

RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL



ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE THIÈS

GC.0622

PROJET DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGÉNIEUR DE CONCEPTION

TITRE

SIMULATION DE NAPPES
D'EAU SOUTERRAINES PAR
LA METHODE DES DIFFEREN-
CES FINIES

DATE : MAI 1988

AUTEUR : *Mame Balla Fall*
DIRECTEUR : *Amadou Sarr*
CO-DIRECTEUR :

A ma famille.

Remerciements

Cette page me donne l'occasion de remercier Monsieur Amadou Fall professeur à l'École Polytechnique de Thiès, qui a bien voulu diriger ce travail de fin d'études.

Je n'oublierai pas non plus d'exprimer ma reconnaissance au personnel du centre de calcul pour le soutien technique dont il a pu me faire bénéficier.

Sommaire

Ce projet consiste à étudier l'implantation d'un logiciel de simulation de l'écoulement souterrain par la méthode des différences finies.

Le modèle assemble les équations de bilan d'eau et calcule le niveau d'eau en chaque point.

Après une introduction au chapitre 1, nous étudions au chapitre 2 les nappes d'eau souterraines. Dans ce chapitre, il est question d'établir les équations régissant l'hydrodynamique souterraine et d'exposer les différentes conditions aux limites.

Au chapitre 3, nous donnons une vue d'ensemble des différentes méthodes de résolution des problèmes d'écoulement souterrain.

Le chapitre 4 nous donne l'occasion de décrire le logiciel utilisé dans son ensemble.

Au chapitre 5, nous présentons les détails de la résolution numérique d'un cas particulier.

Enfin, avant de conclure au chapitre 7, on fera au chapitre 6 des recommandations sur l'utilisation du modèle.

Table des matières

Pages

Preliminaire

Remerciements	I
Sommaire	II
Table des matières	III
Liste des annexes	VI
Liste des figures	VIII

Conte

<u>Chapitre 1</u> : Introduction	1
----------------------------------	---

Chapitre 2 : Etude des nappes d'eau

souterraines	2
1°) Introduction	2
2°) Loi de Darcy	2
3°) validité de la loi de Darcy	5
4°) Equations pour l'écoulement général	7
5°) Equation de conservation de masse	7
6°) Conditions aux limites	11

Chapitre 3 : Methodes de resolution des

problemes d'écoulement

souterrain	14
------------	----

1°) Introduction	14
2°) Méthodes analytiques	15
3°) Utilisation de modèles réduits	15
4°) Méthodes numériques	16

Chapitre 4 : Adaptation d'un programme
de calcul en langage Fortran

à l'environnement IBM.PC ----- 21

1°) Introduction	21
2°) Dérivation de l'équation aux différences finies	23
3°) Structure du programme	35
4°) paquet principal	39
5°) Bloc - centre	40
6°) Recharge	42
7°) Points	42
8°) Procédé fortement implicite	43
9°) Remarque	48

Chapitre 5 : Résolution numérique

d'un cas particulière ----- 50

1°) Introduction	50
2°) Présentation physique du milieu et schéma du maillage	51

3°) Paramètres hydrodynamiques	51
4°) Périodes de contrainte	60
5°) Exploitation de la nappe	62
6°) Alimentation de la nappe	62
7°) Extension du maillage	63
8°) Modifications apportées au programme	67
9°) Résultats obtenus	67

Chapitre 6 : Discussions et Recommandations - 69

1°) Comparaison des résultats obtenus avec les observations piézométriques	69
2°) Prévisions d'exploitation	74
3°) Limites inhérentes au modèle	74

Chapitre 7 : Conclusion

Références

Annexes	79
Bibliographie	126

Liste des annexes

Pages

<u>Annexe 1</u> : Calcul des coefficients de perméabilité et des rapport d'anisotropie $\frac{T_Y}{T_X}$ -----	80
- programme calcul -----	81
- transmissivités entre nœuds X -----	84
- transmissivités entre nœuds Y -----	84
- transmissivités aux nœuds X -----	85
- transmissivités aux nœuds Y -----	86
- coefficient de perméabilité aux nœuds X -----	87
- rapport d'anisotropie T_Y/T_X -----	89

<u>Annexe 2</u> : Modifications apportées au programme -----	90
1°) sous-programme BCF1AL -----	90
2°) sous-programme BCF1RP -----	90
3°) sous-programme BCF1FM -----	90
4°) sous-programmes SBCE1H et SBCE1N -----	90
5°) sous-programme SBCE1C -----	90

<u>Annexe 3 :</u> Résultats obtenus -----	92
- valeurs entières -----	93
- première période de contrainte -----	104
- neuvième période de contrainte -----	111
- dix-huitième période de contrainte -----	118

<u>Annexe 4 :</u> Charges hydrauliques au	
31 Décembre 1978 -----	125

Liste des figures

	<u>Pages</u>
<u>figure 2-1</u> : Expérience de Darcy -----	3
<u>figure 3-1</u> : Méthode d'approximation d'une différentielle -----	20
<u>figure 4-1</u> : Système d'aquifère discrétisé -----	25
<u>figure 4-2</u> : Configuration des mailles -----	26
<u>figure 4-3</u> : Cellule i, j, k et ses six cellules adjacentes -----	29
<u>figure 4-4</u> : Écoulement, de la cellule $i, j-1, k$ à la cellule i, j, k -----	30
<u>figure 4-5</u> : Structure du programme -----	36
<u>figure 4-6</u> : Division du programme en procédures -----	38
<u>figure 4-7</u> : Stratigraphie d'une cellule -----	41
<u>figure 4-8</u> : Équation matricielle, (3 lignes, 4 colonnes et 2 couches) -----	44
<u>figure 4-9</u> : Matrice symétrique (2 lignes, 3 colonnes et 2 couches) -----	46
<u>figure 4-10</u> : Décomposition d'une matrice en matrices triangulaires inférieure et supérieure -----	47

<u>figure 5-1</u> :	Physique du milieu et schéma du maillage -----	52
<u>figure 5-2</u> :	Physique du milieu et conditions aux limites -----	53
<u>figure 5-3</u> :	calcul des transmissivités aux nœuds -----	55
<u>figure 5-4</u> :	Position des pompages -----	64
<u>figure 5-5</u> :	Extension du maillage -----	65
<u>figure 5-6</u> :	Maillage final -----	66
<u>figure 6-1</u> :	Courbe de comparaison (ligne 3) -----	70
<u>figure 6-2</u> :	Courbe de comparaison (ligne 10) -----	71
<u>figure 6-3</u> :	Courbe de comparaison (ligne 15) -----	72

Chapitre 1 : Introduction

Nous entreprenons dans les pages qui suivent, d'étudier l'implantation d'un programme de simulation de nappes d'eau souterraines par la méthode des différences finies.

Le modèle de simulation utilisé est développé dans le manuel "A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model". C'est le premier document indiqué dans la bibliographie.

Ce modèle permet de prendre en compte les situations souvent rencontrées : cours d'eau, axes d'alimentation, puits, drains, évapotranspiration, etc. L'aquifère est discrétisé en parallélépipèdes. Le modèle assemble les équations d'équilibre au centre de chaque parallélépipède et calcule la charge hydraulique en chacun de ces points.

La résolution numérique d'un cas particulier nous a permis d'être en mesure de nous prononcer sur quelques uns des intérêts et des limites que présente le modèle.

Chapitre 2 : Étude des nappes d'eau souterraines.

1°) Introduction

L'eau souterraine, qui est une partie du cycle hydrologique, est toujours en mouvement. Des régions de remplissage naturel ou artificiel, elle coule vers les zones de décharge naturelle ou artificielle.

La vitesse d'écoulement est parfois extrêmement faible. Cependant, la section d'écoulement est très grande. Ce qui explique les quantités d'eau importantes transportées.

L'écoulement à travers l'aquifère peut être exprimé par la loi de Darcy. La loi de Darcy, établie expérimentalement, est la base de l'hydrodynamique souterraine. Elle est applicable sur le terrain dans des conditions qui seront définies ultérieurement.

Le comportement hydrodynamique de l'aquifère est imposé par les conditions aux limites géologiques et hydrodynamiques.

2°) Loi de Darcy

En 1856, Henry Darcy, un ingénieur

français, étudia l'écoulement de l'eau à travers du sable homogène (figure ci-dessous). De cette expérience, Darcy conclut que le volume de l'eau filtrant de haut en bas par unité de temps est proportionnel à la section d'écoulement et à la perte de charge par unité de longueur de sable.

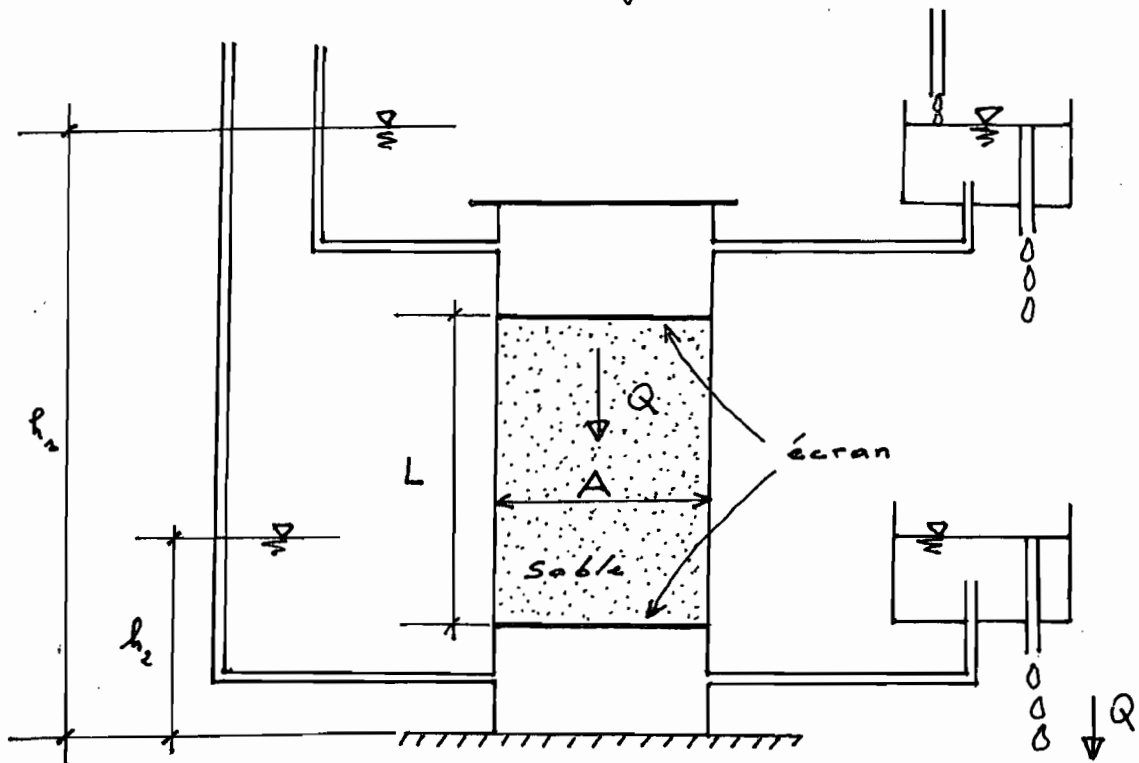


fig. 2-1

La formule de Darcy peut s'exprimer :

$$Q = K \cdot A \cdot (h_1 - h_2) / L$$

Le coefficient de proportionnalité K est appelé coefficient de perméabilité ou conductivité hydraulique par analogie à la conductivité électrique ou thermique. Il tient compte de

toutes les caractéristiques du milieu poreux et de l'eau qui le traverse.

La perte de charge $h_1 - h_2$ est due aux frottements de l'écoulement à travers le milieu poreux.

La loi de Darcy a été établie par des dispositifs particuliers et pour une direction particulière (de haut en bas). Cependant, elle a été vérifiée expérimentalement en laboratoire dans diverses conditions :

- en changeant la direction d'écoulement
- pour des liquides de différents poids volumiques et viscosités dynamiques.
- milieux aquifères poreux continus de différentes granulométries et milieux aquifères fissurés à microfissures.

Ces études ont permis à K. Hubbert d'établir la relation suivante :

$$K = N \cdot d_{10}^2 \cdot \frac{\gamma}{\mu}$$

$N \cdot d_{10}^2$ caractérise la granulométrie du milieu, avec N facteur de forme sans dimension et d_{10} le diamètre efficace en cm.

μ = viscosité dynamique du liquide

γ = poids volumique du liquide

Le coefficient de perméabilité ainsi défini n'est pas une perméabilité intrinsèque. En effet, il n'est pas une constante physique du milieu poreux. Il varie avec les caractéristiques de l'eau en mouvement. Toutefois, il reste valable pour les eaux souterraines normales.

3°) Validité de la loi de Darcy

Quatre conditions doivent être respectées pour que la loi de Darcy soit applicable :

- la continuité dans le réservoir
- l'isotropie du réservoir
- l'homogénéité du réservoir
- l'écoulement est laminaire

Pour des vitesses très faibles, l'écoulement est laminaire. En ce qui concerne le nombre de Reynolds, les diverses expériences jusque-là effectuées n'ont pas établi une limite inférieure pour la validité de la loi de Darcy.

Par contre, sur la base d'expériences réalisées sur du sable, des limites supérieures peuvent être définies. En effet, lorsque le nombre de Reynolds se situe entre 1 et 10 (limites supérieures), l'équation de Darcy n'est plus

valable. Cependant, pour la plupart des eaux souterraines, $Re < 1$. Par conséquent, la loi de Darcy est le plus souvent applicable.

Les cas où elle n'est pas applicable sont limités aux formations très hétérogènes, aux réseaux karstiques et lorsque la vitesse d'écoulement est très élevée, comme au voisinage des ouvrages de captage. Une autre situation où la loi de Darcy n'est pas valable c'est quand l'eau coule à travers de l'argile dense. Dans un tel matériau, les pores peuvent être si petits que les molécules d'eau sont influencées par les effets de double couche des particules d'argile. Du fait de la polarité des molécules d'eau, l'eau proche des particules d'argile électriquement chargées a une structure plus cristalline. Ceci fait que sa viscosité est plus grande que celle de l'eau libre. Dans ces conditions, les faibles gradients hydrauliques peuvent ne pas être suffisants pour produire un mouvement de l'eau. Ce qui fait que le débit d'eau n'est pas proportionnel au gradient hydraulique. Par conséquent, la loi de Darcy

n'est pas applicable.

4°) Equations pour l'écoulement général.

Dans sa forme générale, l'équation de Darcy peut s'écrire :

$$v = K \cdot \frac{\partial h}{\partial s}$$

où s est la distance dans la direction d'écoulement et v la vitesse d'infiltration.

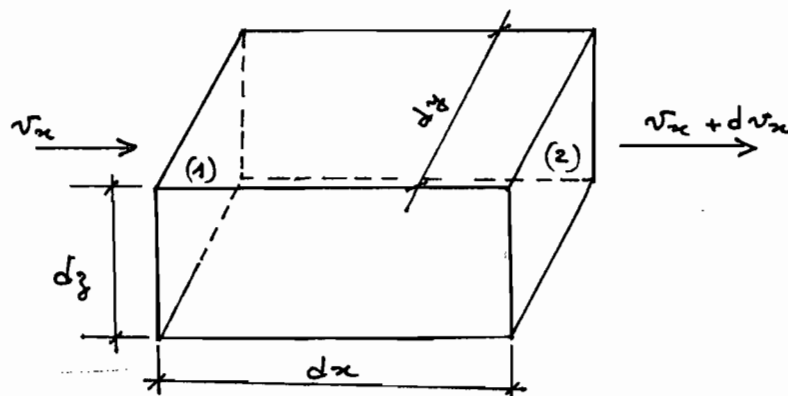
La perméabilité dans un milieu poreux varie généralement avec la direction

Les composantes de la vitesse dans un système de coordonnées rectangulaires peuvent être données par :

$$v_x = K_{xx} \cdot \frac{\partial h}{\partial x} ; \quad v_y = K_{yy} \cdot \frac{\partial h}{\partial y} ; \quad v_z = K_{zz} \cdot \frac{\partial h}{\partial z}$$

K_{xx} , K_{yy} et K_{zz} sont les coefficients de perméabilité dans les directions x , y et z . Ils représentent les vecteurs propres de la matrice de perméabilité.

5°) Equation de conservation de masse



Considérons un élément $dx dy dz$ (figure ci-dessus) découpé dans un aquifère.

v_x , v_y et v_z sont les composantes de la vitesse v . ρ est la masse volumique de l'eau dans l'aquifère.

Le débit massique entrant par la face (1) vaut $\rho v_x dy dz$. Dans la face (2) parallèle à la face (1) et distante de dx de celle-ci, la masse volumique vaut : $\rho + \frac{\partial \rho}{\partial x} dx$ et la vitesse débitante vaut $v_x + \frac{\partial v_x}{\partial x} dx$.

Le débit massique sortant vaut alors :

$(\rho + \frac{\partial \rho}{\partial x} dx) (v_x + \frac{\partial v_x}{\partial x} dx) dy dz$
 soit $\rho v_x dy dz + (v_x \frac{\partial \rho}{\partial x} + \rho \frac{\partial v_x}{\partial x}) dx dy dz$ en négligeant les infiniment petits d'ordres supérieurs

Dans la direction x , la différence entre les débits entrant et sortant vaut :

$$- (v_x \frac{\partial \rho}{\partial x} + \rho \frac{\partial v_x}{\partial x}) dx dy dz$$

soit $-\frac{\partial}{\partial x} (\rho v_x) dx dy dz$.

Si l'on tient compte des autres directions, on en tire que l'élevation de masse de l'élément au cours du temps doit être égale à :

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho dx dy dz) = - \left[\frac{\partial}{\partial x} (\rho v_x) + \frac{\partial}{\partial y} (\rho v_y) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho v_z) \right] dx dy dz$$

Soit $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{v}) = 0$, c'est l'équation de continuité ou équation de conservation de masse.

Pour l'écoulement transitoire que nous considérons ici, il est nécessaire de considérer le coefficient d'emmagasinement S . Pour un écoulement confiné, le coefficient de compressibilité est défini par :

$$\beta = - \frac{\partial V/V}{\partial P}$$

V = volume ; P = pression

Quand la surface piézométrique d'un aquifère est abaissée d'une unité de distance, la quantité d'eau cédée par une colonne d'eau de section unité est S ; d'où $S = \partial V$. Le volume de la colonne dans l'aquifère est $V = 1 \cdot b = b$ où b est l'épaisseur de l'aquifère. La variation de la pression est donnée par :

$$\partial P = -\gamma(z) = -\gamma$$

$$\text{On a : } \beta = \frac{\partial V/V}{\partial P} = \frac{S}{\gamma \cdot b}$$

Pour un matériau élastique, l'équation suivante est vérifiée :

$$\frac{\partial V}{V} = - \frac{\partial P}{P} \Rightarrow \partial P = P \cdot \beta \cdot \partial P \Rightarrow \partial P = P \cdot \frac{S}{\gamma \cdot b} \cdot \partial P$$

$$\Rightarrow \partial P / \partial t = P \cdot \frac{S}{\gamma \cdot b} \cdot \frac{\partial P}{\partial t}$$

L'équation de continuité devient alors :

$$- \left[\frac{\partial}{\partial x} (\rho v_x) + \frac{\partial}{\partial y} (\rho v_y) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho v_z) \right] = \frac{\rho_s}{\tau \cdot b} \cdot \frac{\partial P}{\partial t}$$

ce qui donne si ρ est constant :

$$- \left[\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right] = \frac{S}{\tau \cdot b} \cdot \frac{\partial P}{\partial t}$$

$$P = \tau \cdot h \Rightarrow - \left(\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) = \frac{S}{b} \cdot \frac{\partial h}{\partial t}$$

En posant $S_s = \frac{S}{b}$ et remplaçant v_x , v_y et v_z

par $K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x}$, $K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y}$ et $K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z}$, on a :

$$- \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) \right] = S_s \cdot \frac{\partial h}{\partial t}$$

S_s est appelé coefficient d'emmagasinement spécifique.

