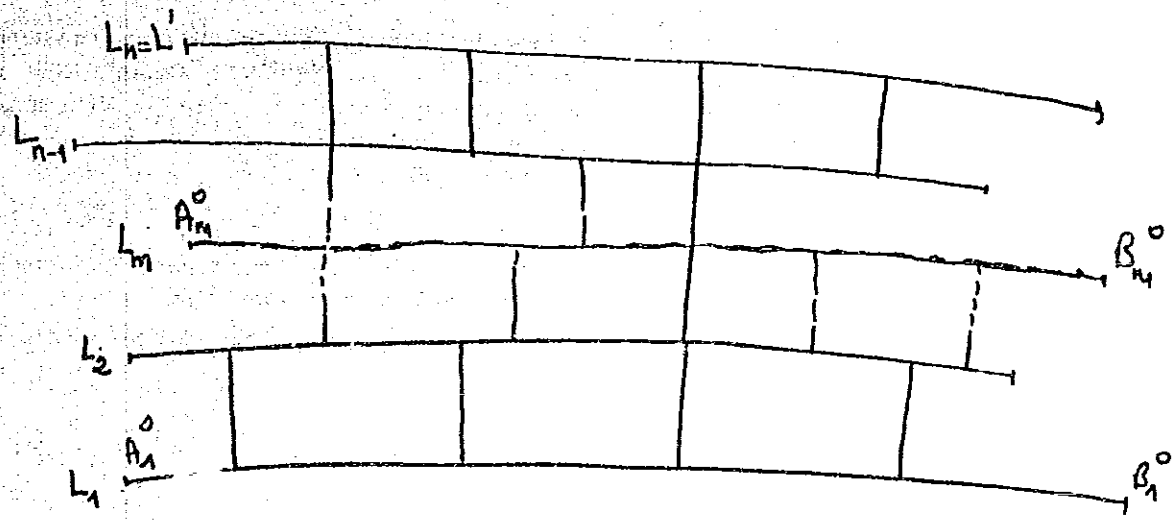


Figure 1

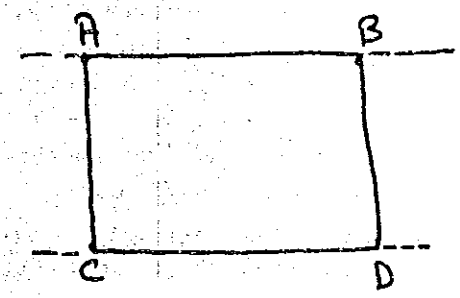


Figure 2

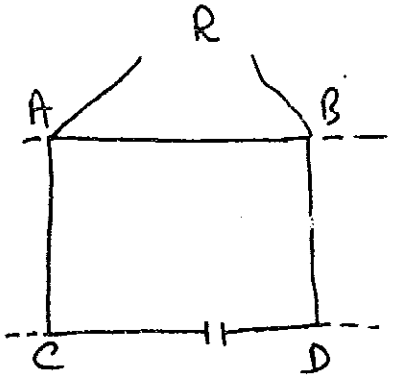


Figure 3

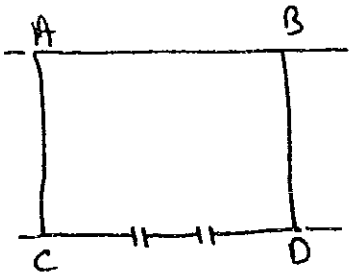
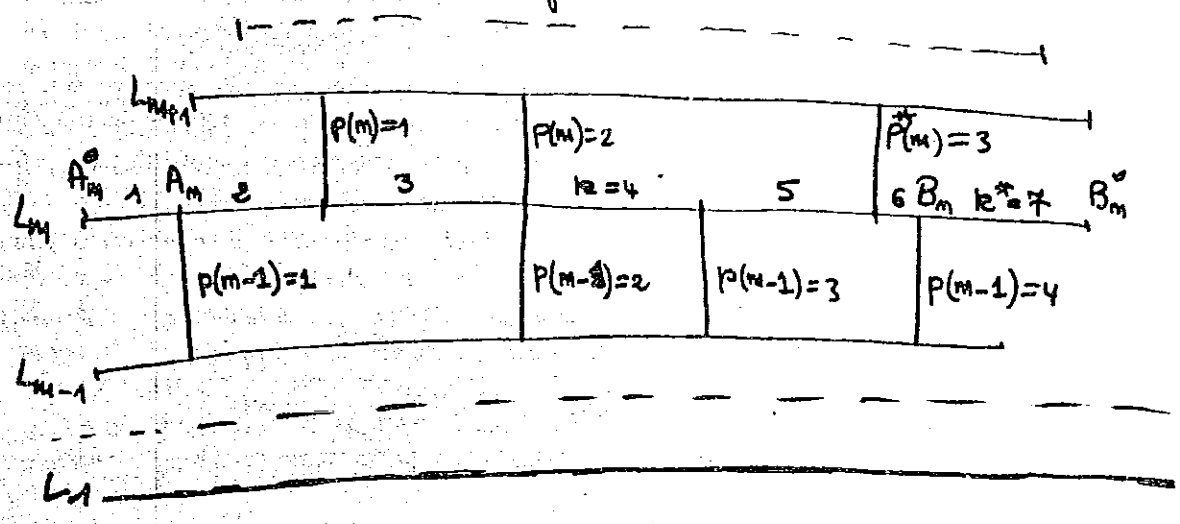


Figure 4

Figure 5



liaison, il faut les ordonner et attribuer à chacun un numéro égal à son rang lorsque la ligne L_m est parcourue dans le sens $A°_m$ ———— $B°_m$. Le numéro d'un tronçon sera appelé p(m) s'il appartient à la classe des tronçons reliant L_m à L_{m+1} et p(m – 1); p*(m) est le plus grand des p(m).

De plus, la ligne Lm est divisée en segments successifs :

(1,m), (2,m), ...,(k,m), ..., (k*,m).

Chacun des points p(m) et p(m – 1) est l'extrémité d'un segment (k,m), une variable booléene Xp lui est associée : Xp est égale à 1 ou à zéro selon que le tronçon de liaison de L_m à L_{m+1} ayant p(m) pour extrémité, porte ou non une canalisation du réseau R. De même une variable booléene Yk est associée à chaque segment (k,m) : Yk est égale à 1 ou zéro selon que le segment K de L_m contient ou non une coupure.

• **Equations de ramification**