Pour tenir compte des écoulements avec l'extérieur de l'aquifère (recharge, pompage, etc.), il faut ajouter au membre de gauche un terme W . W est exprimé en s^{-1} . Il représente le débit d'écoulement par unité de volume provenant de l'extérieur de l'aquifère. W est positif s'il représente un débit entrant et négatif s'il s'agit d'un débit sortant.

L'équation de conservation de masse se réduit à l'expression suivante :

$$- \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \cdot \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \cdot \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \cdot \frac{\partial h}{\partial z} \right) \right] + W = S_s \cdot \frac{\partial h}{\partial t}$$

Cette équation aux dérivées partielles est à la base des modèles mathématiques de simulation hydrodynamique. Pour la résolution

de cette équation, il faut connaître les conditions initiales et les différentes conditions aux limites.

6°) Conditions aux limites

Deux grands types de limites peuvent être définis : les limites géologiques et les limites hydrodynamiques.

a) limites géologiques

Ce sont principalement des limites étanches (flux nul) imposées par les structures hydrogéologiques. Ce sont le substratum, le toit, les passages latéraux de faciès, les biseaux de transgression et les failles.

b) limites hydrodynamiques

Ouvertes, à porosité variable dans l'espace et dans le temps, imposées par les conditions extérieures (environnement de l'aquifère), elles sont identifiées à un instant donné (calage des modèles mathématiques).

Elles sont classées en trois types :

(i) limites à flux imposé ou à condition

Le débit

Le débit peut être nul, entrant ou sortant :

- débit nul : limites géologiques étanches
- débit entrant ou affluant : nappes affluentes, aire d'alimentation par infiltration des précipitations efficaces, les rivières infiltrantes, etc.
- débit sortant : les sources, lignes d'émergences, cours d'eau drainant.

(i) limites à potentiel imposé ou à condition de potentiel

Ces limites sont identifiées par des hydro-isohypses. Ce sont principalement les lignes de source, les plans d'eau de surface (rive des lacs et des rivières, lignes de rivage).

(i-i) Surfaces piézométriques ou surfaces libres

La pression est égale à la pression atmosphérique sur toute la surface et le flux est nul. La drainance est imposée par les conditions de flux (limites géologiques semi-perméables) et de potentiel.

Les conditions aux limites hydrodynamiques définies ci-dessus ne sont pas immuables. En général, les flux et les potentiels subissent des variations dans l'espace et dans le temps.

On peut par exemple noter les fluctuations de la surface piézométrique et du niveau des surfaces d'eau libres : déplacement des lignes de partage des eaux souterraines, variation des débits entrant et sortant.

Il est nécessaire de connaître ces fluctuations avec le maximum de précision car elles sont à la base du calage des modèles mathématiques de simulation hydrodynamique en régime transitoire et de leur emploi pour les prévisions. C'est pourquoi les enregistrements continus (limnigrammes) des fluctuations, en particulier des niveaux piézométriques et des débits des sources sont recommandés.

Chapitre 3 : Méthodes de résolution des problèmes d'écoulement souterrain.

1) Introduction

Pour obtenir la charge hydraulique dans un aquifère donné dans l'espace et dans le temps $h(x, y, z, t)$, il faut intégrer l'équation aux dérivées partielles établie au chapitre précédent :

$$-\left[\frac{\partial}{\partial x} (K_{xx} \cdot \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (K_{yy} \cdot \frac{\partial h}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (K_{zz} \cdot \frac{\partial h}{\partial z}) \right] + W = S_s \cdot \frac{\partial h}{\partial t}$$

Les conditions initiales et les conditions aux limites doivent être spécifiées pour résoudre cette équation. La géométrie du domaine d'écoulement aussi bien que ses paramètres hydrauliques (perméabilité, coefficient d'emmagasinement) doivent être connus.

Pour résoudre de tels problèmes, il existe trois méthodes :

- méthodes analytiques
- méthodes basées sur l'utilisation de modèles réduits

- méthodes numériques

Lorsque plus d'une méthode peut être appliquée à un problème donné, le choix de celle qui convient le mieux dépend du temps et du coût que nécessite la solution.

2°) Méthodes analytiques

Les méthodes analytiques sont meilleures que toutes les autres. Elles doivent donc être utilisées chaque fois que c'est possible.

Malheureusement, dans la plupart des cas d'intérêt pratique, une solution analytique n'est pas possible à cause principalement des irrégularités des limites de l'aquifère. En effet, les différents types de conditions aux limites peuvent varier. Et dans la majorité des cas, le domaine d'écoulement est inhomogène et les divers paramètres hydrauliques ne peuvent pas s'exprimer sous forme d'expressions analytiques.

3°) Utilisation de modèles réduits

Dans cette méthode, on construit un modèle analogue au système réel à une échelle près. Tous les aspects du comportement de l'aquifère ayant trait à la solution du

problème de précision sont reproduits dans le modèle. Après quoi, ce dernier est excité par diverses activités (pompage par exemple) et les différentes réponses sont enregistrées

4°) Méthodes numériques

Les méthodes numériques sont très utilisées actuellement avec l'ordinateur pour résoudre des problèmes de précision avec les nappes d'eau souterraines. En rapport avec le développement de l'informatique, plusieurs techniques de simulation numérique ont été développées pour résoudre les équations aux dérivées partielles qui gouvernent l'écoulement de l'eau souterraine.

Deux méthodes de résolution numérique de problèmes d'écoulement souterrain qui sont très utilisées actuellement sont :

- la méthode des éléments finis
- la méthode des différences finies

a) La méthode des éléments finis

La méthode des éléments finis est une technique numérique très puissante et entièrement flexible. Elle a déjà été appliquée à de nombreux problèmes d'écoulement en

milieu poreux, d'écoulement de l'eau souterraine, d'écoulement multiphasé, d'écoulement avec surface phréatique, de dispersion hydrodynamique, etc.

Elle peut être utilisée avec n'importe quelle combinaison de conditions aux limites, milieux inhomogène et anisotrope, limites mobiles, surfaces libres, milieux déformables, etc.

Dans cette méthode, l'équation aux dérivées partielles est transformée en une équation intégrale. Celle-ci ne contenant plus que des dérivées du premier ordre. L'intégration est ensuite effectuée numériquement sur des éléments qui constituent le domaine considéré.

b) La méthode des différences finies

Dans la plupart des cas de résolution numérique d'équations aux dérivées partielles, on remplace celles-ci par des différences algébriques. La variable continue qui apparaît dans une équation aux dérivées partielles est remplacée par une variable discrète. Les équations ainsi obtenues

sont résolues numériquement à l'ordinateur. Ainsi, on obtient les valeurs de la variable dépendante à un certain nombre de points discrets dans le domaine considéré.

La différence entre la valeur donnée par l'équation aux dérivées partielles et celle qui est donnée par l'équation aux différences finies est appelée erreur de troncature. En général, elle croît avec les dimensions des cellules à l'intérieur du domaine maillé et la valeur du pas utilisé pour les différentes itérations.

Il y a trois méthodes d'approximation de la différentielle d'une fonction en un point donné. Soit $\phi = \phi(x)$ une fonction dont on veut approximer la différentielle au point x .

- Premier cas

$$\phi(x + \Delta x) = \phi(x) + \Delta x \left. \frac{d\phi}{dx} \right|_x + \frac{(\Delta x)^2}{2} \left. \frac{d^2\phi}{dx^2} \right|_x + \frac{(\Delta x)^3}{3!} \left. \frac{d^3\phi}{dx^3} \right|_x + \dots$$

En divisant cette équation par Δx , on obtient :

$$\left. \frac{d\phi}{dx} \right|_x = \frac{\phi(x + \Delta x) - \phi(x)}{\Delta x} + o(\Delta x)$$

où $o(\Delta x)$ représente le reste de la série.

$$o(\Delta x) \rightarrow 0 \Rightarrow \left. \frac{d\phi}{dx} \right|_x \approx \frac{\phi(x+\Delta x) - \phi(x)}{\Delta x}$$

- Deuxième cas

$$\begin{aligned} \phi(x-\Delta x) = \phi(x) - \Delta x \left. \frac{d\phi}{dx} \right|_x + \frac{(\Delta x)^2}{2} \left. \frac{d^2\phi}{dx^2} \right|_x \\ - \frac{(\Delta x)^3}{3!} \left. \frac{d^3\phi}{dx^3} \right|_x + \dots \end{aligned}$$

De cette équation, on obtient :

$$\left. \frac{d\phi}{dx} \right|_x \approx \frac{\phi(x) - \phi(x-\Delta x)}{\Delta x}$$

- Troisième cas

$$\begin{aligned} \phi(x+\Delta x) = \phi(x) + \Delta x \left. \frac{d\phi}{dx} \right|_x + \frac{(\Delta x)^2}{2} \left. \frac{d^2\phi}{dx^2} \right|_x \\ + \frac{(\Delta x)^3}{3!} \left. \frac{d^3\phi}{dx^3} \right|_x + \dots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi(x-\Delta x) = \phi(x) - \Delta x \left. \frac{d\phi}{dx} \right|_x + \frac{(\Delta x)^2}{2} \left. \frac{d^2\phi}{dx^2} \right|_x \\ - \frac{(\Delta x)^3}{3!} \left. \frac{d^3\phi}{dx^3} \right|_x + \dots \end{aligned}$$

Par différence des deux équations ci-dessus, on obtient :

$$\phi(x+\Delta x) - \phi(x-\Delta x) = 2\Delta x \left. \frac{d\phi}{dx} \right|_x + 2 \frac{(\Delta x)^3}{3!} \left. \frac{d^3\phi}{dx^3} \right|_x + \dots$$

ce qui donne :

$$\left. \frac{d\phi}{dx} \right|_x \approx \frac{\phi(x+\Delta x) - \phi(x-\Delta x)}{2\Delta x}$$

Le deuxième cas d'approximation est celui qui est utilisé par le modèle présenté au chapitre 4. Le modèle utilise cette approximation lors de la discrétisation temporelle. On tombe sur un schéma inconditionnellement stable.

La figure ci-dessous montre les différentes façons d'approximer la différentielle d'une fonction.

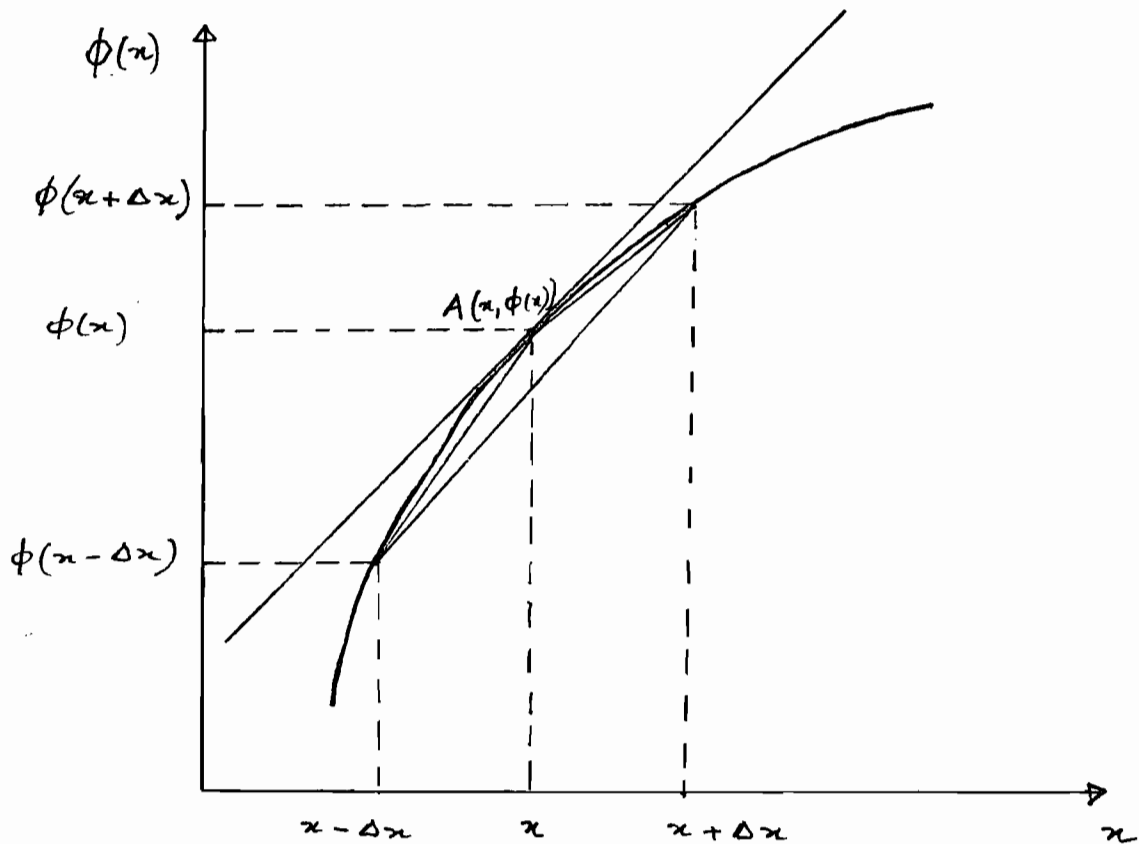


Figure 3-1 : Méthodes d'approximation d'une différentielle.

Chapitre 4 : Adaptation d'un
programme de calcul
en langage Fortran
à l'environnement
IBM PC.

1°) Introduction

Le document "A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model" cité au chapitre 1, présente un modèle aux différences finies. Le modèle simule l'écoulement souterrain dans les trois directions. Le document, qui est à la base de notre travail, comporte des explications détaillées des concepts physiques et mathématiques sur lesquels le modèle repose. Il explique également comment ces concepts sont introduits dans la structure du programme. Le programme est constitué d'un programme principal et des séries de sous-programmes indépendants appelés "modules". Les modules sont groupés en "paquets". Chaque paquet de modules traite une caractéristique particulière du système hydrologique qui doit être simulé.

La division du programme en modules permet à l'utilisateur d'examiner une particularité du système indépendamment des autres. Elle permet aussi d'ajouter au modèle de nouveaux modules ou de nouveaux paquets de modules sans modifier les modules ou paquets de modules existants.

L'écoulement de l'eau souterraine est simulé en utilisant l'approche du "bloc-centré" que nous expliquerons dans la deuxième partie de ce chapitre. Des couches confinées, non confinées ou une combinaison des deux peuvent être simulées par le modèle. Les écoulements provenant de l'extérieur de l'aquifère tels que puits, aires de recharge, évapotranspiration, drains, cours d'eau, etc., peuvent être simulés.

Les équations aux différences finies peuvent être résolues en utilisant l'une ou l'autre des deux méthodes de résolution suivantes :

- le procédé fortement implicite
- le procédé par tranches successives

On peut aussi noter l'existence de modules utilitaires qui font un même travail pour

différents paquets de modules. Par exemple, les modules U3DREL, U2DINT et U1DREL lisent des données alors que les modules ULAPRW et ULAPRS impriment des valeurs.

2°) Dérivation de l'équation aux différences finies.

a) modèle mathématique

L'écoulement de l'eau souterraine à travers un milieu poreux peut être décrit par l'équation suivante lorsque la densité de l'eau est constante :

$$-\left[\frac{\partial}{\partial x} (K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z}) \right] + W = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad (1)$$

où les différents paramètres ont déjà été définis au chapitre 2.

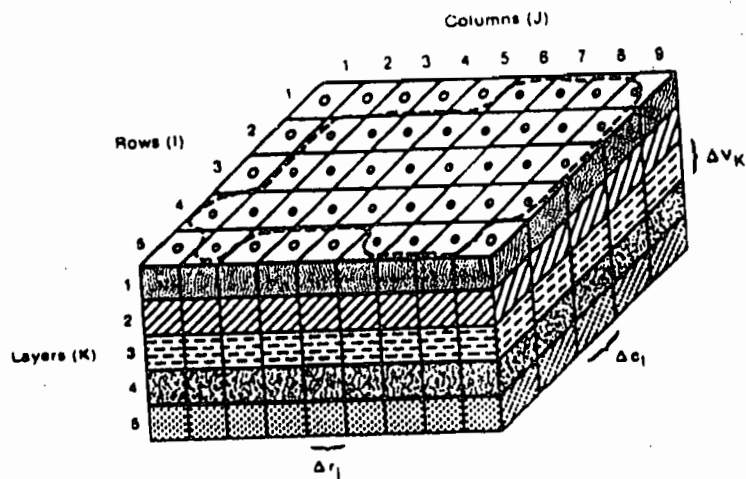
En général, S_s , K_{xx} , K_{yy} et K_{zz} sont des fonctions de l'espace alors que h et W sont des fonctions de l'espace et du temps. L'équation (1) constitue, avec les conditions initiales et les conditions aux limites, un modèle mathématique d'écoulement souterrain.

Excepté les cas très simples, des solutions analytiques de l'équation (1) sont presque impossibles. Dès lors, des méthodes numériques doivent être employées pour obtenir des

solutions approchées. La méthode des différences finies est utilisée pour résoudre cette équation. Elle consiste d'abord, comme on l'a vu au chapitre 3, à remplacer le système continu décrit par l'équation (1) par une série de points discrets dans l'espace et dans le temps. Et ensuite, les dérivées partielles sont remplacées par des différences entre les valeurs des fonctions à ces points discrets. Cette discrétisation mène à des systèmes d'équations simultanées. Leur résolution engendre des valeurs de charge hydraulique à des points donnés de l'espace et en un temps précis de la simulation.

b) Convention de discrétisation

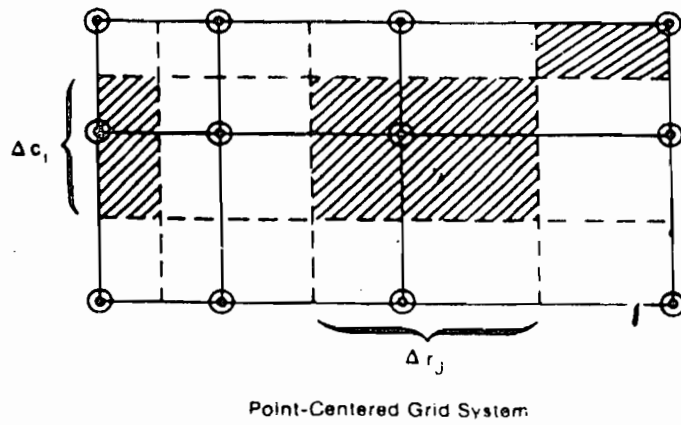
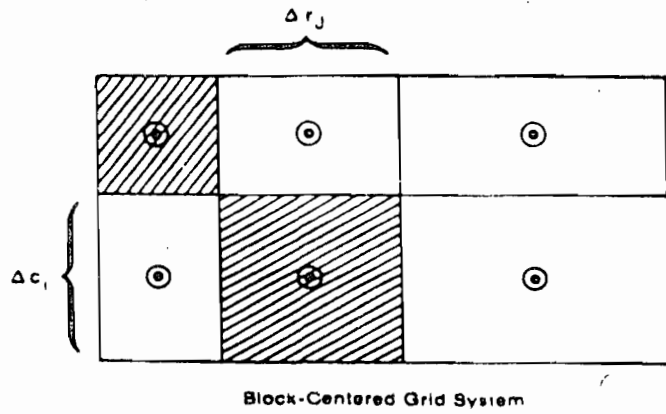
La figure 4-1 montre une discrétisation spatiale d'un système d'aquifère en mailles formant des lignes, des colonnes et des couches. La figure 4-2 montre deux conventions pour définir la configuration d'une maille en tenant compte de la location des nœuds. Ce sont respectivement l'approche du 'bloc-centre' et l'approche du 'point centre'. Les deux méthodes commencent par diviser l'aquifère



Explanation

- Aquifer Boundary
- Active Cell
- Inactive Cell
- Δr_j Dimension of Cell Along the Row Direction. Subscript (j) Indicates the Number of the Column
- Δc_l Dimension of Cell Along the Column Direction. Subscript (l) Indicates the Number of the Row
- Δv_k Dimension of the Cell Along the Vertical Direction. Subscript (k) Indicates the Number of the Layer

figure 4-1 : Système d'aquifère discretisé



Explanation

- ⊙ Nodes
- Grid Lines
- - - Cell Boundaries for Point Centered Formulation
- /// Cells Associated With Selected Nodes

figure 4-2 : Configuration des mailles

par des lignes et des colonnes.

Dans la formulation du bloc-centré, les blocs formés par ces lignes et colonnes sont les cellules. Les nœuds sont situés au centre de ces cellules.

Dans la formulation du point centré, les nœuds sont les points d'intersection des lignes et des colonnes. Les cellules sont délimitées par des droites passant à égale distance des nœuds.

Dans les deux cas, les propriétés hydrauliques du système sont constantes dans toute l'étendue d'une cellule.

c) L'équation aux différences finies

L'équation de continuité, qui exprime l'équilibre de l'écoulement, pour une cellule donnée, est :

$$\sum Q_i = S_s \cdot \frac{\Delta h}{\Delta t} \cdot \Delta V \quad (2)$$

où

Q_i est le débit qui entre dans la cellule ($L^3 t^{-1}$)

S_s est le coefficient d'emmagasinement spécifique de la cellule (L^{-1})

ΔV est le volume de la cellule (L^3) et

Δh est la variation de la charge hydraulique au nœud après un intervalle de temps Δt .

La figure 4-3 représente une cellule i, j, k et ses six cellules adjacentes $i-1, j, k$; $i+1, j, k$; $i, j-1, k$; $i, j+1, k$; $i, j, k-1$; $i, j, k+1$. Le débit qui passe de la cellule $i, j-1, k$ à la cellule i, j, k est donné par :

$$Q_{i,j-1/2,k} = KR_{i,j-1/2,k} \cdot \Delta C_i \cdot \Delta v_z \cdot \frac{h_{i,j-1,k} - h_{i,j,k}}{\Delta r_{j-1/2}} \quad (3)$$

où $Q_{i,j-1/2,k}$ est le débit qui passe à travers la face entre les cellules i, j, k et $i, j-1, k$ ($L^3 t^{-1}$)

$KR_{i,j-1/2,k}$ est la conductivité hydraulique le long de la ligne entre les nœuds i, j, k et $i, j-1, k$ ($L t^{-1}$)

et $\Delta r_{j-1/2}$ est la distance entre les deux nœuds

ΔC_i et Δv_z sont les dimensions de la section d'écoulement.

L'indice $j-1/2$ indique l'espace entre deux nœuds (figure 4-4). Il n'indique pas un point situé exactement au milieu des nœuds. Par exemple, $KR_{i,j-1/2,k}$ représente la conductivité hydraulique dans toute la région entre les nœuds i, j, k et $i, j-1, k$.

Des expressions similaires approximent l'écoulement à travers les cinq faces restantes :

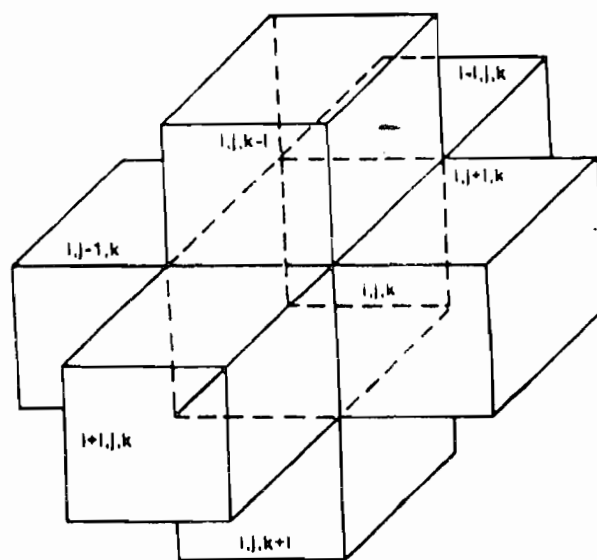


figure 4-3 : Cellule i, j, k et ses six cellules adjacentes

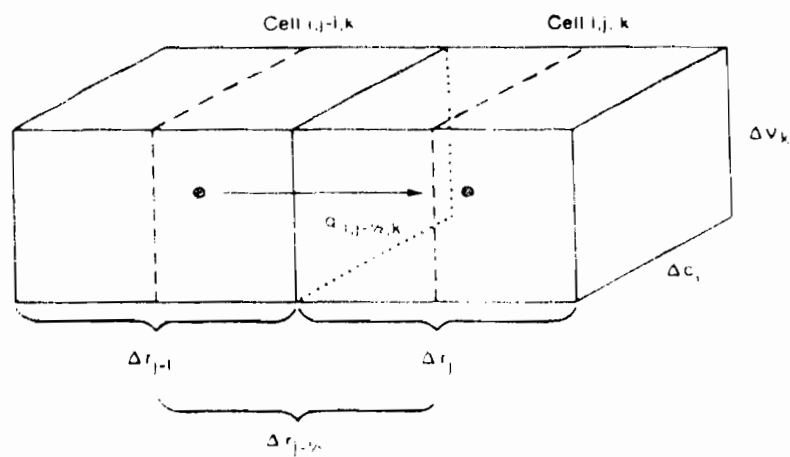


figure 4-4 : Ecoulement, de la cellule $i,j-1,k$ vers la cellule i,j,k

$$q_{i,j+1/2,k} = KR_{i,j+1/2,k} \cdot \Delta C_i \cdot \Delta v_k \cdot \frac{(h_{i,j-1,k} - h_{i,j,k})}{\Delta r_{j+1/2}} \quad (4)$$

$$q_{i+1/2,j,k} = KC_{i+1/2,j,k} \cdot \Delta r_j \cdot \Delta v_k \cdot \frac{(h_{i+1,j,k} - h_{i,j,k})}{\Delta C_{i+1/2}} \quad (5)$$

$$q_{i-1/2,j,k} = KC_{i-1/2,j,k} \cdot \Delta r_j \cdot \Delta v_k \cdot \frac{(h_{i-1,j,k} - h_{i,j,k})}{\Delta C_{i-1/2}} \quad (6)$$

$$q_{i,j,k+1/2} = KV_{i,j,k+1/2} \cdot \Delta r_j \cdot \Delta C_i \cdot \frac{(h_{i,j,k+1} - h_{i,j,k})}{\Delta v_{k+1/2}} \quad (7)$$

$$q_{i,j,k-1/2} = KV_{i,j,k-1/2} \cdot \Delta r_j \cdot \Delta C_i \cdot \frac{(h_{i,j,k-1} - h_{i,j,k})}{\Delta v_{k-1/2}} \quad (8)$$

Les dimensions des mailles et la conductivité hydraulique restent constantes pendant la résolution du problème. Dans ce cas, on peut simplifier la notation en introduisant le concept de conductance. Par exemple, la conductance dans la ligne i et la couche k entre les nœuds $i, j-1, k$ et i, j, k est donnée par :

$$CR_{i,j-1/2,k} = KR_{i,j-1/2,k} \cdot \Delta C_i \cdot \Delta v_k / \Delta r_{j-1/2} \quad (9)$$

L'équation de continuité (2) incluant les écoulements entre les nœuds i, j, k et les six nœuds adjacents d'une part et le débit d'écoulement extérieur Q_S d'autre part est réécrite de la façon suivante :

$$q_{i,j-1/2,k} + q_{i,j+1/2,k} + q_{i-1/2,j,k} + q_{i+1/2,j,k} +$$

$$q_{i,j,k+1/2} + q_{i,j,k-1/2} + Q_{Si,j,k} = SS_{i,j,k} \frac{\Delta h_{i,j,k}}{\Delta t} \times$$

$$\Delta r_j \cdot \Delta c_i \cdot \Delta v_k \quad (10)$$

où

$\Delta h_{i,j,k} / \Delta t$ est l'approximation de la variation de la charge hydraulique par rapport au temps ($L t^{-1}$),

$SS_{i,j,k}$ est le coefficient d'emmagasinement spécifique de la cellule i,j,k (L^{-2}) et $\Delta r_j \cdot \Delta c_i \cdot \Delta v_k$ est le volume de la cellule i,j,k (L^3)

La méthode utilisée pour l'approximation consiste à évaluer les termes de l'écoulement au temps t_m alors que $\Delta h_{i,j,k} / \Delta t$ est évalué de la façon suivante :

$$\frac{\Delta h_{i,j,k}^m}{\Delta t_m} = \frac{h_{i,j,k}^m - h_{i,j,k}^{m-1}}{t_m - t_{m-1}}$$

L'équation (10) peut être réécrite de la manière qui suit :

$$\begin{aligned} & CR_{i,j-1/2,k} (h_{i,j-1,k}^m - h_{i,j,k}^m) + CR_{i,j+1/2,k} (h_{i,j+1,k}^m \\ & - h_{i,j,k}^m) + CC_{i-1/2,j,k} (h_{i-1,j,k}^m - h_{i,j,k}^m) \\ & + CC_{i+1/2,j,k} (h_{i+1,j,k}^m - h_{i,j,k}^m) + CV_{i,j,k-1/2} (h_{i,j,k-1}^m \\ & - h_{i,j,k}^m) + CV_{i,j,k+1/2} (h_{i,j,k+1}^m - h_{i,j,k}^m) \\ & + P_{i,j,k} h_{i,j,k}^m + Q_{i,j,k} = SS_{i,j,k} \cdot (\Delta r_j \cdot \Delta c_i \cdot \Delta v_k) \cdot \end{aligned}$$

$$(h_{i,j,k}^m - h_{i,j,k}^{m-1}) / (t_m - t_{m-1}) \quad (11)$$

avec $Q_{S_{i,j,k}} = P_{i,j,k} \cdot h_{i,j,k}^m + Q_{i,j,k}$

$Q_{S_{i,j,k}}$ représente le débit total provenant de l'extérieur de l'aquifère et entrant dans la cellule i,j,k . $P_{i,j,k}$ ($L^2 T^{-1}$) et $Q_{i,j,k}$ ($L^3 T^{-1}$) sont des constantes.

Dans l'équation (11), la hauteur de charge au début du pas de temps courant $h_{i,j,k}^{m-1}$ et tous les coefficients sont connus. Les sept hauteurs de charge au temps t_m , fin du pas de temps courant, sont inconnues. Ce sont ces valeurs que nous essayons de prédire. L'équation (11) ne peut pas être résolue seule car c'est une équation à sept inconnues. Une équation de ce type est écrite pour les "n" cellules du système. Et, comme il n'y a qu'une seule inconnue par cellule, nous avons un système de "n" équations à "n" inconnues. Un tel système d'équations peut être résolu.

Dans la plupart des cas, le nombre réel d'équations est plus petit que le nombre total de cellules dans le système d'aquifère. Le nombre d'équations est égal au nombre de cellules à charge variable. Ces cellules sont celles dans

lesquelles la charge hydraulique peut varier dans le temps. Une équation de la forme de l'équation (11) est requise pour chacune de ces cellules. Les cellules qui ne sont pas des cellules à charge variable peuvent être soit des cellules à charge constante soit des cellules inactives. Les cellules à charge constante ne requièrent pas d'équation. Cependant, les équations établies pour les cellules à charge variable adjacentes contiennent des conductances non nulles représentant l'écoulement à travers les faces en commun avec les cellules à charge constante. Les cellules inactives sont celles à travers les faces desquelles il n'y a pas d'écoulement. Donc, les cellules inactives ne requièrent pas d'équation et les équations formulées pour les cellules variables adjacentes ne contiennent pas de terme représentant les écoulements provenant des cellules inactives.

L'équation (11) peut être réarrangée de façon à ce que les termes contenant les hauteurs de charge à la fin du pas de temps courant soient groupés dans le membre de gauche et que tous les autres termes

soient dans le deuxième membre. La nouvelle équation est la suivante :

$$\begin{aligned}
 & CV_{i,j,k-1/2} \cdot h_{i,j,k-1}^m + CC_{i-1/2,j,k} \cdot h_{i-1,j,k}^m \\
 & + CR_{i,j-1/2,k} \cdot h_{i,j-1,k}^m + (-CV_{i,j,k-1/2} - CC_{i-1/2,j,k} \\
 & - CR_{i,j-1/2,k} - CR_{i,j+1/2,k} - CC_{i+1/2,j,k} - CV_{i,j,k+1/2} \\
 & + HCOF_{i,j,k}) \cdot h_{i,j,k}^m + CR_{i,j+1/2,k} \cdot h_{i,j+1,k}^m \\
 & + CC_{i+1/2,j,k} \cdot h_{i+1,j,k}^m + CV_{i,j,k+1/2} \cdot h_{i,j,k+1}^m \\
 & = RHS_{i,j,k} \quad (12)
 \end{aligned}$$

où

$$\begin{aligned}
 HCOF_{i,j,k} &= P_{i,j,k} - SC1_{i,j,k} / (t_m - t_{m-1}) \quad (L^2 t^{-1}) \\
 RHS_{i,j,k} &= -Q_{i,j,k} - SC1_{i,j,k} \cdot h_{i,j,k}^{m-1} / (t_m - t_{m-1}) \\
 & \quad (L^3 t^{-1})
 \end{aligned}$$

$$SC1_{i,j,k} = SS_{i,j,k} \cdot \Delta r_j \cdot \Delta C_i \cdot \Delta V_h \quad (L^2)$$

L'équation (12) est l'équation aux différences finies qui est utilisée pour développer le système d'équations linéaires à partir duquel les charges hydrauliques sont calculées. Elle est la base du modèle d'écoulement souterrain qui est présenté ici.

3°) Structure du programme

Comme on l'a vu au début du chapitre, le programme consiste en un programme principal et des sous-routines indépendants appelés modules (figure 4-5). Ce paragraphe explique les fonctions

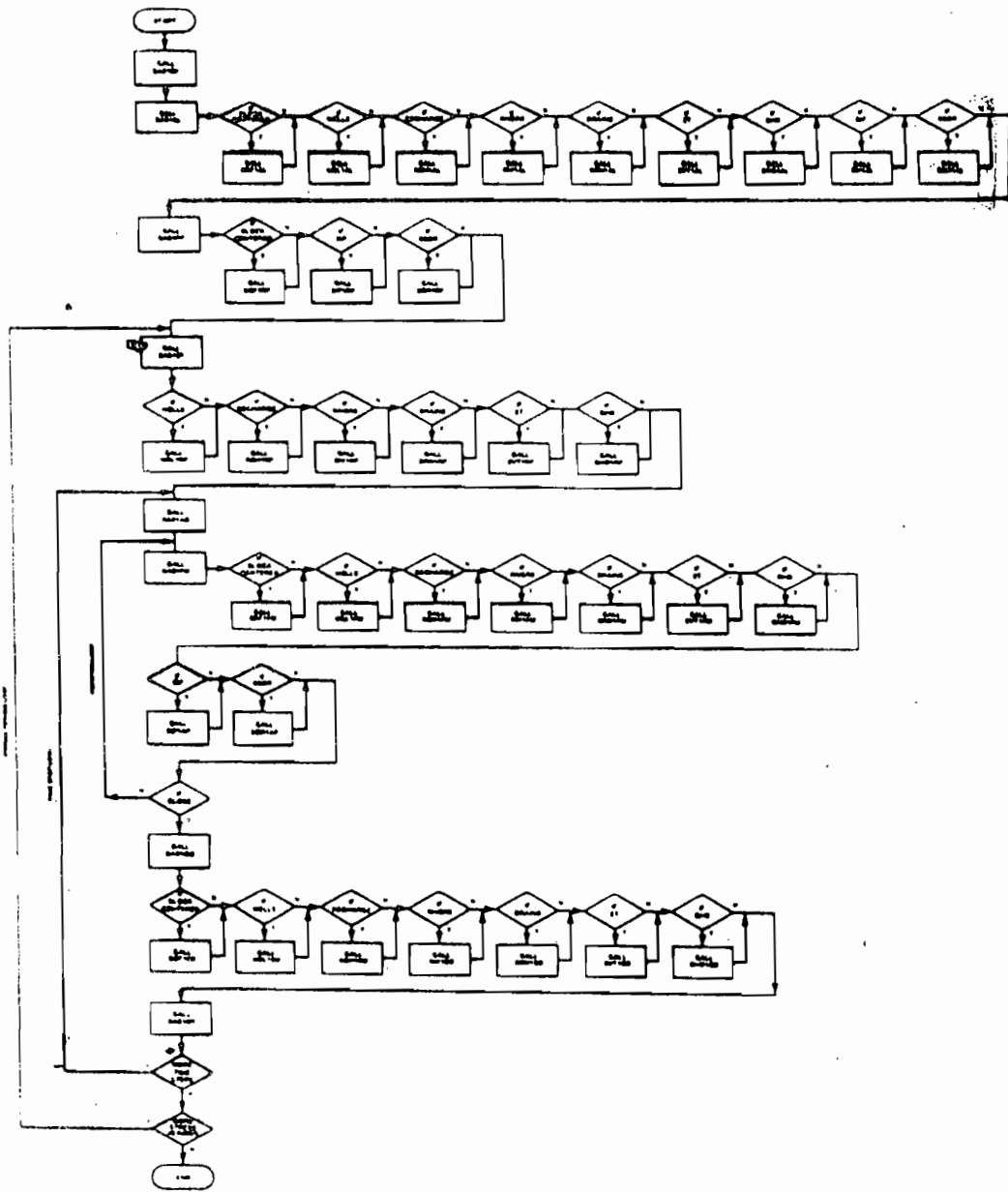


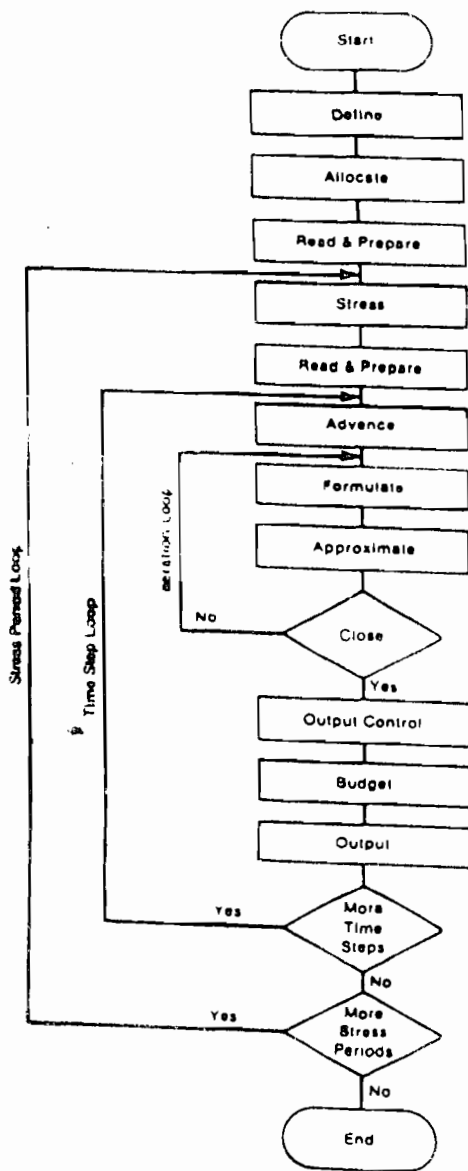
figure 4-5 : Structure du programme
 (tous les modules primaires
 sont montés).

du programme principal et comment les modules sont organisés en paquets et en procédures.