Les équations suivantes expriment que le réseau R est ramifié (la notation k appartient à p'p'' désigne les tronçons intérieurs à l'arc p'p'') :

(1) $$\sum_{p=1}^{p=p^*} X_p \geqslant 1$$

traduit qu'il y a au moins une canalisation joignant L_m à L_{m+1}

Pour chacun des couples (p',p'') tels que p' p p'', l'équation (2) traduit la coupure obligatoire sur la base de chacune des mailles possibles :

(2) $$(X_{p'} + X_{p''} - 2) < \sum_{p \in p'p''} y_k \leqslant \sum_{p=p'+1}^{p=p''-1} X_p + (3 - X_{p'} - X_{p''})$$

Enfin l'équation complémentaire (2') exprime l'absence de coupure sur les tronçons A_0A rt BB_0 de la ligne L_m :

(2') $$\sum_{k=1}^{k=k^*} y_k = \sum_{p=1}^{p=p^*} X_{p-1}$$

• **Relation exprimant les débits :**

L'introduction des données hydrauliques impose les relations exposées ci-après.

a - Sur les lignes latérales :

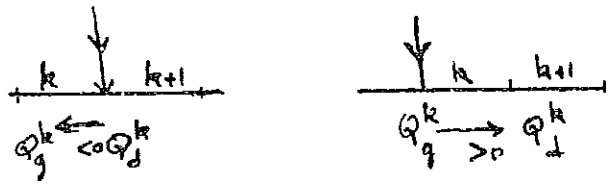
Les segments k(m) sont orientés et le sens positif choisi est celui de $A°_m$ vers $B°_m$. Un segment k est caractérisé par sa longueur l_k, son débit à gauche Q^k_g et son débit à droite Q^k_d.