Les différentes procédures qui peuvent être exécutées pour une simulation typique sont montrées à la figure 4-6. La période de simulation est divisée en périodes de contrainte durant lesquelles les contraintes extérieures sont constantes. Chaque période de contrainte peut être divisée en une série de pas de temps.

Une méthode d'itération est utilisée pour résoudre les systèmes d'équations établis. Ainsi, à l'intérieur d'une simulation, il y a trois boucles imbriquées : une boucle de période de contrainte à l'intérieur de laquelle il y a une boucle de pas de temps qui, à son tour, contient une boucle d'itération. Chaque rectangle sur la figure est une procédure.

Chaque module constituant le programme est contenu dans une procédure. Par exemple, tous les modules qui forment des équations sont contenus dans la procédure de formulation. Ainsi, les modules peuvent être classés en procédures.



DEFINE -- Read data specifying number of rows, columns, layers, stress periods, and major program options.

ALLOCATE -- Allocate space in the computer to store data

READ AND PREPARE -- Read data which is constant throughout the simulation. Prepare the data by performing whatever calculations can be made at this stage

STRESS -- Determine the length of a stress period and calculate terms to divide stress periods into time steps

READ AND PREPARE -- Read data which changes from one stress period to the next. Prepare the data by performing whatever calculations can be made at this stage

ADVANCE -- Calculate length of time step and set heads at beginning of a new time step equal to heads calculated for the end of the previous time step.

FORMULATE -- Calculate the coefficients of the finite difference equations for each cell

APPROXIMATE -- Make one cut at approximating a solution to the system of finite difference equations.

OUTPUT CONTROL -- Determine whether results should be written or saved on disk for this time step. Send signals to the **BUDGET** and **OUTPUT** procedures to indicate exactly what information should be put out.

BUDGET -- Calculate terms for the overall volumetric budget and calculate and save cell-by-cell flow terms for each component of flow

OUTPUT -- Print and save heads, drawdown and overall volumetric budgets in accordance with signals from **OUTPUT CONTROL** procedure

Figure 4-6 : Division du programme en procédures

Le programme principal ne travaille pas. Il appelle les modules qui doivent faire un travail déterminé. Les modules qui sont appelés par le programme principal sont nommés modules primaires. Une autre classe de modules appelés modules secondaires sont appelés par des modules primaires ou d'autres modules secondaires.

4°) paquet principal

Ce paquet de modules s'occupe des tâches administratives du modèle. Les tâches principales sont la discrétisation de l'espace et du temps, la spécification des conditions initiales et des conditions aux limites, la spécification des options à utiliser, etc.

a) discrétisation de l'espace

Dans la méthode des différences finies, une grille rectiligne est utilisée pour diviser la région à étudier en lignes, colonnes et couches formant des cellules à faces rectangulaires.

Dans la plupart des cas, la stratigraphie du système n'est pas rectiligne. Ainsi, certaines cellules peuvent être constituées de différents types de couches géologiques. Ceci rend

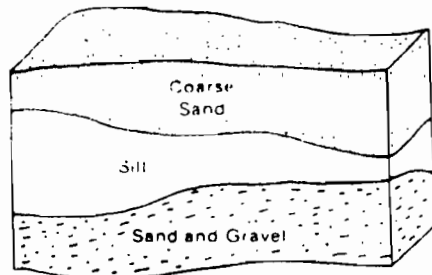
difficile la détermination des propriétés physiques à l'intérieur d'une cellule (figure 4-7)

6) Discrétisation du temps

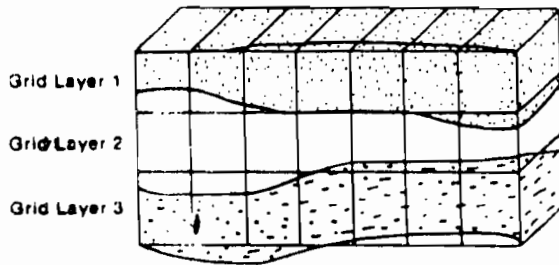
La période de simulation est divisée en périodes de contrainte. Ce sont des intervalles de temps durant lesquels les contraintes extérieures ne varient pas. Chaque période de contrainte est divisée en pas de temps. La durée de chaque période de contrainte est explicitement spécifiée par l'utilisateur. A l'intérieur d'une période de contrainte, les pas de temps forment des séries géométriques dont les paramètres sont la longueur de la période de contrainte, le multiplicateur choisi et le nombre de pas de temps dans la période de contrainte courante. Ces paramètres sont spécifiés par l'utilisateur.

5°) Bloc-centré

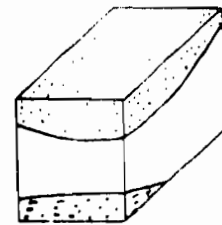
Les différents coefficients de l'équation (12) sont calculés dans ce paquet de modules. Les calculs sont effectués en tenant compte du fait que les nœuds sont situés au centre des cellules. C'est pourquoi le nom "bloc-centré" est donné à ce paquet de modules.



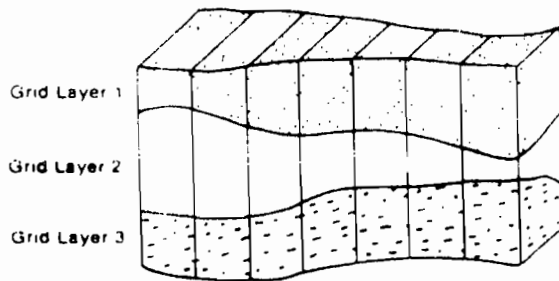
Aquifer Cross Section



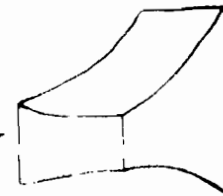
Aquifer Cross Section With Rectilinear Grid Superimposed



Cell Contains Material from Three Stratigraphic Units. All Faces Are Rectangles



Aquifer Cross Section With Deformed Grid Superimposed



Cell Contains Material from Only One Stratigraphic Unit. Faces Are Not Rectangles

Figure 4-7: Stratigraphie d'une cellule.

6°) Recharge

L'infiltration des précipitations efficaces s'exprime en terme d'unité de débit par unité de surface. Par exemple, elle peut s'exprimer en cm/s, mm/mois, etc.

Le débit volumique entrant dans une cellule est égal au débit d'infiltration multiplié par la section horizontale de la cellule. Il est exprimé par l'équation suivante :

$$QRCH_{i,j,k} = I_{i,j,k} \cdot DELR_j \cdot DELC_i \quad (13)$$

où

$I_{i,j,k}$ est débit d'infiltration (Lt^{-2}) ;

$DELR_j$ est la dimension de la cellule dans la direction des lignes ;

$DELC_i$ est la dimension de la cellule dans la direction des colonnes.

On peut noter que la recharge est indépendante de la charge hydraulique dans la cellule.

7°) Puits

Un puits de recharge peut être considéré comme une source d'eau indépendante de la charge dans la cellule. La décharge quant à elle est une recharge avec un débit négatif.

A chaque iteration, et pour chaque cellule variable contenant un puits de recharge, le debit est ajoute à l'accumulateur dans lequel $RHS_{i,j,k}$ est lu.

8°) Procédé fortement implicite

Ce procédé est une méthode itérative de résolution de grands systèmes d'équations linéaires simultanées.

Pour identifier plus facilement les coefficients du système d'équations, l'équation (12) est réarrangée de la façon suivante :

$$\begin{aligned} Z_{i,j,k} \cdot h_{i,j,k-1} + B_{i,j,k} \cdot h_{i-1,j,k} + D_{i,j,k} \cdot h_{i,j-1,k} \\ + E_{i,j,k} \cdot h_{i,j,k} + F_{i,j,k} \cdot h_{i,j+1,k} + H_{i,j,k} \cdot h_{i+1,j,k} \\ + S_{i,j,k} \cdot h_{i,j,k} = Q_{i,j,k} \end{aligned} \quad (14)$$

L'équation (14) peut être simplifiée en l'écrivant sous forme matricielle :

$$\bar{A} \bar{h} = \bar{q} \quad (15)$$

\bar{A} est une matrice carrée

\bar{h} et \bar{q} sont des vecteurs

On peut noter que \bar{A} a très peu d'éléments non nuls. On dit que \bar{A} est une matrice éparse (figure 4-8).

Dans le système d'équations défini par l'équation (15) certains coefficients sont égaux :

$$Z_{i,j,k} = S_{i,j,k-1} \quad (16)$$

$$B_{i,j,k} = H_{i-1,j,k} \quad (17)$$

$$D_{i,j,k} = F_{i,j-1,k} \quad (18)$$

Ainsi \bar{A} est une matrice symétrique (figure 4-9)

La méthode utilisée ici consiste à factoriser \bar{A} en deux matrices \bar{L} et \bar{U} telles que \bar{L} soit une matrice triangulaire inférieure et \bar{U} une matrice triangulaire supérieure (figure 4-10)

Même si \bar{A} est une matrice épaisse, \bar{L} et \bar{U} ne sont pas épaisses. Cela nécessite beaucoup d'espaces mémoires et de temps pour calculer les éléments non nuls des matrices \bar{L} et \bar{U} .

Pour faire à cette difficulté, on cherche une matrice \bar{B} telle que $\overline{A+B}$ soit proche de \bar{A} et que $\overline{A+B}$ soit factorisable en deux matrices épaisses \bar{L} et \bar{U} . Une fois cette matrice \bar{B} trouvée, le terme $\bar{B}\bar{h}$ est ajouté aux deux membres de l'équation (15). La nouvelle équation est :

$$\left(\overline{A+B}\right)\bar{h} = \bar{q} + \bar{B}\bar{h} \quad (19)$$

Une solution de l'équation (19) est aussi une solution de l'équation (15). Si le deuxième membre de l'équation (19) est connue, on peut, par substitution, résoudre cette équation. On peut

$E_{1,1,1}$	$F_{1,1,1}$	0	$H_{1,1,1}$	0	0	$S_{1,1,1}$	0	0	0	0	0
$F_{1,1,1}$	$E_{1,2,1}$	$F_{1,2,1}$	0	$H_{1,2,1}$	0	0	$S_{1,2,1}$	0	0	0	0
0	$F_{1,2,1}$	$E_{1,3,1}$	0	0	$H_{1,3,1}$	0	0	$S_{1,3,1}$	0	0	0
$H_{1,1,1}$	0	0	$E_{2,1,1}$	$F_{2,1,1}$	0	0	0	0	$S_{2,1,1}$	0	0
0	$H_{1,2,1}$	0	$F_{2,1,1}$	$E_{2,2,1}$	$F_{2,2,1}$	0	0	0	0	$S_{2,2,1}$	0
0	0	$H_{1,3,1}$	0	$F_{2,2,1}$	$E_{2,3,1}$	0	0	0	0	0	$S_{2,3,1}$
$S_{1,1,1}$	0	0	0	0	0	$E_{1,1,2}$	$F_{1,1,2}$	0	$H_{1,1,2}$	0	0
0	$S_{1,2,1}$	0	0	0	0	$F_{1,1,2}$	$E_{1,2,2}$	$F_{1,2,2}$	0	$H_{1,2,2}$	0
0	0	$S_{1,3,1}$	0	0	0	0	$F_{1,2,2}$	$E_{1,3,2}$	0	0	$H_{1,3,2}$
0	0	0	$S_{2,1,1}$	0	0	$H_{1,1,2}$	0	0	$E_{2,1,2}$	$F_{2,1,2}$	0
0	0	0	0	$S_{2,2,1}$	0	0	$H_{1,2,2}$	0	$F_{2,1,2}$	$E_{2,2,2}$	$F_{2,2,2}$
0	0	0	0	0	$S_{2,3,1}$	0	0	$H_{1,3,2}$	0	$F_{2,2,2}$	$E_{2,3,2}$

figure 4-9 : Matrice symétrique (2 lignes, 3 colonnes, 2 couches)

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ -1 & 1 & 2 \\ 3 & 2 & -2 \end{bmatrix} \begin{matrix} \bar{A} \\ \\ \end{matrix} \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \end{bmatrix} \begin{matrix} \bar{h} \\ \\ \end{matrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ -3 \end{bmatrix} \begin{matrix} \bar{q} \\ \\ \end{matrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 3 & 0 \\ 3 & -4 & -1 \end{bmatrix} \begin{matrix} \bar{L} \\ \\ \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{matrix} \bar{U} \\ \\ \end{matrix} \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \end{bmatrix} \begin{matrix} \bar{h} \\ \\ \end{matrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ -3 \end{bmatrix} \begin{matrix} \bar{q} \\ \\ \end{matrix}$$

figure 4-10 : Décomposition d'une matrice en matrices triangulaires inférieure et supérieure

approximer le second membre de la façon qui suit :

$$\left(\overline{A+B}\right) \bar{h}^m = \bar{q} + \bar{B} \bar{h}^{m-1} \quad (20)$$

\bar{h}^m et \bar{h}^{m-1} ont été définis dans le deuxième paragraphe de ce chapitre.

Pour réduire les erreurs d'approximation, on peut soustraire $\left(\overline{A+B}\right) \bar{h}^{m-1}$ des deux côtés de l'équation (20). On obtient :

$$\left(\overline{A+B}\right) (\bar{h}^m - \bar{h}^{m-1}) = \bar{q} - \bar{A} \bar{h}^{m-1} \quad (21)$$

En remplaçant $\overline{A+B}$ par le produit \overline{LU} , on a :

$$\overline{LU} (\bar{h}^m - \bar{h}^{m-1}) = \bar{q} - \bar{A} \bar{h}^{m-1} \quad (22)$$

En définissant \overline{RES}^m par :

$$\overline{RES}^m = \bar{q} - \bar{A} \bar{h}^{m-1} \quad (23) ,$$

l'équation (22) peut être réduite à :

$$\overline{LU} (\bar{h}^m - \bar{h}^{m-1}) = \overline{RES}^m \quad (24)$$

Ainsi, la résolution de l'équation (15) se réduit à la résolution par itération de l'équation (24).

Pour plus de détails dans la résolution de l'équation (24), nous conseillons au lecteur de se reporter au manuel cité au début de ce chapitre.

9°) Remarque

On peut noter ici que les parties du manuel qui n'ont pas de rapport direct avec notre étude ont été ignorées.

Pour plus de renseignements sur le logiciel, le lecteur est conseillé de se reporter au document intitulé "A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model". Ce dernier est disponible à la bibliothèque de l'école Polytechnique de Thiès.

Chapitre 5 : Résolution numérique d'un cas particulier

1°) Introduction

Le cas qui est étudié ici est celui de la nappe d'Abidjan. Elle se situe dans les sables tertiaires du bassin sédimentaire côtier de la Côte d'Ivoire.

Depuis son origine, la ville d'Abidjan tire ses ressources en eau des sables du continental terminal sur lesquels elle est bâtie.

La croissance rapide de l'agglomération d'Abidjan a rendu nécessaire une évaluation précise des ressources disponibles pour assurer son alimentation en eau. Cette évaluation peut se faire à l'aide d'un modèle mathématique.

L'étude que nous entreprenons de faire ici, consiste à tester le modèle présenté au chapitre 4 sur un cas d'application correspondant à une situation réelle. Il s'agira de vérifier la validité des calculs effectués en adoptant une époque où le comportement de la nappe a été observé.

La période allant du 1^{er} juillet 1977 au

31 Décembre 1978 constitue notre période d'étude

2°) Présentation physique du milieu et schéma du maillage

Le domaine étudié est présenté aux figures 5-1 et 5-2. Il s'étend sur une distance de 10 à 15 km de part et d'autre d'Abidjan. Ses dimensions sont de 30 km d'Ouest en Est et de 22 km du Nord au Sud.

Au nord, au sud et au centre-est, des cours d'eau bordent le domaine d'étude. Ces cours d'eau définissent des limites à charge imposée.

Les différentes conditions aux limites (limites à charge imposée, limites à flux nul) sont montrées dans le détail à la figure 5-2.

Les nœuds sont définis par les points d'intersection des lignes constituant le maillage.

3°) Paramètres hydrodynamiques

En 1978, le groupement SCET-Ivoire/SCET-International/HOLFELDER/SODECI a effectué les séries de réglages sur cette nappe. De cette étude, a débouché l'établissement des différents paramètres hydrodynamiques.