q étant le débit d'une prise et e l'écartement des prises, on peut assimiler le service fourni aux prises à un service de densité q' = q/e. Q^k_g et Q^k_g (figure 6) sont des quantités algébriques de même signe, les débits sur les segments k seront exprimés, dans tous les cas, par la relation suivante :

(3.1) $$Q^k_g = Q^k_d + l_{kq'}$$

si dans le cas où le segment k comporte une coupure, on choisit de la placer à droite, on aura :

$$Q^k_d = 0 \quad \text{et} \quad Q^k_g = l_{kq'}$$



Il suffit alors de rajouter à l'équation (3.1). la relation suivante :

(3.2) $$-K(1-Y_k)\ Q^k_d K(1-Y_k)$$

(K est une constante assez grande = Nq par exemple).

En effet si $Y_k = 0$ (absence de coupure), l'équation (3.2) n'est pas contraignante et c'est (3.1) qui exprime les débits sur k. Par contre, si $Y_k = 1$ (cas de la coupure) (3.2) force le débit à droite à zéro, le débit à gauche est alors donné par (3.1).

Il convient de noter que pour exprimer le fait que le sens de circulation du fluide soit orienté, il faut rajouter les équations :

(3.3) $$Q^1_a \leqslant 0 \quad Q^{k'}_g \geqslant 0$$

b - Sur les tronçons de liaison

Etant donné que sur les tronçons de liaison le fluide circule dans le sens amont-aval, les débits sur ces tronçons sont des quantités positives ou nulles. Une équation par tronçon est donc à écrire :

(4) $$0 \leqslant Q_p \leqslant K x_p$$

Elle n'est pas contraingnante si le tronçon est construit (xp = 1); alors qu'elle force le débit à zéro ($Q_p = 0$) si le tronçon n'est pas construit ($X_p = 0$).

c) Equilibre aux nœuds

Dans le cas le plus général, un nœud est un point d'intersection d'une ligne latérale L_m et de ses tronçons de liaison avec la ligne L_{m+1} et la ligne L_{m-1}, il peut être muni ou non d'un prise (figure 7).

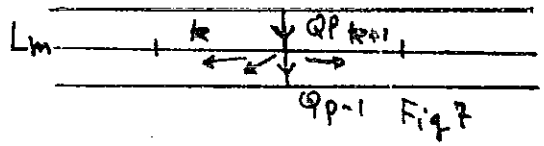


Fig 7

D'ou la relation traduisant toute configuration possible autour d'un nœud :

(5) $$Q_p - Q_{p-1} - Q^{k+1}_g + Q^k_d - \quad q = 0$$

(est remplacé par 1 s'il existe une prise au nœud et par 0 dans le cas contraire)

• Expression du prix des éléments de R

La série des diamètres commerciaux étant discrète, on utilisera la fonction coût approchée adoptée par GOUYON [3] qui est de la forme :

$$f(D) = (A' + A''D^b)$$

A', A'' 0, b 1 sont des constantes ne dépendant que de la série : D [D_{is}, D_{is}].

A' et A'' sont déterminés par ajustement sur le bordereau de prix des diamètres commerciaux de la serie considérée, au moyen de la méthode des moindres carrés.

Il est possible de ramener cette fonction à celle du débit, en effet :

La vitesse $v = \frac{4Q}{\pi D^2} \Rightarrow D = \frac{2}{(\pi v)^{1/2}} Q^{1/2}$

$$\Rightarrow D^b \left[\frac{2}{(\pi v)^{1/2}}\right]^b Q^{b/2}$$

soit en posant :

$$\frac{b}{2} = \beta \quad \text{et} \quad A''' = \left[\frac{2}{(\pi v)^{1/2}}\right]^b A''$$

$$f(Q) = A' + A''' Q^{\beta}$$

soit pour un tronçon de longueur L_T et de débit Q_T :

$$P_T = (A' + A'''Q^{\beta})L_T$$

Une analyse des résultats d'optimisation portant sur de nombreux réseaux d'irrigation, montre que les vitesses dans les grosses canalisations sont notablement inferieures à celles rencontrées pour les petites canalisations; ceci est d'ailleurs renforcé lorsqu'on tient compte du fait que les ingénieurs imposent des vitesses réduites sur les grosses canalisations afin de se prémunir contre les coups de béliers. Par suite on peut valablement considérer, qu'on obtiendra une solution proche de la solution optimale en imposant une vitesse V = 1,6 m/s pour les canalisations d'un diamètre de 80 mm à 350 mm.

Nous prendrons V = 1,6 m/s pour le réseau aval et V = 1 ,1 m/s pour le réseau amont; on notera qu'un premier passage en machine permet une meilleure évaluation de la valeur V à attribuer à chaque tronçon que l'on introduirait lors d'un second passage.

a - Expression du prix pour les segments latéraux

a_1) Q^k_g et Q^k_d non négatifs

Le débit Qx en un point situé à la distance x de l'extrémité droite du segment k est $Q_x = Q^k_d + q'x$; le prix est donné par la relation :

$$P_k = A'l_k + A'''\int_0^{l_k} Q_x^{\beta}\, dx$$

$$= A'l_k + A'''\int_0^{l_k} (Q_d^k + q'x)^{\beta}\, dx$$

$$= A'l_k + \frac{A'''}{(\beta+1)q'}\left[(Q_d^k + q'x)^{\beta+1}\right]_0^{l_k}$$

$$= A'l_k + \frac{A'''}{(\beta+1)q'}\left[(Q_d^k + q'l_k)^{\beta+1} - (Q_d^k)^{\beta+1}\right]$$

$$P_k = A'l_k + \frac{A'''}{(\beta+1)q'}\left[(Q_g^k)^{\beta+1} - (Q_d^k)^{\beta+1}\right]$$

a_2) Q^k_g et Q^k_d non positifs

Un calcul similaire montre que l'on obtient la formule ci-dessous

$$P_k = A'l_k + \frac{A'''}{(\beta+1)q'}\left| |Q_g^k|^{\beta+1} - |Q_d^k|^{\beta+1}\right|$$

valable dans tous les cas

b)Expression du prix pour les tronçons de liaison

pour un tronçon T de longueur l_T et de débit Q_T, nous avons :

$$P_T = (A'l_T + A'''l_T Q^{\beta}_T)\, X_T$$

Nous écrivons dans le modèle la relation

(7) $$P_T = A'l_T X_T + A'''l_T Q^{\beta}_T$$

En effet la relation (4) 0 $Q_T K X_T$ établie plus haut donne une expression correcte de P_T si le tronçon est construit (X_T = 1); il en va de même s'il n'est pas construit (X_T = 0).

• Réseau amont : R'

a - Relation de ramification

Sur la ligne L_n = L', on fixe N points A_1....., A_p,.....A_n. Aucune condition d'interdiction ou d'obligation n'existe sur ces points pour qu'ils soient extrémités de tronçons de liaison de L_{n-1} à L_n. Etant choisis par l'ydraulicien, il constituent une donnée du problème.

Nous devons prévoir le cas ou un tronçon de R' partirait de chacun des N points de L'. Nous sommes alors en présence de la jonction de (N+1) points (le réservoir et les N points de L') ce qui conduit à prende (N+1)-2 points intérieurs, soit au total 2N points.

Il est commode d'adopter les numérotages suivants:

Les numéros 1 à N seront réservé aux points de la ligne L'.

Les numéros N+1 à 2N-1 seront attribués aux points intérieurs. le numéro 2N est attribué au réservoir. Soient A_i et A_j ($j > i$), deux des 2N points ci-dessus. Le couple d'indice (i,j) désignera le tronçon $A_i A_j$.

X^*_{ij} étant une varialbe booléenne égale à 1 ou zéro selon que le tronçon $A_i A_j$ est, ou non, effectivement construit. La relation ci-dessous exprime que chaque point A_p, situé sur la ligne L', constitue l'extrémité d'au plus un tronçon de R'.

$$\sum_{j \geq N+1} X^*_{pj} = \hat{X}_p \qquad \hat{X}_p = 0 \text{ ou } 1 \tag{1}$$

Si $\hat{X}_p = 0$, aucun tronçon ayant p pour extrémité n'est construit.
Si $\hat{X}_p = 1$, un et un seul tronçon ayant p pour extrémité est construit.