a) La transmissivité

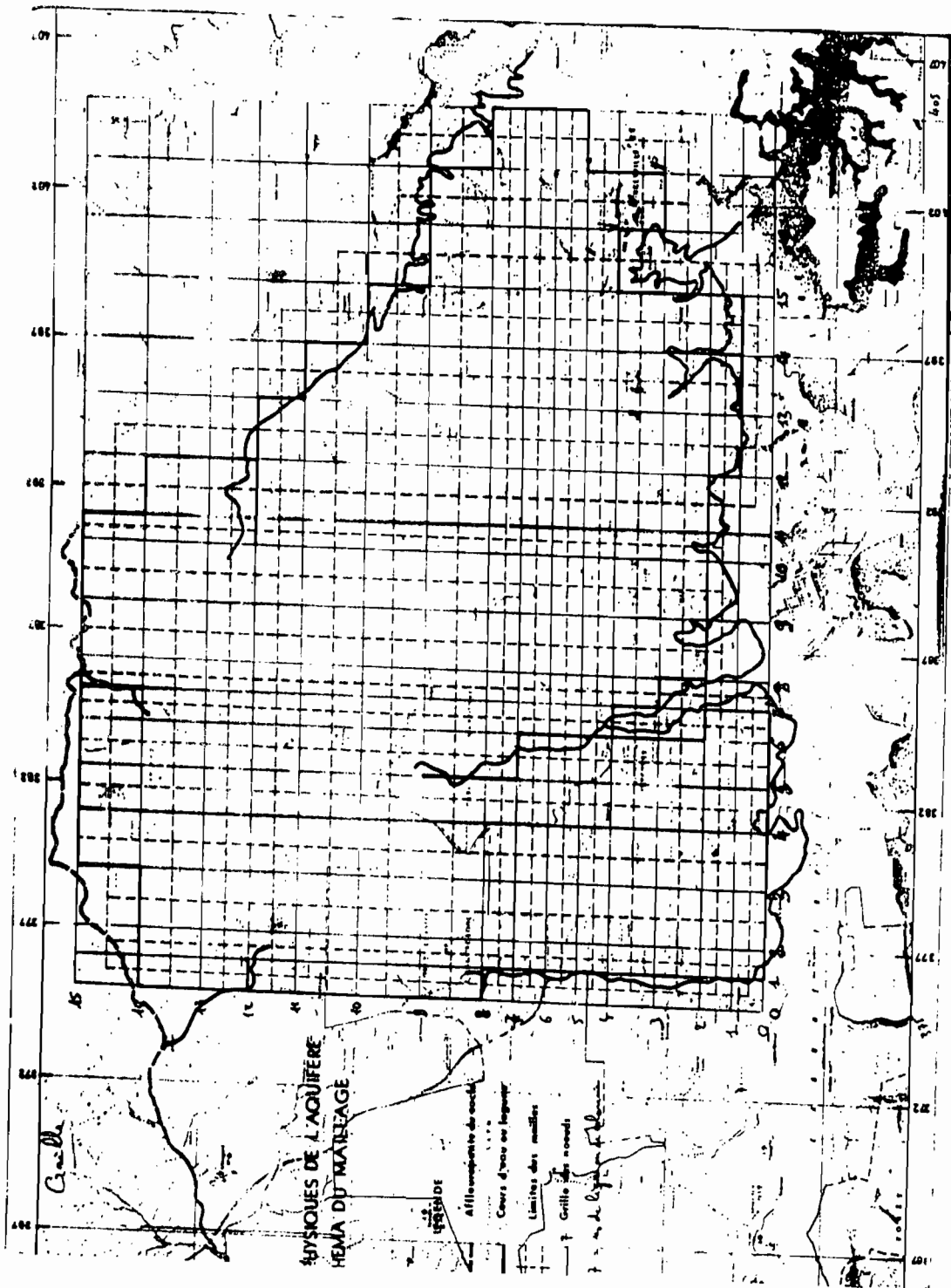
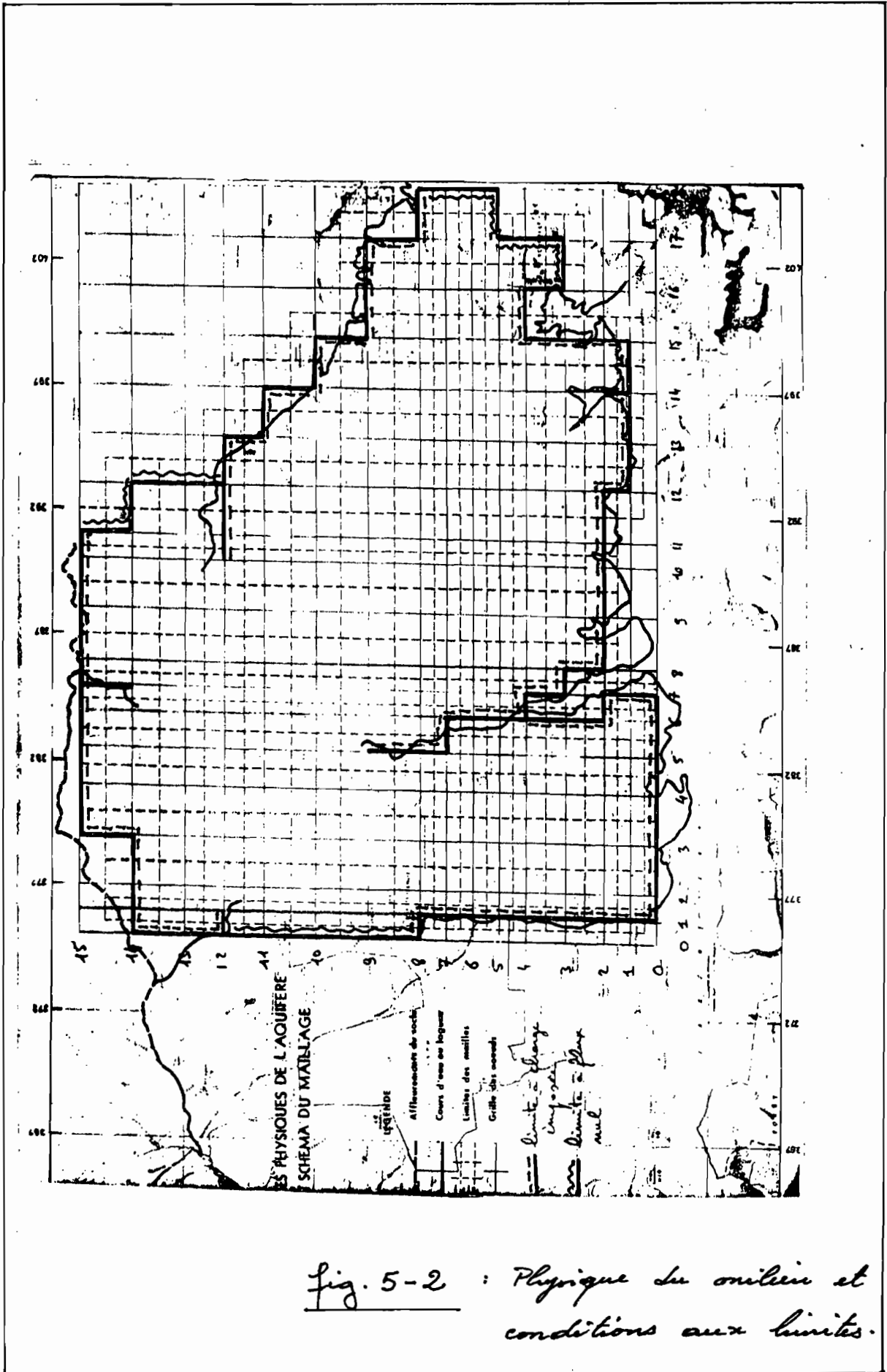


fig. 5-1 : Physique du milieu
et schéma du maillage



Les transmissivités connues sont celles qui sont dans l'espace entre deux nœuds. Elles sont issues d'un réglage qui a pris fin le 31 Décembre 1978.

Les autres paramètres hydrodynamiques sont connus aux différents nœuds du domaine maillé.

On doit chercher à déterminer les valeurs de transmissivité à ces nœuds.

A la figure 5-3 de la page suivante, nous avons représenté un schéma de maillage. Sur cette figure, nous avons hachuré la maille correspondant au nœud i, j (formulation du point centre).

A partir des transmissivités connues entre le nœud i, j et les quatre nœuds adjacents, nous allons essayer de déterminer les transmissivités moyennes (direction x et direction y) dans la maille i, j .

Pour ce faire, nous avons appliqué l'équation de Darcy plusieurs fois dans la maille hachurée. Les détails des calculs sont montrés à partir de la page 56. Les significations des paramètres utilisés sont données en fin de calcul.

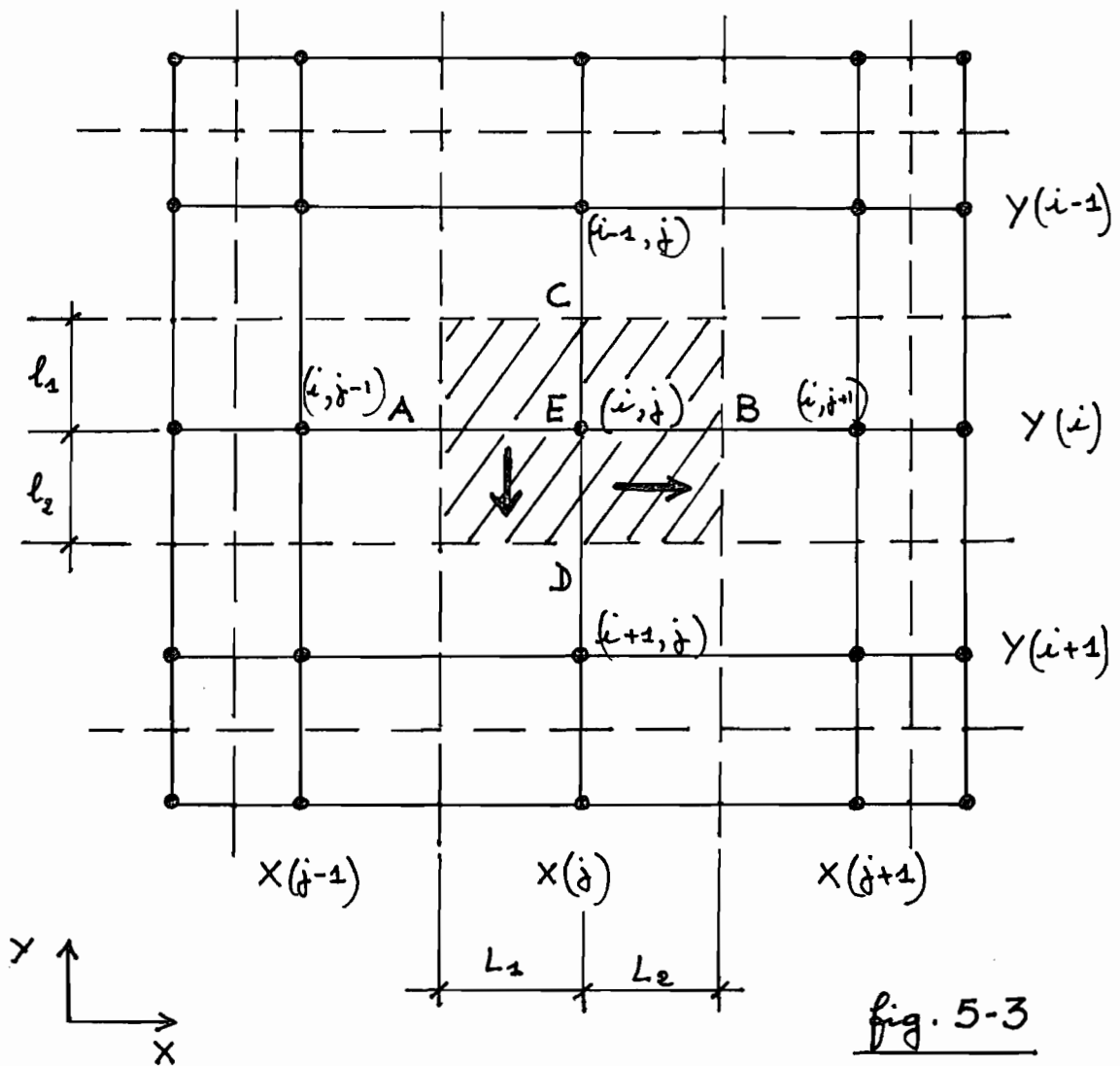


fig. 5-3

$$l_1 + l_2 = l \quad ; \quad L_1 + L_2 = L$$

$$l_1 = [Y(i-1) - Y(i)] / 2$$

$$l_2 = [Y(i) - Y(i+1)] / 2$$

$$L_1 = [X(j) - X(j-1)] / 2$$

$$L_2 = [X(j+1) - X(j)] / 2$$

$$T_{x1} = TRX(i, j-1) \quad ; \quad T_{y1} = TRY(i, j)$$

$$T_{x2} = TRX(i, j) \quad ; \quad T_{y2} = TRY(i+1, j)$$

TRX et TRY définissent les transmissivités entre les nœuds.

- Direction x

$$\begin{cases} Q_{x1} = T_{x1} \cdot l \cdot \frac{\Delta h_{x1}}{L_1} \\ Q_{x2} = T_{x2} \cdot l \cdot \frac{\Delta h_{x2}}{L_2} \\ Q_x = T_x \cdot l \cdot \frac{\Delta h_x}{L} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \Delta h_{x1} = \frac{Q_{x1} \cdot L_1}{T_{x1} \cdot l} \\ \Delta h_{x2} = \frac{Q_{x2} \cdot L_2}{T_{x2} \cdot l} \\ \Delta h_x = \frac{Q_x \cdot L}{T_x \cdot l} \end{cases}$$

$$\begin{cases} Q_x = Q_{x1} = Q_{x2} \\ \Delta h_{x1} + \Delta h_{x2} = \Delta h_x \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{Q_x \cdot L_1}{T_{x1} \cdot l} + \frac{Q_x \cdot L_2}{T_{x2} \cdot l} = \frac{Q_x \cdot L}{T_x \cdot l}$$

$$\Rightarrow \frac{L_1}{T_{x1}} + \frac{L_2}{T_{x2}} = \frac{L}{T_x}$$

$$\text{Soll } T_x = \frac{T_{x1} \cdot T_{x2} \cdot L}{L_1 \cdot T_{x2} + L_2 \cdot T_{x1}}$$

$Q_{x1} = Q_{x2} = Q_x$ est le débit qui passe dans le tronçon AEB (fig. 5-3).

T_{x1} est la transmissivité dans le tronçon AE

T_{x2} est la transmissivité dans le tronçon EB

T_x est la transmissivité dans le tronçon AB c'est-à-dire la transmissivité dans la maille (i, j) . D'après la formulation du point-centré, c'est la transmissivité au nœud (i, j) dans la direction x .

Δh_{x1} est la perte de charge dans le tronçon AE.

Δh_{x2} est la perte de charge dans le tronçon EB.

Δh_x est la perte de charge dans le tronçon AB
- Direction Y

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{y1} = T_{y1} \cdot L \cdot \frac{\Delta h_{y1}}{l_1} \\ Q_{y2} = T_{y2} \cdot L \cdot \frac{\Delta h_{y2}}{l_2} \\ Q_y = T_y \cdot L \cdot \frac{\Delta h_y}{l} \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \Delta h_{y1} = \frac{Q_{y1} \cdot l_1}{T_{y1} \cdot L} \\ \Delta h_{y2} = \frac{Q_{y2} \cdot l_2}{T_{y2} \cdot L} \\ \Delta h_y = \frac{Q_y \cdot l}{T_y \cdot L} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Delta h_{y1} + \Delta h_{y2} = \Delta h_y \\ Q_{y1} = Q_{y2} = Q_y \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{Q_y \cdot l_1}{T_{y1} \cdot L} + \frac{Q_y \cdot l_2}{T_{y2} \cdot L} = \frac{Q_y \cdot l}{T_y \cdot L}$$

$$\text{Soit } T_y = \frac{T_{y1} \cdot T_{y2} \cdot l}{l_1 \cdot T_{y2} + l_2 \cdot T_{y1}}$$

$Q_{y1} = Q_{y2} = Q_y$ est le débit qui passe dans le tronçon CED.

T_{y1} est la transmissivité dans le tronçon CE

T_{y2} est la transmissivité dans le tronçon ED

T_y est la transmissivité dans le tronçon CD. C'est la transmissivité au nœud (i,j) dans la direction Y.

Δh_{y1} est la perte de charge dans le tronçon CE.

Δh_{y2} est la perte de charge dans le tronçon ED

Δh_y est la perte de charge dans le tronçon CD.

- Remarque

Les calculs de transmissivité aux différents nœuds du maillage sont effectués par un programme en langage Fortran que nous avons développé à l'annexe 1

b) Le coefficient de perméabilité

Pour une nappe libre, le programme lit le coefficient de perméabilité et non la transmissivité.

Le coefficient de perméabilité au nœud (i, j) est donné par :

$$HY_{i,j} = TR_{i,j} / (H_{i,j} - B_{ot_{i,j}})$$

avec $H_{i,j} > B_{ot_{i,j}}$

où

$HY_{i,j}$ est le coefficient de perméabilité au nœud (i, j)

$TR_{i,j}$ est la transmissivité au nœud (i, j)

$H_{i,j}$ est la charge hydraulique au nœud (i, j) et

$Bot_{i,j}$ est l'élevation du fond de l'aquifère au nœud (i, j) .

Les différentes valeurs de perméabilité sont calculées par le programme de l'annexe 1

c) Le coefficient d'emmagasinement

Le coefficient d'emmagasinement varie beaucoup dans le détail. En effet, suivant la sédimentation, on peut avoir côte à côte une surface libre dans une couche de sable et une mise en charge locale de la nappe sous une lentille argileuse.

Les valeurs du coefficient d'emmagasinement sont connues pour chaque nœud du maillage.

4°) Périodes de contrainte

Rappelons qu'une période de contrainte est un intervalle de temps pendant lequel les contraintes extérieures sont constantes. Par exemple un intervalle de temps dans lequel les débits d'exploitation de la nappe, les débits d'infiltration, etc., sont constants est une période de contrainte.

Entre le 1^{er} juillet 1977 et le 31 Dé-

cembre 1978, on a dix-huit périodes de contrainte. Ces périodes sont définies par la recharge et l'exploitation de la nappe.

Ces périodes sont :

Période 1 : du 01-07-77 (instant initial)
au 31-07-77

Période 2 : du 31-07-77 au 31-08-77

Période 3 : du 31-08-77 au 30-09-77

Période 4 : du 30-09-77 au 31-10-77

Période 5 : du 31-10-77 au 30-11-77

Période 6 : du 30-11-77 au 31-12-77

Période 7 : du 31-12-77 au 31-01-78

Période 8 : du 31-01-78 au 28-02-78

Période 9 : du 28-02-78 au 31-03-78

Période 10 : du 31-03-78 au 30-04-78

Période 11 : du 30-04-78 au 31-05-78

Période 12 : du 31-05-78 au 30-06-78

Période 13 : du 30-06-78 au 31-07-78

Période 14 : du 31-07-78 au 31-08-78

Période 15 : du 31-08-78 au 30-09-78

Période 16 : du 30-09-78 au 31-10-78

Période 17 : du 31-10-78 au 30-11-78

Période 18 : du 30-11-78 au 31-12-78 (instant final).

5°) Exploitation de la nappe

Le maillage représenté à la figure 5-4 montre les différentes positions de pompage.

Plusieurs forages d'exploitation peuvent être représentés par une seule position de pompage. En effet, tous les pompages effectués à l'intérieur d'une même maille sont représentés au nœud correspondant.

Le pompage est continu pour toute la durée de la simulation.

Parmi les neuf positions de pompage représentées, seulement six sont actives durant les huit premières périodes de contrainte. Les trois autres sont actives à partir de la neuvième période de contrainte.

6°) Alimentation de la nappe

L'alimentation de la nappe dépend des facteurs suivants :

- les précipitations
- le ruissellement
- l'évapotranspiration

Les débits d'infiltration obtenus ont été évalués d'après le bilan classique suivant :

$$\text{Infiltration profonde} = \text{Précipitation} - \text{Ruissellement}$$

- Evapotranspiration .

Les différents débits d'infiltration sont connus à chaque nœud et pour chaque période de contrainte.

7°) Ententes du maillage

Le maillage représenté à la figure 5-1 est conforme à la formulation du point-centré présentée au chapitre précédent. Pour déterminer les mailles correspondant à chaque nœud, on trace des lignes situées à mi-distance des nœuds. Les figures délimitées par ces lignes et contenant un nœud constituent des mailles (fig. 5.5).

Cependant, pour calculer les coefficients de l'équation (12), le seul paquet de modules disponible est conforme à la formulation du bloc-centré. Dans cette technique, les mailles doivent être rectangulaires. Or, certaines des mailles obtenues ne sont pas des rectangles. Il faut donc les diviser en rectangles de telle sorte que l'on n'ait que des mailles rectangulaires.

Le maillage final proposé est montré à la figure 5-6. Il faut noter que les nœuds sont représentés au milieu des mailles conformément à la formulation du bloc-centré.