La relation (2) exprime qu'il existe au moins un tronçon de R' alimentant le réseau aval R.

$$\sum_{p=1}^{p=N} \hat{X}_p \geq 1 \tag{2}$$

Il en résulte que le nombre de points leffectivement à joindre au réservoir est égal à N' avec :

$$N' = \sum_{p=1}^{p=N} \hat{X}_p$$

Le nombre total de points effectivement à joindre est donc 2N' et non 2N ; il y aura 2N'-1 tronçons effectivement construits.
Ceci est exprimé par la relation :

$$\sum_{i,j > i} X^*_{ij} = 2\left(\sum_{p=1}^{p=N} \hat{X}_p\right) - 1 \tag{3}$$

Un point intérieur est soit retenu, soit non retenu. S'il est retenu il est extrémité d'au moins deux tronçons effectivement construits ; d'où la relation suivante pour tout point A_i, intérieur ($N+1 \leq i \leq 2N-1$).

$$2V_i \leq \sum_j X^*_{ij} + \sum_k X^*_{ki} \leq kV_i \tag{4}$$

Dans laquelle K est une constante positive assez grande, il suffit de prendre K = 2N ; V_i est une variable booléenne prenant la valeur 1 si le point intérieur est retenu et 0 s'il ne l'est pas.

Nous devons écrire que du réservoir par au moins un tronçon ; d'où

$$\sum_k X^*_{k2N} \geq 1 \tag{5}$$

Par ailleurs, il y a lieu de rajouter les équations de ramification faisant intervenir X_p et Y_k sur la ligne L'.

b - Relations exprimant les débités

La relation suivante exprime que le débit sur le tronçon $A_i A_j$ est nul si ce tronçon n'est pas construit .

$$0 \leq Q^*_{ij} \leq K X^*_{ij} \qquad j > n \tag{6}$$

Un point intérieur A_i, étant un nœud du réseau R', la relation ci-dessous traduit l'équilibre des débits en ce nœud :

$$\sum Q^*_{ij} - \sum Q^*_{ki} = 0 \tag{7}$$

c - Relation exprimant les prix

Le prix P d'un tronçon $A_i A_j$ de R' de débit Q^*_{ij} et de longueur l_{ij} est donné par la relation :

$$p = \left(A' + A'' \quad p_o (Q^*_{ij})^{\theta}\right) l_{ij}$$

(P_o coeif. de foisonnement)

(X_i, Y_i) et (X_j, Y_j) étant les coordonnées des 2 extrémités du tronçon $A_i A_j$, sa longueur est donnée par la relation :

$$l_{ij} = \sqrt{(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2}$$

d - Traitement des points intérieurs non retenus

Les relations suivantes forcent le prix d'un tronçon non construit à zéro et regettent un point intérieur non retenu au dehors du périmètre :

$$0 \leq P_{ij} \leq K' X^*_{ij} \quad (K' \text{ constante assez grande}) \tag{8}$$

$$K^\circ(1 - \sum X^*_{ij}) \leq X_i \leq K^\circ(1 + \sum X^*_{ij}) \tag{9}$$

$$K^\circ(1 - \sum X^*_{ij}) \leq Y_i \leq K^\circ(1 + \sum X^*_{ij}) \tag{9'}$$

K° est une constante positive supérieure à la plus grande coordonnée des points fixes du réseau.

III - MISE EN OEUVRE

Dans la section 2 nous avons exposé toutes les contraintes du problème ainsi que la fonction objectif. Nous avons envisagé la résolution de ce problème au moyen d'un progiciel de programmation linéaire en variables mixtes.

La mise en œuvre de ce progiciel soulève un certain nombre de difficultés : La longueur d'un tronçon s'exprime par la norme cartésienne, une expression non linéaire des coordonnées des extrémités ; certaines composantes de la fonction objectif sont exprimées en termes de valeurs absolues ; la composante « coût du réseau amont » de la fonction objectif est exprimée comme un produit de variables.

Nous traitons ces trois problèmes tour à tour, ci-dessous, dans les sections 3.1 à 3.3. Dans la section 4 nous donnons des indications sur l'exécution de notre programme.

1 - Expression de la longueur L_{ij}

$A_i(X^i, Y_i)$ et $A_j(X^j, Y_j)$ ...
tronçon A_iA_j.

Posons $X = X_i - X_j$
$Y = Y_i - Y_j$

et $L = L_{ij}$
nous avons alors $L = \sqrt{X^2 + Y^2}$

dans un système d'axes rectangulaires OX, OY, OL, l'équation ci-dessus représente la partie supérieure d'un cône qui est une surface convexe. Le fait que P est une fonction séparément croissante de L entraîne que pour X,Y fixés, le programme d'optimisation choisira automatiquement une valeure de L telle que le point de coordonnées (X,Y,L) setrouvera situé sur le cône ; ce qu'on peut traduire par les relations :

$$|X| = \sum_{s=0}^{s^*} l_s \cos\left(\frac{s}{s^*}\frac{\pi}{2}\right)$$

$$|Y| = \sum_{s=0}^{s^*} l_s \sin\left(\frac{s}{s^*}\frac{\pi}{2}\right)$$

$$L = \sum_{s=0}^{s^*} l_s$$

Dans ces relations, les l_s sont des varibles positives, cette explicitation donne une expression suffisemment précise de L (erreur de l'ordre de 1/100) avec un nombre réduit de varialbles L_s ($s^* = 6$).

2 - Linéarisation des termes exprimés par leur valeur absolue

Soit W la variable en question, on peut poser

$$W = W_1 - W_2 \text{ avec } W_1 \geq 0 \text{ et } W_2 \geq 0$$

d'où $W_1 = W + W_2$ et $W_2 = W_1 - W$

$$W_1 + W_2 = W + 2W_2 \quad (1)$$
$$W_1 + W_2 = 2W_1 - W \quad (2)$$

Deux cas sont alors possibles selon le signe de W :

a) $W > 0$; $W_1 + W_2$ est minimum pour $W_2 = 0$ ce qui donne :

$\min(W^1 + W_2) = W = |W|$ (par la relation 1)

b) $W < 0$; $W_1 + W_2$ est minimum pour $W_1 = 0$ ce qui donne :

$\min(W^1 + W_2) = -W = |W|$ (par la relation 2)

On voit donc que dans tous les cas on a bien $\min(W_1 + W_2) = |W|$

3 - Linéarisation de P_{ij} par rapport à Q^{β}_{ij}

$$P_{ij} = A' L_{ij} + A''' (Q^{*}_{ij})^{\beta} L_{ij}$$

... linéaire de P_{ij} par rapport à $(Q^{*}_{ij})^{\beta}$ et à l'ensemble des autres variables en utilisant les relations suivantes :

$$L_{ij} = l_0 \sum_{r=0}^{r^*} 2^{r-1} X_{r,ij} \quad (10)$$
$$X_{r,ij} = 0 \text{ ou } 1$$
$$r = 0$$

$$0 \leq Q^{\beta}_{ij} - Q_{r,ij} \leq K'' X_{r,ij} \quad (11)$$

$$0 \leq Q_{r,ij} \leq K'' X_{r,ij} \quad (12)$$

(13)

$$P = A' l_0 \sum 2^{r-1} X_{r,ij} + A''' l_0 \sum 2^{r-2} Q_{r,ij}$$

pour $X_{r,ij} = 1$ on a $Q_{rij} = Q^{\beta}_{ij}$
$X_{r,ij} = 0$ on a $Q_{rij} = 0$

On a donc dans les deux cas : $Q_{rij} = Q^{\beta}_{ij} X_{r,ij}$

d'où $\sum 2^{r-1} Q^{\beta}_{rij} = \sum 2^{r-1} X_{rij} Q^{\beta}_{ij} = Q^{\beta}_{ij} \sum 2^{r-1}$
$X_{rij} = L_{ij} Q^{\beta}_{ij}$