Extension du maillage

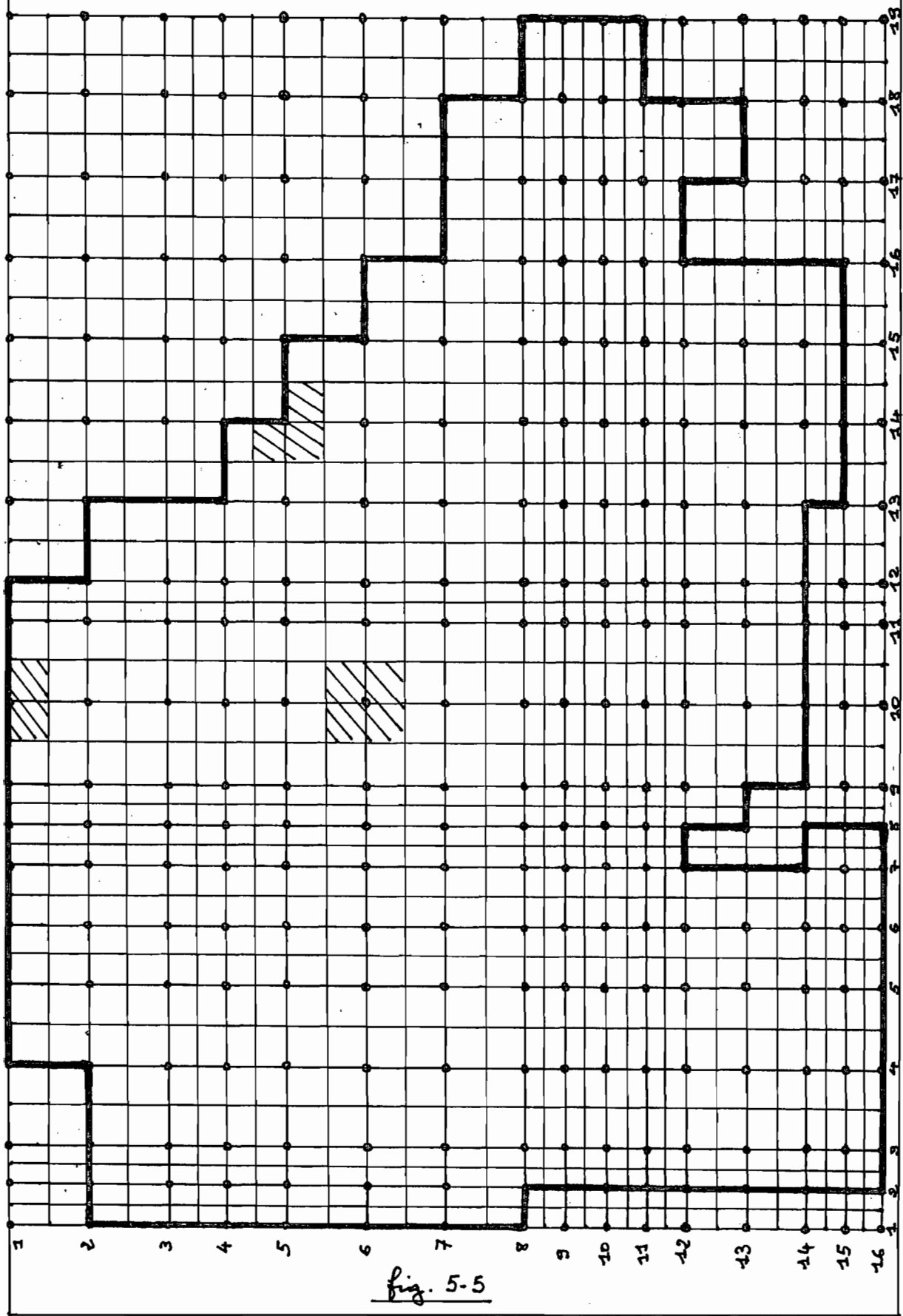


fig. 5-5

Par conséquent, les charges qui seront trouvées correspondront aux nœuds actuels et non aux nœuds présentés initialement. Cependant, on considère que les propriétés hydrauliques des nœuds initiaux seront étudiées avec différentes mailles résultantes.

8°) Modifications apportées au programme

Nous avons apporté des modifications au programme pour les besoins de notre travail. Le programme considère que le coefficient de perméabilité suivant x est proportionnel au coefficient de perméabilité suivant y à l'intérieur d'une même couche. Tel n'est pas le cas pour le problème que nous devons résoudre. En effet, le domaine considéré est hétérogène et anisotrope. Il faut donc faire de telle sorte que le rapport d'anisotropie soit le pour chaque maille et non pour chaque couche. Ces modifications sont montrées à l'annexe 2.

9°) Résultats obtenus

Nous avons exécuté le programme pour une simulation contenant les dix-huit périodes de contrainte. Les hauteurs de charge calculées sont imprimées à la fin de chaque période de

contrainte.

Les valeurs entrées (coefficient de perméabilité, coefficient d'emmagasinement, etc.) et les charges hydrauliques obtenues à la fin de la simulation sont montrées à l'annexe 3.

Chapitre 6 : Discussions et Recommandations

1°) Comparaison des résultats obtenus avec les observations piézométriques

L'objectif de notre étude est de pouvoir comparer les charges hydrauliques calculées à la fin de la simulation et les hauteurs de charge observées sur le terrain à la date du 31 Décembre 1978. Les valeurs de charge hydraulique à cette date sont montrées à l'annexe 4.

Comme méthode de comparaison, nous avons choisi de faire des graphiques. Ainsi, pour une ligne donnée du maillage, on trace sur un même système d'axes rectangulaires, les courbes de charge réelle et calculée en fonction de la position géographique des nœuds. On peut noter que l'on peut choisir aussi bien des lignes que des colonnes.

Sur les figures 6-1, 6-2 et 6-3, on peut voir les graphiques correspondant respectivement aux lignes 3, 10 et 15. Sur ces figures, on voit que les charges calculées donnent une assez bonne représentation de la réalité. On peut parfois noter des variations maximales de

LIGNE 3

70

CHARGES

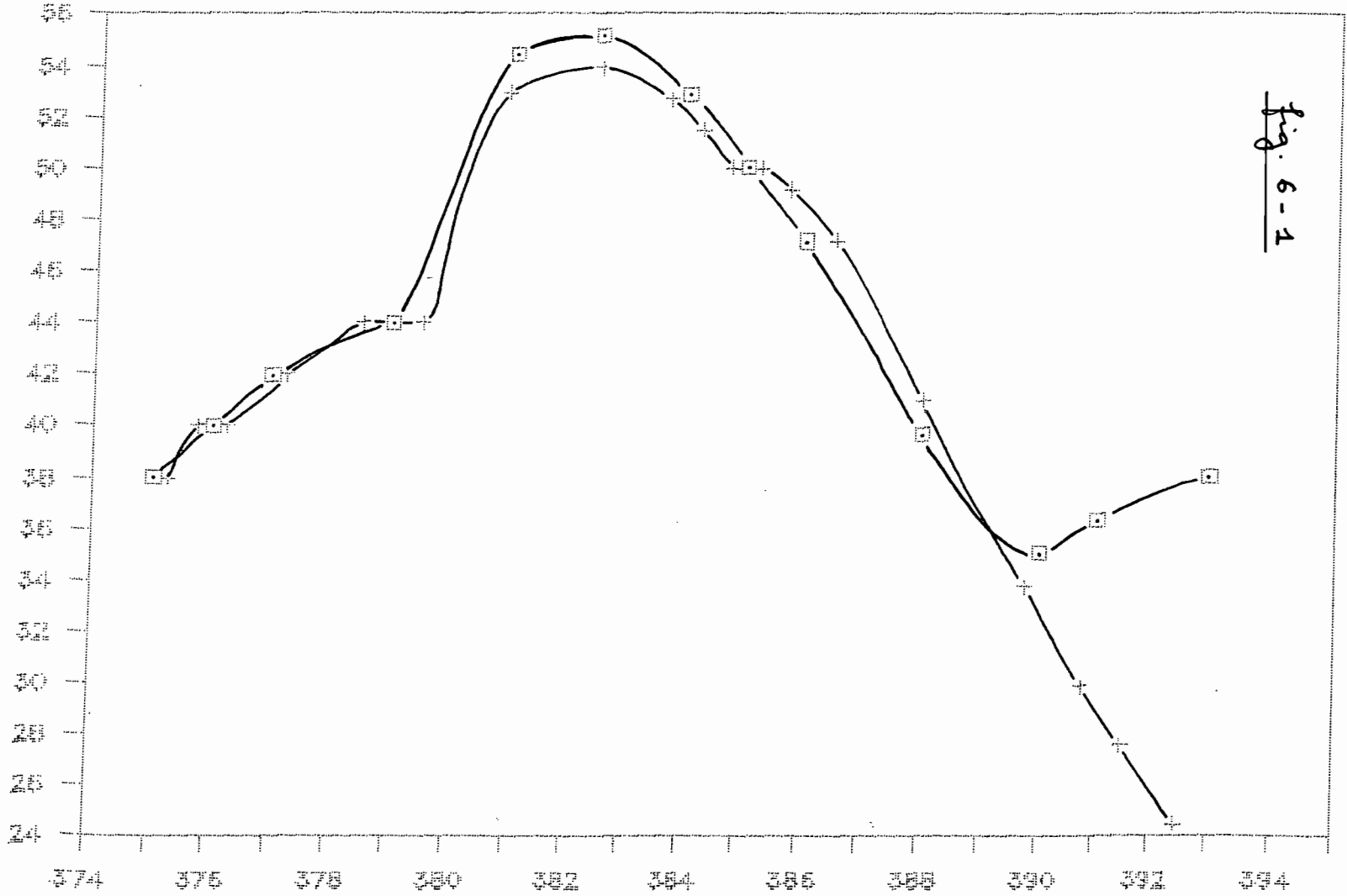


Fig. 6-1

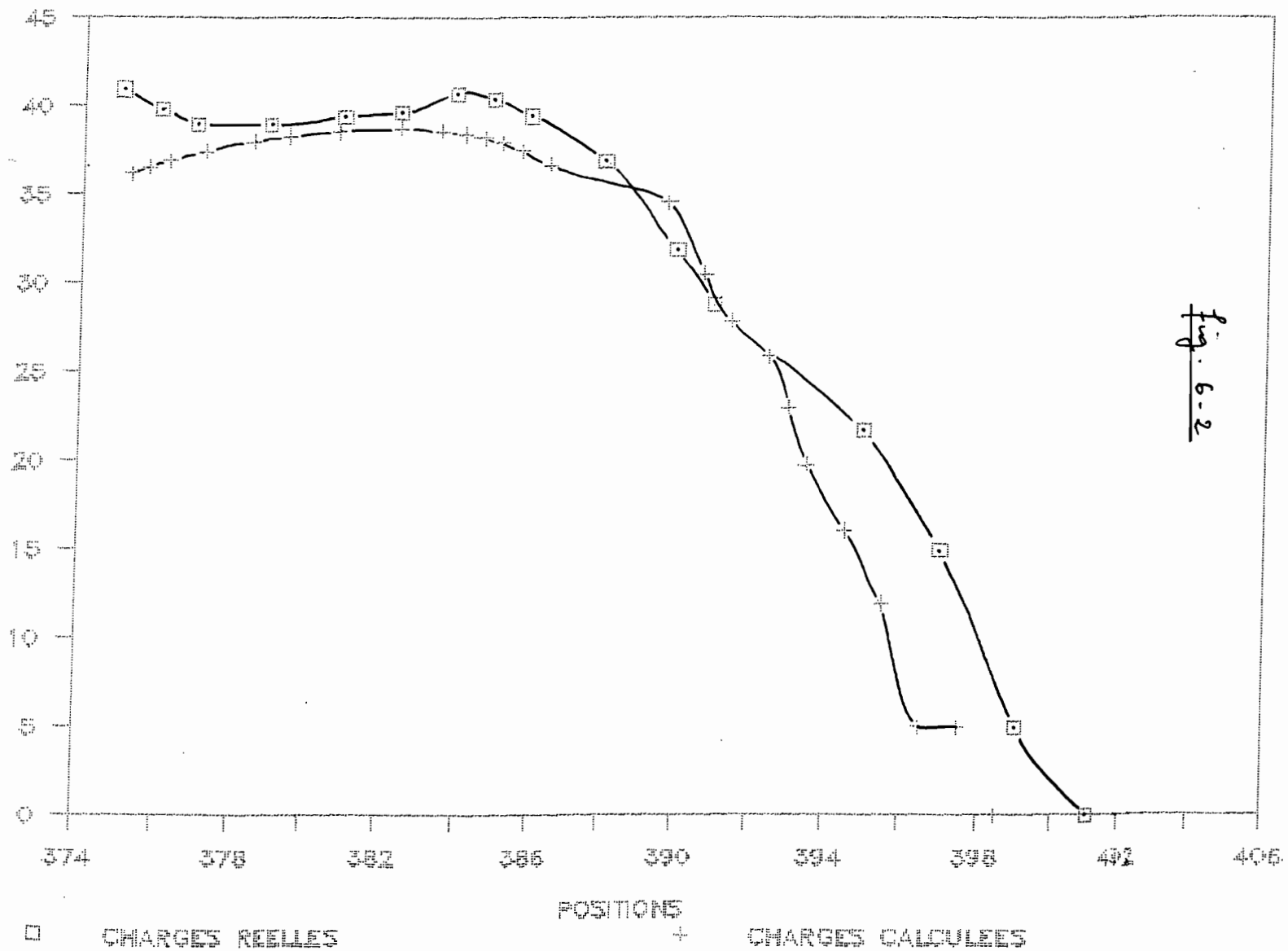
□ CHARGES RÉELLES

POSITIONS

+ CHARGES CALCULÉES

LIGNE 10

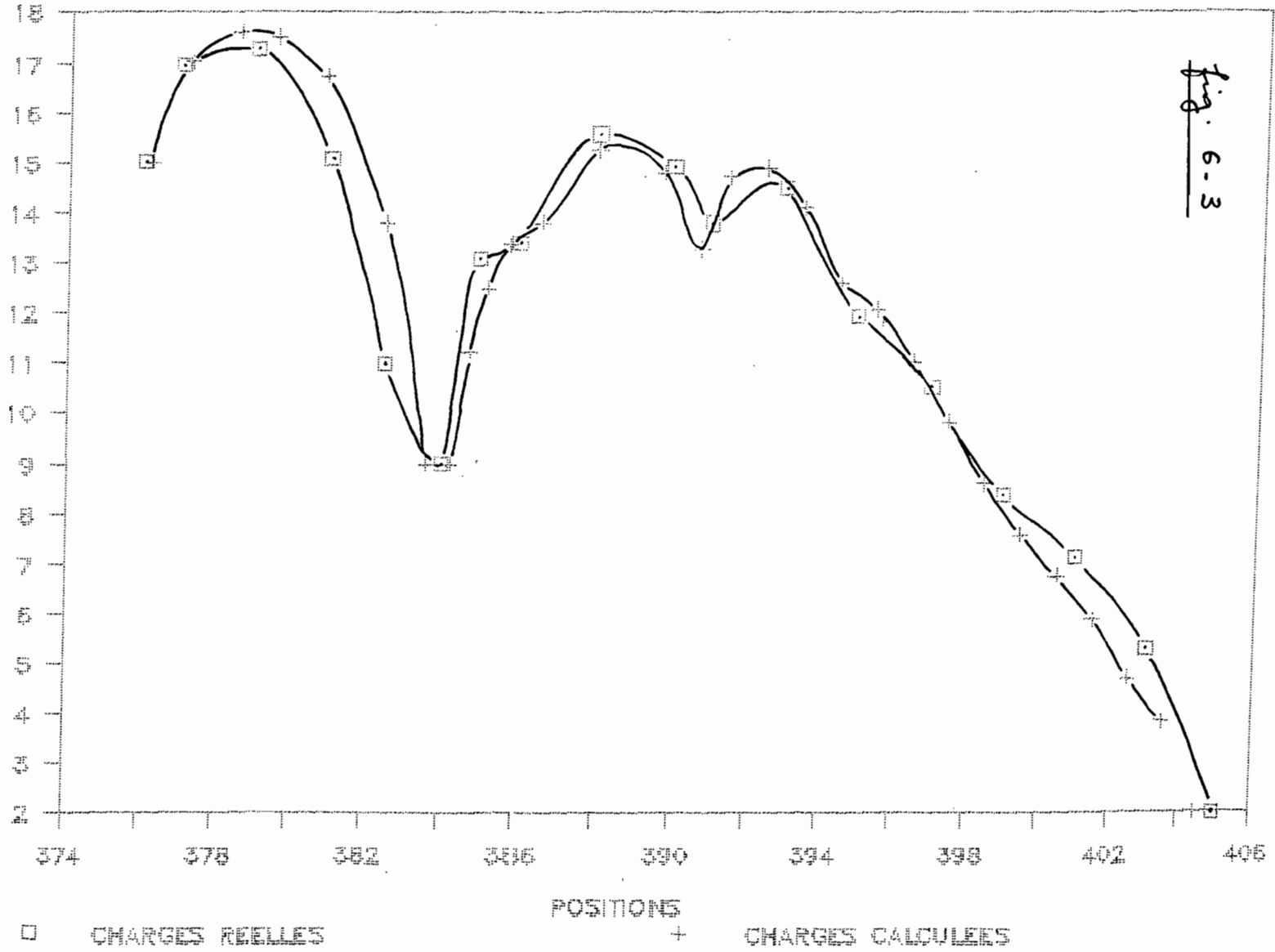
CHARGES



LIGNE 15

Fig. 6-3

CHARGES



l'ordre de 50 centimètres

Cependant, on note des déviations considérables vers les endroits où sont fixées les conditions de flux nul. C'est le cas de la ligne 3 (figure 6-1) et de la ligne 10 (figure 6-2) tout à fait à droite dans la zone d'écoulement. Dans ces positions, on peut avoir des différences atteignant 10 mètres. Ces différences non négligeables sont dues aux différentes erreurs commises lors de la fixation des différentes conditions aux limites.

Il convient de souligner que la détermination des conditions aux limites est la phase la plus complexe, la plus délicate de la modélisation physique. Et elle requiert une présence sur le terrain pour être en mesure de faire des choix judicieux.

Enfin, on peut noter que dans ces zones de grandes variations, les valeurs calculées sont systématiquement inférieures aux valeurs réelles. Ce qui veut dire que la lame d'eau disponible dans la réalité est plus importante que celle qui est prédite par le modèle. On peut donc dire que les prévisions fournies

par le modèle sont pessimistes, donc sécuritaires.

2°) Prévisions d'exploitation

Le modèle mathématique aux différences finies présenté au chapitre 4 et testé au chapitre 5 est maintenant capable de calculer l'évolution de la nappe dans l'espace et dans le temps.

La connaissance anticipée de la piézométrie n'est pas possible. Il faut donc choisir une pluviométrie plausible pour toute la période sur laquelle portera la simulation.

Cependant, on peut reconstituer une série pluviométrique fictive par corrélation avec des postes plus ou moins éloignés lorsque l'on dispose d'une loi de probabilité.

Le débit total qui doit être entrainé de la nappe découle des besoins exprimés. Il faut cependant ajuster la répartition des pompages de façon à minimiser le rabattement de la nappe, les coûts d'investissement et les coûts d'exploitation.

3°) Limites intrinsèques au modèle

Dans ce paragraphe, nous présentons des limites générales liées à la conception du

modèle. Bien entendu ces problèmes n'ont pas été rencontrés lors de la résolution numérique du cas de la nappe d'Abidjan.

Le système d'aquifère est discrétisé en parallélépipèdes. Les parallélépipèdes résultent d'un découpage du domaine en lignes, colonnes et couches.

Lorsqu'une nappe libre est divisée en plusieurs couches, il peut arriver que la surface piézométrique traverse plusieurs de ces couches. Dans ce cas, les cellules non saturées sont considérées comme étant inactives pendant toute la durée de la simulation. Dans de telles situations, les fluctuations de la surface piézométrique peuvent ne pas être tenues en compte par le modèle. Cependant, ce problème peut être surmonté en simulant une nappe libre par une seule couche.

D'autre part, si la charge hydraulique en un point donné, tombe en dessous de l'élévation du substratum en dessous de ce point, la cellule correspondante est transformée en cellule inactive pendant tout le reste de la simulation. Ceci peut générer des erreurs dans

les cas où la cellule peut être saturée pendant les périodes de contrainte suivantes (on peut prendre comme exemple les cas particuliers d'une recharge ou d'un arrêt de pompage).

Les charges obtenues à la fin d'une itération peuvent être de loin inférieures aux valeurs obtenues à la fin du pas de temps courant. Ces valeurs intermédiaires peuvent être inférieures à l'élevation du fond de l'aquifère pour un nœud donné. Dans cette situation, la cellule considérée est transformée en une cellule inactive alors que la charge finale correspondante peut être très supérieure à l'élevation du fond.

Il faut noter que dans les deux cas précédents (cas où la charge peut être inférieure à l'élevation du substratum), contourner le problème s'avère difficile, voire impossible. Ce qui fait que celui-ci demeure une limitation réelle du modèle.

Chapitre 7: Conclusion

Le modèle de simulation 'étudié' a été appliqué sur la nappe libre d'Abidjan (Côte d'Ivoire). Nous avons tenté de tester le modèle sur cette nappe entre le 1^{er} Juillet 1977 et le 31 Décembre 1978. Les niveaux d'eau observés le 1^{er} juillet 1977 ont été introduits comme conditions initiales. Les niveaux d'eau observés le 31 Décembre 1978 ont été utilisés comme valeurs de comparaison avec les charges calculées à la même date.