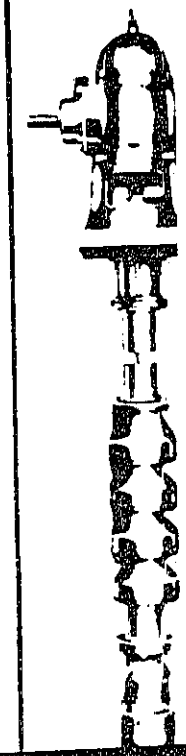
Il est à noter que ß étant proche de 1 (ß ≈ 0,75), nous avons sustitué $|Q|$ à $|Q|^{\beta}$ lors d'un premier passage et $|Q_0|^{\beta-1}|Q|$ à $|Q|$ lors du second passage, Q_0 étant le résultat (de l'optimisation) fourni par le premier passage.

4 - Programmation

Nous avons utilisé un progiciel de programmation linéaire mixte d'une bibliothèque numérique standard. Afin de faciliter l'utilisation de ce progiciel par les hydrauliciens, nous avons développé un programme en amont, dans le but de préparer les données au programme linéaire.

Le programme détermine, à partir des données de base, la configuration du périmètre (lignes latérales,

SO



solution
réseau
le sens
au ainsi
onçon.

n tracé
comme
obtenu
tracés
és, on
ant la
éthode
celles
amme

d'un
é des
ordre
par la

chemins de liaison....), il écrit alors les équations du modèle appliquées à ce périmètre. Le chainage de ce programme avec le progiciel de programmation linéaire est totalement transparent à l'utilisateur.

L'aggrégat de ces deux programmes est défini de la façon suivante :

• Entrées :

- coordonnées des points situés à l'intersection des lignes latérales et transvesales ainsi que ceux des points de la ligne L_n pour joindre la partie aval du réseau au résevoir.

- codes des points de chaque ligne L_m (prises d'eau, extrémité d'un tronçon de liaison avec la ligne L_{m-1} et/ou L_{m+1} extrémité de la ligne).

• Sorties :

Elles englobent toutes les informations relatives à la solution trouvée :

- tronçons de liaison effectivement construits, leur longueurs, les débits qu'ils portent.
- caractéristiques des tronçons k des lignes latérales existance ou non de coupure, longueur et débits.
- points de L' retenus pour la jonction, coordonnées des points intérieurs retenus.
- caractéristiques des tronçons de R' : extrémités, longueurs et débits.
- Prix de tous les tronçons constituant le réseau.

CONCLUSION

Dans cet article, nous avons proposé une solution intégrée au problème d'optimisation dans un réseau d'irrigation. Notre solution est intégrée dans le sens qu'elle optimise conjointement le tracé du réseau ainsi que la détermination des sections de chaque tronçon.

La méthode proposée permet d'aboutir à un tracé T du réseau qu'il y a tout lieu de considérer comme voisin du tracé optimum. Un tracé définitif est obtenu en procédant à l'optimisation d'un ensemble de tracés tous voisins de T. Pour chacun des tracés essayés, on procède à l'optimisation complète en utilisant la fonction exacte P(L,Q,H). Il est clair que la méthode utilisée donne des résultats dont les limites sont celles que l'on rencontre lors de l'utilisation de programme linéaires en variables mixtes.

La mise en œuvre de cette solution au moyen d'un progiciel de programmation linéaire a donné des résultats satisfaisants malgré les simplifications d'ordre théorique et pratique qui nous étaient imposés par la nature du problème.

93-0024

BORDEREAU D'ENTREE DES DONNEES

AGRIS Formulaire 1(Rev. 5)F

agris

001 C.T. HA ANNEE 92 NUMERO DE SERIE 91 — TRN

002 1/1 — Numero de bordereau / Nombre total de bordereaux

003 REVISION R / RETRAIT W — Modification de données entrées

004 NOUVEAU N / SUBSTITUE C / SUPRIME D — Statut de l'enregistrement

005 — RN du document affecté

006 TRADUCT. T / GENERIQ. / 007 — RN ou TRN de relation

008 F06 ; ; / / — (PRINCIPALE) (SECONDAIRES) CATEGORIES MATIERES — CODE PAYS (ENTREE REGIONALE)

TYPE BIBLIOGRAPHIQUE: MONOGRAPH. B, NORME C, DESSIN D, FILM F, CARTE OU ATLAS G, ENREGISTR. SONORE H, ART. PUBL. SERIE J, BREVET P, RAPPORT R, SUPPORT INFORMATIQ. T