À l'issue des comparaisons, on s'est rendu compte que le modèle donne une assez bonne représentation de la réalité'. Par conséquent, il peut être utilisé comme moyen de prévision des fluctuations des niveaux d'eau pour la nappe étudiée. Cependant, il faut beaucoup de précaution dans la détermination des différentes conditions aux limites. Ceci pourra certainement, réduire les écarts obtenus entre les valeurs calculées par le modèle et les valeurs observées sur le terrain.

Pour l'implantation du logiciel au centre

de calcul de l'École Polytechnique de Liège, nous pensons qu'une seule application numérique est insuffisante pour se prononcer définitivement. Il faut donc étudier les possibilités de faire d'autres applications sur des aquifères ou systèmes d'aquifères ayant des caractéristiques plus générales ou différentes de celles de la nappe d'Abidjan (modèle multi-couches, évapotranspiration, cours d'eau, drains, etc.). Mais nous pouvons déjà dire que l'appréciation que nous donnons au modèle est pour le moment très positive.

ANNEXES.

Annexe 1

Calcul du coefficient de perméabilité et du rapport $\frac{T_y}{T_x}$

L'annexe 1 présente :

- le programme calcul (listing).
Ce programme calcule les valeurs de transmissivité aux nœuds dans les deux directions, le coefficient de perméabilité à chaque nœud dans la direction x .
- les transmissivités entre nœuds dans la direction x
- les transmissivités entre nœuds dans la direction y
- les transmissivités aux nœuds dans la direction x
- les transmissivités aux nœuds dans la direction y
- les coefficients de perméabilité dans la direction x
- les rapports d'anisotropie horizontale T_y/T_x .

```

else if (j.eq.19) then
tx(i,j)=trx(i,j-1)
else if ((trx(i,j).eq.0) .and. (trx(i,j-1).eq.0)) then
tx(i,j)=0
else if (trx(i,j).eq.0) then
tx(i,j)=trx(i,j-1)
else if (trx(i,j-1).eq.0) then
tx(i,j)=trx(i,j)
else
zlx1=(x(j)-x(j-1))/2
zlx2=(x(j+1)-x(j))/2
tx1=trx(i,j-1)
tx2=trx(i,j)
tx(i,j)=tx1*tx2*(zlx1+zlx2)/(zlx1*tx2+zlx2*tx1)
end if
c calcul des permeabilites aux noeuds direction x
if (h78(i,j).le.bot(i,j)) then
perx(i,j)=0
else
perx(i,j)=tx(i,j)/(h78(i,j)-bot(i,j))
end if
c calcul des rapports d'anisotropie aux noeuds
if (tx(i,j).eq.0) then
trpy(i,j)=0
else
trpy(i,j)=ty(i,j)/tx(i,j)
end if
20 continue
10 continue
c ecriture des valeurs lues
write(15,400)
400 format(1x,'TRANSMISSIVITES ENTRE NOEUDS Y')
write(15,410) ((trx(i,j),j=1,18),i=1,16)
410 format(18(1x,f4.3))
write(15,420)
420 format('*****')
write(15,430)
430 format(1x,'TRANSMISSIVITES ENTRE NOEUDS Y')
write(15,440) ((trpy(i,j),j=1,19),i=2,16)
440 format(19(1x,f4.3))
write(15,420)
write(15,450)
450 format(1x,'CHARGE HYDRAULIQUE AN 78')
write(15,460) ((h78(i,j),j=1,19),i=1,16)
460 format(19(1x,f5.2))
write(15,420)

```

```

write(15,470)
470 format(1x,'ELEVATION DU FOND DE L"ADUIFERE AUX NOEUDS')
write(15,480) ((bot(i,j),j=1,19),i=1,16)
480 format(19(1x,f5.0))
write(15,420)
write(15,490)
490 format(1x,'COORDONNEES DES NOEUDS X/Y')
write(15,500) (x(j),j=1,19),(y(i),i=1,16)
500 format(19(1x,f5.1))
write(15,420)
c-----
ecriture des valeurs calculees
write(15,150)
150 format(1x,'TRANSMISSIVITE X')
write(15,440) ((tx(i,j),j=1,19),i=1,16)
write(15,420)
write(15,180)
180 format(1x,'TRANSMISSIVITE Y')
write(15,440) ((ty(i,j),j=1,19),i=1,16)
write(15,420)
write(15,190)
190 format(1x,'COEFFICIENT DE PERMEABILITE X')
write(15,200) ((perx(i,j),j=1,19),i=1,16)
200 format(19(1x,f6.3))
write(15,420)
write(15,210)
210 format(1x,'RAPPORT D"ANISOTROPIE')
WRITE(15,220) ((trpy(i,j),j=1,19),i=1,16)
220 format(19(1x,f4.2))
close(10)
close(11)
close(12)
close(13)
close(14)
CLOSE(15)
c-----
fin du programme
stop
end

```

TRANSMISSIVITES ENTRE NOEUDS X

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	.000	.000	.000	.002	.002	.002	.002	.002	.002	.002	.002	.000
2	.003	.003	.003	.003	.003	.003	.003	.003	.003	.003	.003	.003
3	.005	.005	.007	.006	.006	.006	.006	.006	.005	.005	.005	.005
4	.005	.005	.006	.007	.007	.010	.010	.015	.015	.015	.007	.007
5	.006	.006	.006	.007	.012	.012	.010	.010	.010	.006	.006	.006
6	.008	.008	.010	.020	.020	.015	.010	.010	.010	.010	.010	.010
7	.010	.015	.015	.015	.020	.020	.020	.010	.010	.020	.020	.039
8	.010	.030	.030	.035	.035	.010	.020	.020	.030	.020	.020	.030
9	.000	.030	.035	.035	.055	.015	.010	.030	.030	.030	.030	.030
10	.000	.030	.040	.040	.055	.030	.020	.020	.030	.030	.030	.030
11	.000	.030	.050	.040	.035	.030	.020	.025	.030	.030	.023	.023
12	.000	.015	.030	.040	.040	.030	.010	.010	.030	.030	.030	.023
13	.000	.015	.030	.030	.040	.030	.000	.010	.030	.020	.020	.023
14	.000	.015	.020	.025	.030	.030	.010	.000	.020	.020	.020	.020
15	.000	.015	.020	.025	.030	.020	.010	.000	.000	.000	.000	.000
16	.000	.010	.010	.010	.010	.010	.010	.000	.000	.000	.000	.000

	13	14	15	16	17	18
1	.000	.000	.000	.000	.000	.000
2	.000	.000	.000	.000	.000	.000
3	.000	.000	.000	.000	.000	.000
4	.003	.000	.000	.000	.000	.000
5	.006	.003	.000	.000	.000	.000
6	.017	.017	.011	.000	.000	.000
7	.033	.030	.030	.011	.011	.000
8	.030	.030	.030	.022	.010	.010
9	.038	.038	.033	.030	.020	.015
10	.030	.040	.030	.030	.025	.020
11	.030	.030	.030	.030	.020	.015
12	.030	.020	.020	.020	.020	.000
13	.023	.030	.030	.000	.020	.000
14	.030	.030	.030	.000	.000	.000
15	.010	.010	.010	.000	.000	.000
16	.000	.000	.000	.000	.000	.000

TRANSMISSIVITES ENTRE NOEUDS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	.000	.000	.000	.003	.003	.003	.003	.003	.003	.003	.003	.003

2	.005	.005	.007	.006	.006	.006	.005	.005	.005	.005	.005	.005
3	.005	.005	.006	.006	.006	.010	.010	.010	.007	.006	.006	.006
4	.005	.005	.006	.006	.006	.010	.007	.007	.010	.010	.005	.005
5	.006	.006	.006	.006	.015	.012	.010	.008	.010	.015	.015	.010
6	.010	.010	.015	.015	.020	.015	.008	.008	.010	.010	.010	.010
7	.015	.030	.015	.015	.015	.010	.020	.020	.020	.015	.015	.020
8	.000	.020	.020	.020	.020	.010	.013	.020	.020	.020	.020	.020
9	.000	.018	.032	.036	.032	.027	.018	.025	.025	.025	.030	.030
10	.000	.018	.030	.036	.032	.027	.018	.018	.025	.030	.025	.030
11	.000	.018	.030	.040	.032	.036	.013	.013	.018	.020	.020	.020
12	.000	.018	.035	.030	.030	.036	.013	.013	.009	.015	.015	.020
13	.000	.018	.020	.025	.030	.025	.013	.000	.009	.015	.015	.015
14	.000	.015	.015	.015	.025	.020	.020	.018	.000	.000	.000	.000
15	.000	.015	.020	.015	.015	.015	.010	.013	.000	.000	.000	.000

	13	14	15	16	17	18
1	.000	.000	.000	.000	.000	.000
2	.005	.000	.000	.000	.000	.000
3	.006	.000	.000	.000	.000	.000
4	.005	.005	.000	.000	.000	.000
5	.010	.010	.010	.000	.000	.000
6	.020	.020	.010	.010	.000	.000
7	.020	.020	.020	.015	.010	.010
8	.020	.015	.020	.020	.020	.020
9	.030	.030	.050	.030	.020	.020
10	.030	.030	.040	.030	.025	.015
11	.020	.020	.020	.030	.020	.015
12	.024	.030	.030	.030	.020	.015
13	.035	.050	.040	.030	.000	.000
14	.020	.030	.025	.020	.000	.000
15	.000	.000	.000	.000	.000	.000

TRANSMISSIVITE AUX NOEUDS X												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	.000	.000	.000	.002	.002	.002	.002	.002	.002	.002	.002	.002
2	.003	.003	.003	.003	.003	.003	.003	.003	.003	.003	.003	.003
3	.005	.005	.006	.006	.006	.006	.006	.006	.005	.005	.005	.005
4	.005	.005	.006	.006	.007	.008	.010	.012	.015	.015	.011	.007
5	.006	.006	.006	.006	.009	.012	.011	.010	.010	.007	.006	.006
6	.008	.008	.009	.013	.020	.017	.012	.010	.010	.010	.010	.010

7	.010	.012	.015	.015	.017	.020	.020	.013	.010	.013	.020	.030
8	.010	.015	.030	.032	.035	.016	.012	.020	.026	.024	.020	.026
9	.000	.030	.033	.035	.035	.021	.012	.015	.030	.030	.030	.030
10	.000	.030	.036	.040	.038	.032	.025	.020	.026	.030	.030	.030
11	.000	.030	.041	.044	.038	.032	.025	.022	.028	.030	.027	.023
12	.000	.015	.022	.034	.040	.034	.017	.010	.018	.030	.030	.025
13	.000	.015	.022	.030	.034	.034	.030	.010	.018	.024	.020	.022
14	.000	.015	.018	.022	.027	.030	.017	.010	.020	.020	.020	.020
15	.000	.015	.018	.022	.027	.024	.014	.010	.000	.000	.000	.000
16	.000	.010	.010	.010	.010	.010	.010	.010	.000	.000	.000	.000

	13	14	15	16	17	18	19
1	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
2	.003	.000	.000	.000	.000	.000	.000
3	.005	.000	.000	.000	.000	.000	.000
4	.004	.003	.000	.000	.000	.000	.000
5	.006	.004	.003	.000	.000	.000	.000
6	.013	.017	.013	.011	.000	.000	.000
7	.036	.031	.030	.016	.011	.011	.000
8	.030	.030	.030	.025	.014	.010	.010
9	.034	.038	.035	.031	.024	.017	.015
10	.030	.034	.034	.030	.027	.022	.020
11	.026	.030	.030	.030	.024	.017	.015
12	.026	.024	.020	.020	.020	.020	.000
13	.023	.026	.030	.030	.020	.020	.000
14	.024	.030	.030	.030	.000	.000	.000
15	.010	.010	.010	.010	.000	.000	.000
16	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000

TRANSMISSIVITE AUX NOEUDS Y												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	.000	.000	.000	.003	.003	.003	.003	.003	.003	.003	.003	.003
2	.005	.005	.007	.004	.004	.004	.004	.004	.004	.004	.004	.004
3	.005	.005	.007	.006	.006	.007	.006	.006	.006	.005	.005	.005
4	.005	.005	.006	.006	.006	.010	.008	.008	.008	.007	.005	.005
5	.006	.006	.006	.006	.009	.011	.008	.008	.010	.012	.008	.007
6	.007	.007	.009	.009	.017	.013	.009	.008	.010	.012	.012	.010
7	.012	.015	.015	.015	.017	.012	.011	.011	.013	.012	.012	.013
8	.015	.026	.016	.016	.016	.010	.017	.020	.020	.016	.016	.020
9	.000	.019	.025	.026	.025	.015	.015	.022	.022	.022	.024	.024

10	.000	.018	.031	.036	.032	.027	.018	.021	.025	.027	.027	.030
11	.000	.018	.030	.038	.032	.031	.015	.015	.021	.024	.022	.024
12	.000	.018	.033	.033	.031	.036	.013	.013	.011	.017	.017	.020
13	.000	.018	.025	.027	.030	.030	.013	.013	.009	.015	.015	.017
14	.000	.017	.018	.020	.028	.023	.015	.018	.009	.015	.015	.015
15	.000	.015	.017	.015	.019	.017	.013	.015	.000	.000	.000	.000
16	.000	.015	.020	.015	.015	.015	.010	.013	.000	.000	.000	.000

	13	14	15	16	17	18	19
1	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
2	.005	.000	.000	.000	.000	.000	.000
3	.005	.000	.000	.000	.000	.000	.000
4	.005	.005	.000	.000	.000	.000	.000
5	.007	.007	.010	.000	.000	.000	.000
6	.013	.013	.010	.010	.000	.000	.000
7	.020	.020	.013	.012	.010	.010	.000
8	.020	.018	.020	.016	.012	.012	.030
9	.024	.020	.029	.024	.020	.020	.020
10	.030	.030	.044	.030	.022	.017	.015
11	.024	.024	.027	.030	.022	.013	.015
12	.022	.025	.025	.030	.020	.015	.000
13	.020	.038	.034	.030	.020	.015	.000
14	.027	.039	.032	.025	.000	.000	.000
15	.020	.030	.025	.020	.000	.000	.000
16	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000

COEFFICIENT DE PERMEABILITE AUX NOEUDS X

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	.00000	.00000	.00000	.00040	.00017	.00017	.00260	.00100
2	.00015	.00020	.00043	.00027	.00010	.00011	.00014	.00017
3	.00026	.00028	.00032	.00021	.00015	.00016	.00017	.00017
4	.00018	.00018	.00018	.00017	.00015	.00018	.00025	.00032
5	.00012	.00013	.00014	.00013	.00015	.00020	.00020	.00020
6	.00013	.00014	.00016	.00022	.00033	.00030	.00022	.00019
7	.00016	.00020	.00023	.00023	.00030	.00045	.00041	.00024
8	.00018	.00026	.00048	.00055	.00071	.00058	.00066	.00068
9	.00000	.00052	.00050	.00052	.00064	.00041	.00032	.00035
10	.00000	.00046	.00048	.00060	.00064	.00055	.00042	.00034
11	.00000	.00036	.00048	.00061	.00061	.00052	.00041	.00033
12	.00000	.00017	.00026	.00041	.00053	.00045	.00025	.00014

13	.00000	.00016	.00024	.00033	.00033	.00034	.00038	.0000E
14	.00000	.00014	.00016	.00019	.00022	.00025	.00013	.00007
15	.00000	.00014	.00015	.00014	.00019	.0001B	.00010	.0000e
16	.00000	.00008	.00008	.00007	.00007	.00007	.00006	.0000e

	9	10	11	12	13	14	15	16
1	.00067	.00050	.00067	.00047	.00000	.00000	.00000	.00000
2	.00018	.00031	.00020	.00014	.00013	.00000	.00000	.00000
3	.00016	.00022	.00014	.00015	.00014	.00000	.00000	.00000
4	.00043	.00036	.00029	.00019	.00014	.00013	.00000	.00000
5	.00020	.00014	.00011	.00010	.00013	.00013	.00017	.00000
6	.00018	.00016	.00015	.00015	.00023	.00044	.00049	.00055
7	.00017	.00022	.00031	.00042	.00059	.00062	.00050	.00027
8	.00043	.00041	.00036	.00041	.00034	.00040	.00030	.00033
9	.00038	.00037	.00050	.00044	.00035	.00041	.00044	.00036
10	.00033	.00029	.00036	.00029	.00036	.00034	.00034	.00030
11	.00037	.00033	.00030	.00027	.00032	.00027	.00026	.00027
12	.00023	.00030	.00028	.00023	.00024	.00021	.00017	.00017
13	.00014	.00019	.00016	.00017	.00017	.00023	.00023	.00023
14	.00013	.00014	.00014	.00014	.00016	.00021	.00020	.00020
15	.00000	.00000	.00000	.00000	.00006	.00006	.00006	.00006
16	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000	.00000

	17	18	19
1	.00000	.00000	.00000
2	.00000	.00000	.00000
3	.00000	.00000	.00000
4	.00000	.00000	.00000
5	.00000	.00000	.00000
6	.00000	.00000	.00000
7	.00022	.00027	.00000
8	.00017	.00014	.00018
9	.00027	.00020	.00018
10	.00029	.00023	.00022
11	.00023	.00017	.00015
12	.00019	.00019	.00000
13	.00017	.00018	.00000
14	.00000	.00000	.00000
15	.00000	.00000	.00000
16	.00000	.00000	.00000

RAPPORT D'ANISOTROPIE AUX NŒUDS (TY/TX)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	.00	.00	.00	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
2	1.67	1.67	2.33	1.33	1.33	1.33	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
3	1.00	1.00	1.06	.93	1.00	1.21	1.06	1.06	1.08	1.08	1.08	1.08
4	1.00	1.00	1.07	.93	.86	1.21	.82	.69	.55	.50	.50	.78
5	.92	.92	1.00	.93	1.07	.92	.76	.75	1.00	1.65	1.35	1.17
6	.94	.94	.93	.64	.86	.78	.71	.80	1.00	1.20	1.20	1.00
7	1.20	1.25	1.00	1.00	1.02	.60	.57	.86	1.33	.90	.60	.45
8	1.50	1.71	.55	.51	.47	.64	1.36	1.00	.78	.68	.82	.78
9	.00	.63	.74	.73	.70	.69	1.21	1.48	.74	.74	.80	.80
10	.00	.60	.86	.90	.85	.84	.72	1.05	.97	.91	.91	1.00
11	.00	.60	.73	.85	.65	.96	.60	.68	.74	.80	.82	1.04
12	.00	1.20	1.46	.97	.77	1.05	.78	1.30	.63	.56	.56	.80
13	.00	1.20	1.13	.91	.89	.86	.43	1.30	.50	.63	.75	.78
14	.00	1.11	.98	.89	1.03	.76	.91	1.80	.45	.75	.75	.75
15	.00	1.00	.95	.67	.70	.71	.93	1.51	.00	.00	.00	.00
16	.00	1.50	2.00	1.50	1.50	1.50	1.00	1.30	.00	.00	.00	.00

	13	14	15	16	17	18	19
1	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
2	1.67	.00	.00	.00	.00	.00	.00
3	1.08	.00	.00	.00	.00	.00	.00
4	1.30	1.67	.00	.00	.00	.00	.00
5	1.17	1.75	3.33	.00	.00	.00	.00
6	1.06	.78	.75	.91	.00	.00	.00
7	.56	.64	.44	.75	.91	.91	.00
8	.67	.60	.67	.64	.87	.20	3.00
9	.72	.53	.81	.76	.83	.17	1.33
10	1.00	.88	1.30	1.00	.81	.77	.75
11	.92	.80	.89	1.00	.93	.88	1.00
12	.85	1.64	1.25	1.50	1.00	.75	.00
13	1.24	1.44	1.14	1.00	1.00	.75	.00
14	1.12	1.32	1.08	.83	.00	.00	.00
15	2.00	3.00	2.50	2.00	.00	.00	.00
16	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00

Annexe 2 :

Modifications apportées au programme

1°) Sous-programme BCF1AL

A la septième ligne après la ligne de commentaire C5, remplacer $ISUM = ISUM + NLAY$ par
 $ISUM = ISUM + (NLAY * NRC)$

2°) Sous-programme BCF1RP

- Dans l'instruction DIMENSION, à la troisième ligne, remplacer $TRPY(NLAY)$ par $TRPY(NODES)$

- A la troisième ligne après la ligne de commentaire C1, éliminer l'instruction suivante:

```
CALL U2DREL (TRPY, ANAME(1,8), NLAY, IN, IOUT)
```

- Après la deuxième ligne qui suit la ligne de commentaire C2B, mettre l'instruction suivante :

```
CALL U2DREL (TRPY(LOC), ANAME(1,8), NLAY, IN, IOUT)
```

3°) Sous-programme BCF1FM

- Dans l'instruction DIMENSION, remplacer $TRPY(NLAY)$ par $TRPY(NCOL, NROW, NLAY)$.