NIVEAU BIBLIOGR.: ANALYTIQUE A, MONOGRAPH. M, PUBL. EN SERIE S, COLLECTIF C

INDICATEUR BIBLIOGRAPHIQUE: REUNION K, DICTIONNAIRE L, DONNEES NUMERIQUES N, THESES OU DISSERTATION U, LEGISLATION W, BIBLIOGRAPH. Z, CARTE (S) INCLUSE (S) Y, RESUME E, NON CONVENTION. V, SYNTHESE BIBLIOGR. R

1

009 A NIVEAU

Utiliser un bordereau pour chaque niveau bibliographique A, M ou C, cerclé en 008, en partant du niveau le plus spécifique (c'est-à dire la gauche) et reporter le code correspondant en 009. Pour le niveau bibliographique S, utiliser la section 2 du bordereau. Pour les descripteurs AGROVOC, les termes d'indexation du vocabulaire local et les résumés utiliser les sections 3 à 5 au verso.

		Etiquette	Données (à dactylographier)
Auteur (s) Personne physique (Affiliation (s))		100	Ben Ayed, R.; Mili, A.; Labye, Y.
Collectivité(s) auteur(s)		110	
Titre universitaire		111	
Titre anglais	Titre principal	200	[optimization of an irrigation network: an integrated solution]
	Eléments secondaires	201	
Réunion	Nom	210	
	Lieu	211	
	Date	213	
Titre original (Translit.)	Titre principal	230	Optimisation dans un reseau d'irrigation : une solution integree
	Eléments secondaires	231	
Edition (N°)		250	
No. Rapport/brevet		300	
Nos. secondaires		310	
ISBN/IPC		320	
Adresse bibliographique	Lieu de publication	401	
	Editeur	402	
	Date de publication	403	
Collation		500	
Langue (s) du texte		600	(FR)
Notes		610	

2

009 S NIVEAU

Titre de publication en série	Titre principal	230	Hommes Terre et Eaux (Maroc)
	Eléments secondaires	231	Revue Mar. des Sciences Agronomiques et Veterinaire
ISSN		320	ISSN 0373-9554
Date de publication		403	(Dec 1989)
Collation		500	v. 19(77) p. 21-28
Notes		610	

Sections 3 à 5 au verso

GIL 33/F 5.85 20.M - R3483

3 009 | 9 | / | EN | 009 | 9 | / | ES | 009 | 9 | / | FR

Code de langue des descripteurs (cercler obligatoirement celui qui convient)

	Etiquette	Données (à dactylographier)
Descripteurs AGROVOC pour l'index matières dans *Agriadex*	800	RESEAU D'IRRIGATION, PERIMETRE IRRIGUE; METHODE D'OPTIMISATION (PRIMAIRE) (Séparer les descripteurs par un point virgule (;) et un espace. Faire précéder les propositions de nouveaux descripteurs par un point d'interrogation (?))
Autres descripteurs AGROVOC		/ (laisser un espace après la barre oblique (/))
Commentaires sur les descripteurs existants ou proposés	810	

4 009 | 9 | / | | |

Code de langue des termes d'indexation

Termes d'indexation du vocabulaire local	820	

5 009 | X | / | FR |

Code de langue du résumé

Langue du résumé en clair	850	
Résumé	860	Presentation d'une solution integree au probleme d'optimisation dans un reseau d'irrigation. solution integree dans le sens qu'elle optimise conjointement le trace du reseau ainsi que la determination des sections de chaque tronçon

المملكة المغربية
المركز الوطني للتوثيق
مصلحة الطباعة والاستنساخ
رقم 93 0024 تاريخ 93-3-29
جديدة

FIN

النهاية

13

VUES

مشاهد