4°) Sous-programmes SBCF1H et SBCF1N

- Remplacer $TRPY(NLAY)$ par $TRPY(NCOL, NROW, NLAY)$ dans l'instruction DIMENSION

5°) Sous-programme SBCF1C

- Dans l'instruction DIMENSION, remplacer

TRPY (NLAY) par TRPY (NCOL, NROW, NLAY)

- Eliminer l'instruction $YX = TRPY(K) * 2$
- Après l'instruction 30 IF (J.EQ.NCOL) GO TO 40, mettre l'instruction $YX = TRPY(J,I,K) * 2$

Annexe 3 :

Résultats obtenus

Cette annexe présente :

- les différentes valeurs entrées pour toute la simulation
- les valeurs imprimées à la fin de la 1^{ère} période de contrainte
- les valeurs imprimées à la fin de la 9^{ème} période de contrainte
- les valeurs imprimées à la fin de la 18^{ème} période de contrainte.

1 U.S. GEOLOGICAL SURVEY MODULAR FINITE-DIFFERENCE GROUND-WATER MODEL
 OSIMULATION DE LA NAPPE D'ABIDJAN MODELE AVEC RECHARGE ET DECHARGE

1 LAYERE 27 ROWS 31 COLUMNS
 18 STRESS PERIOD(S) IN SIMULATION
 MODEL TIME UNIT IS SECONDS

O1/O UNITS:
 ELEMENT OF IUNIT: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
 I/O UNIT: 10 11 0 0 0 0 0 17 18 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

OBAS1 -- BASIC MODEL PACKAGE, VERSION 1, 12/08/83 INPUT READ FROM UNIT 1
 ARRAYS RND AND BUFF WILL SHARE MEMORY.
 START HEAD WILL NOT BE SAVED -- DRAWDOWN CANNOT BE CALCULATED

6758 ELEMENTS IN X ARRAY ARE USED BY BAS
 6758 ELEMENTS OF X ARRAY USED OUT OF 30000

OBDF1 -- BLOCK-CENTERED FLOW PACKAGE, VERSION 1, 12/08/83 INPUT READ FROM UNIT 10
 TRANSIENT SIMULATION

LAYER AQUIFER TYPE

 1 1
 3348 ELEMENTS IN X ARRAY ARE USED BY BDF
 10106 ELEMENTS OF X ARRAY USED OUT OF 30000

OWELL1 -- WELL PACKAGE, VERSION 1, 12/08/83 INPUT READ FROM 11
 MAXIMUM OF 9 WELLS

36 ELEMENTS IN X ARRAY ARE USED FOR WELLS
 10142 ELEMENTS OF X ARRAY USED OUT OF 30000

ORCH1 -- RECHARGE PACKAGE, VERSION 1, 12/08/83 INPUT READ FROM UNIT 17
 OPTION 1 -- RECHARGE TO TOP LAYER

837 ELEMENTS OF X ARRAY USED FOR RECHARGE
 10979 ELEMENTS OF X ARRAY USED OUT OF 30000

OSIP1 -- STRONGLY IMPLICIT PROCEDURE SOLUTION PACKAGE, VERSION 1, 12/08/83 INPUT READ FROM UNIT 18
 MAXIMUM OF 50 ITERATIONS ALLOWED FOR CLOSURE

5 ITERATION PARAMETERS
 3553 ELEMENTS IN X ARRAY ARE USED BY SIP
 14332 ELEMENTS OF X ARRAY USED OUT OF 30000

OSIMULATION DE LA NAPPE D'ABIDJAN MODELE AVEC RECHARGE ET DECHARGE
 0

BOUNDARY ARRAY FOR LAYER 1 WILL BE READ ON UNIT 1 USING FORMAT: (31I5)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0 1	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0 2	0	0	0	0	0	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0 3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

```

0 4 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 5 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 6 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 7 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 8 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 9 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 10 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 11 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 12 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 13 -1 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 14 0 0 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 15 0 0 -1 1 1 1 1 1 1 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 16 0 0 -1 1 1 1 1 1 1 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 17 0 0 -1 1 1 1 1 1 1 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 18 0 0 -1 1 1 1 1 1 1 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 19 0 0 -1 1 1 1 1 1 1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 20 0 0 -1 1 1 1 1 1 1 -1 0 0 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 21 0 0 -1 1 1 1 1 1 1 -1 0 0 -1 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 22 0 0 -1 1 1 1 1 1 1 -1 0 0 0 0 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 23 0 0 -1 1 1 1 1 1 1 -1 0 0 0 0 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 24 0 0 -1 1 1 1 1 1 1 -1 -1 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 25 0 0 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 26 0 0 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 27 0 0 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

```

04001000 HEAD WILL BE SET TO 1000.0 AT ALL NO-FLOW NODES (IBOUND=0).

INITIAL HEAD FOR LAYER 1 WILL BE READ ON UNIT 1 USING FORMAT: (T146.0)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31									
0 1	.00	.00	.00	.00	45.00	45.00	47.00	42.00	36.00	36.00	32.00	32.00	29.00	28.00	24.00	20.00	19.00	15.00	.00	.00
	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
0 2	38.00	40.00	40.00	42.00	44.00	44.00	53.80	54.80	52.10	52.10	50.00	50.00	46.50	46.50	35.50	30.50	28.00	23.00	23.00	23.00
	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
0 3	38.00	40.00	40.00	42.00	44.00	44.00	53.80	54.80	52.10	52.10	50.00	50.00	46.50	46.50	35.50	30.50	25.00	28.00	23.00	23.00
	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
0 4	34.00	38.50	38.50	42.10	49.60	47.60	53.60	54.60	52.60	52.60	51.30	51.30	49.70	49.70	42.60	32.50	27.50	27.50	23.00	23.00
	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
0 5	35.00	42.00	42.00	44.10	48.60	48.60	51.60	52.50	51.60	51.60	49.00	49.00	46.20	46.20	41.00	27.00	24.00	24.00	20.00	20.00
	18.00	18.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
0 6	38.00	42.00	42.00	44.10	48.60	48.60	51.60	52.50	51.60	51.60	49.00	49.00	46.20	46.20	41.00	27.00	24.00	24.00	20.00	20.00
	18.00	18.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
0 7	40.00	41.90	41.90	43.70	45.70	45.70	46.90	48.50	46.90	46.90	46.20	46.20	44.50	44.50	40.90	32.00	28.00	28.00	22.50	22.50
	13.00	13.00	8.00	8.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
0 8	40.00	41.90	41.90	43.70	45.70	45.70	46.90	48.50	46.90	46.90	46.20	46.20	44.50	44.50	40.90	32.00	28.00	28.00	22.50	22.50
	13.00	13.00	8.00	8.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
0 9	39.00	39.40	39.40	39.30	39.30	39.30	40.40	41.10	41.70	41.70	41.50	41.50	40.50	40.50	38.20	33.20	28.90	28.90	23.50	23.50
	15.00	15.00	5.00	5.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
0 10	39.00	39.40	39.40	39.30	39.30	39.30	40.40	41.10	41.70	41.70	41.50	41.50	40.50	40.50	38.20	33.20	28.90	28.90	23.50	23.50
	15.00	15.00	5.00	5.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
0 11	34.00	34.00	34.00	35.50	33.20	33.20	30.00	29.00	30.50	30.50	31.00	31.00	30.50	30.50	29.50	27.50	25.50	25.50	22.50	22.50
	16.50	16.50	8.50	8.50	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
0 12	34.00	34.00	34.00	35.50	33.20	33.20	30.00	29.00	30.50	30.50	31.00	31.00	30.50	30.50	29.50	27.50	25.50	25.50	22.50	22.50
	16.50	16.50	8.50	8.50	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
0 13	20.00	18.00	18.00	20.50	20.40	20.40	20.00	17.00	20.50	20.50	20.30	20.30	21.50	21.50	22.30	21.20	21.50	21.50	18.50	18.50
	15.50	15.50	9.90	9.90	6.30	6.30	4.50	4.50	3.00	3.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
0 14	20.00	18.00	18.00	20.50	20.40	20.40	20.00	17.00	20.50	20.50	20.30	20.30	21.50	21.50	22.10	21.20	21.50	21.50	18.50	18.50
	15.50	15.50	9.90	9.90	6.30	6.30	4.50	4.50	3.00	3.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
0 15	.00	15.00	15.00	14.50	17.00	17.00	15.50	11.00	9.00	9.00	13.80	13.80	14.50	14.50	18.00	18.00	17.50	17.50	16.50	16.50
	14.00	14.00	10.10	10.10	7.10	7.10	5.50	5.50	4.70	4.70	2.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
0 16	.00	14.00	14.00	14.80	14.80	14.80	12.50	9.00	7.00	7.00	10.50	10.50	11.50	11.50	13.00	14.00	15.00	15.00	15.50	15.50
	13.20	13.20	9.50	9.50	8.70	8.70	7.00	7.00	5.80	5.80	5.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
0 17	.00	13.00	13.00	13.40	13.00	13.00	10.30	7.30	4.00	4.00	6.00	6.00	8.00	8.00	8.00	11.00	12.80	13.00	13.00	14.00
	12.50	12.50	8.50	8.50	7.00	7.00	6.90	6.90	7.00	7.00	8.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
0 18	.00	13.00	13.00	13.40	13.00	13.00	10.30	7.70	4.00	4.00	6.00	6.00	8.00	8.00	8.00	11.00	12.80	13.00	13.00	14.00
	12.50	12.50	8.50	8.50	7.00	7.00	6.90	6.90	7.00	7.00	8.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
0 19	.00	11.00	11.00	13.00	12.50	12.50	9.00	6.00	1.00	1.00	1.00	1.00	5.00	5.00	9.50	10.50	10.60	10.60	10.80	10.80
	9.00	9.00	7.00	7.00	5.00	5.00	4.00	4.00	5.00	6.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
0 20	.00	11.00	11.00	13.00	12.50	12.50	9.00	6.00	1.00	1.00	1.00	1.00	5.00	5.00	8.50	10.50	10.60	10.60	10.80	10.80
	9.00	9.00	7.00	7.00	5.00	5.00	4.00	4.00	5.00	6.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00

0 21	.00	5.00	5.00	9.10	9.60	9.60	7.50	3.50	.00	.00	.00	.00	1.00	1.00	6.50	7.50	7.40	7.40	7.20	7.20
	6.50	6.50	3.50	3.50	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	.00									
0 22	.00	5.00	5.00	9.10	9.60	9.60	7.50	3.50	.00	.00	.00	.00	1.00	1.00	6.50	7.50	7.40	7.40	7.20	7.20
	6.50	6.50	3.50	3.50	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	.00									
0 23	.00	2.50	2.50	5.00	7.50	7.50	6.30	3.60	1.50	1.50	.00	.00	.00	.00	3.00	4.00	2.50	2.50	1.50	1.50
	3.20	3.20	.00	.00	.50	.50	.00	.00	.00	.00	.00									
0 24	.00	2.50	2.50	5.00	7.50	7.50	6.30	3.60	1.50	1.50	.00	.00	.00	.00	3.00	4.00	2.50	2.50	1.50	1.50
	3.20	3.20	.00	.00	.50	.50	.00	.00	.00	.00	.00									
0 25	.00	1.00	1.00	3.00	5.20	5.20	4.00	2.70	1.70	1.70	1.00	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	1.70	1.70	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00									
0 26	.00	1.00	1.00	3.00	5.20	5.20	4.00	2.70	1.70	1.70	1.00	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	1.70	1.70	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00									
0 27	.00	.00	.00	1.00	2.00	2.00	1.00	.50	.30	.30	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00									

0DEFAULT OUTPUT CONTROL -- THE FOLLOWING OUTPUT COMES AT THE END OF EACH STRESS PERIOD:

TOTAL VOLUMETRIC BUDGET
HEAD

0

DELR WILL BE READ ON UNIT 10 USING FORMAT: (3115.0)

500.00	500.00	500.00	1500.0	1000.0	1000.0	1750.0	1500.0	750.00	500.00
500.00	500.00	500.00	1000.0	2000.0	1500.0	500.00	1000.0	1000.0	1000.0
1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
1000.0									

0

DELC WILL BE READ ON UNIT 10 USING FORMAT: (2715.0)

1000.0	1000.0	1000.0	1750.0	750.00	750.00	750.00	1000.0	1000.0	1000.0
1000.0	1000.0	1000.0	500.00	1000.0	1000.0	500.00	500.00	500.00	750.00
750.00	750.00	750.00	500.00	500.00	500.00	500.00			

0

PRIMARY STORAGE COEF FOR LAYER 1 WILL BE READ ON UNIT 10 USING FORMAT: (3115.0)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31									
0 1	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165
	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165								
0 2	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165
	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165	.165								

.165 .165 .165 .165 .165 .165 .165 .165 .165 .165 .165 .165

0

COLUMN TO ROM ANISOTROPY FOR LAYER 1 WILL BE READ ON UNIT 10 USING FORMAT: (31F5.0)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31									
0 1	.00	.00	.00	.00	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	.00	.00
	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00									
0 2	1.67	1.67	1.67	2.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.67	1.67
	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00									
0 3	1.67	1.67	1.67	2.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.67	1.67
	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00									
0 4	1.00	1.00	1.00	1.04	.93	.93	1.00	1.21	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00									
0 5	1.00	1.00	1.00	1.07	.93	.93	.86	1.21	.82	.82	.69	.69	.55	.55	.50	.50	.78	.78	1.30	1.30
	1.67	1.67	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00									
0 6	1.00	1.00	1.00	1.07	.93	.93	.86	1.21	.82	.82	.69	.69	.55	.55	.50	.50	.78	.78	1.30	1.30
	1.67	1.67	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00									
0 7	.92	.92	.92	1.00	.93	.93	1.07	.92	.76	.76	.75	.75	1.00	1.00	1.65	1.35	1.17	1.17	1.17	1.17
	1.75	1.75	.33	.33	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00									
0 8	.92	.92	.92	1.00	.93	.93	1.07	.92	.76	.76	.75	.75	1.00	1.00	1.65	1.35	1.17	1.17	1.17	1.17
	1.75	1.75	.33	.33	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00									
0 9	.94	.94	.94	.93	.64	.64	.86	.78	.71	.71	.80	.80	1.00	1.00	1.20	1.20	1.00	1.00	1.04	1.04
	.78	.78	.75	.75	.91	.91	.00	.00	.00	.00	.00									
0 10	.94	.94	.94	.93	.64	.64	.86	.78	.71	.71	.80	.80	1.00	1.00	1.20	1.20	1.00	1.00	1.04	1.04
	.78	.78	.75	.75	.91	.91	.00	.00	.00	.00	.00									
0 11	1.20	1.25	1.25	1.00	1.00	1.00	1.02	.60	.57	.57	.86	.86	1.33	1.33	.90	.60	.45	.45	.56	.56
	.64	.64	.44	.44	.75	.75	.91	.91	.91	.91	.00									
0 12	1.20	1.25	1.25	1.00	1.00	1.00	1.02	.60	.57	.57	.86	.86	1.33	1.33	.90	.60	.45	.45	.56	.56
	.64	.64	.44	.44	.75	.75	.91	.91	.91	.91	.00									
0 13	1.50	1.71	1.71	.55	.51	.51	.47	.64	1.34	1.34	1.00	1.00	.78	.78	.68	.82	.78	.78	.67	.67
	.60	.60	.67	.67	.64	.64	.87	.87	1.20	1.20	3.00									
0 14	1.50	1.71	1.71	.55	.51	.51	.47	.64	1.34	1.34	1.00	1.00	.78	.78	.68	.82	.78	.78	.67	.67
	.60	.60	.67	.67	.64	.64	.87	.87	1.20	1.20	3.00									
0 15	.00	.63	.63	.74	.73	.73	.70	.69	1.21	1.21	1.48	1.48	.74	.74	.74	.60	.60	.60	.72	.72
	.55	.53	.91	.81	.76	.76	.83	.93	1.17	1.17	1.35									
0 16	.00	.60	.60	.86	.90	.90	.85	.84	.72	.72	1.05	1.05	.97	.97	.91	.91	1.00	1.00	1.00	1.00
	.89	.89	1.30	1.30	1.00	1.00	.81	.81	.77	.77	.75									
0 17	.00	.60	.60	.73	.85	.85	.85	.96	.60	.60	.66	.66	.74	.74	.60	.82	1.04	1.04	.92	.92
	.80	.80	.89	.89	1.00	1.00	.93	.93	.82	.82	1.00									
0 18	.00	.60	.60	.73	.85	.85	.85	.96	.60	.60	.68	.68	.74	.74	.60	.82	1.04	1.04	.92	.92
	.50	.80	.89	.89	1.00	1.00	.93	.93	.88	.88	1.00									
0 19	.00	1.20	1.20	1.46	.97	.97	.77	1.05	.78	.75	1.30	1.30	.63	.63	.54	.54	.90	.90	.85	.85
	1.04	1.04	1.25	1.25	1.50	1.50	1.00	1.00	.75	.75	.00									
0 20	.00	1.20	1.20	1.46	.97	.97	.77	1.05	.78	.78	1.30	1.30	.63	.63	.54	.54	.90	.90	.85	.85

	1.04	1.04	1.25	1.25	1.50	1.50	1.00	1.00	.75	.75	.00										
0 21	.09	1.20	1.20	1.13	.91	.91	.89	.86	.43	.43	1.30	1.30	.50	.50	.63	.75	.78	.78	.78	1.24	1.24
	1.44	1.44	1.14	1.14	1.00	1.00	1.00	1.00	.75	.75	.00										
0 22	.00	1.20	1.20	1.13	.91	.91	.89	.86	.43	.43	1.30	1.30	.50	.50	.63	.75	.78	.78	.78	1.24	1.24
	1.44	1.44	1.14	1.14	1.00	1.00	1.00	1.00	.75	.75	.00										
0 23	.00	1.11	1.11	.95	.89	.89	1.03	.76	.91	.91	1.60	1.60	.45	.45	.75	.75	.75	.75	.75	1.12	1.12
	1.32	1.32	1.09	1.08	.83	.83	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
0 24	.00	1.11	1.11	.95	.89	.89	1.03	.76	.91	.91	1.60	1.60	.45	.45	.75	.75	.75	.75	.75	1.12	1.12
	1.32	1.32	1.08	1.08	.83	.83	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
0 25	.00	1.00	1.00	.95	.67	.67	.70	.71	.93	.93	1.51	1.51	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	2.00	2.00
	3.00	3.00	2.50	2.50	2.00	2.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
0 26	.00	1.00	1.00	.95	.67	.67	.70	.71	.93	.93	1.51	1.51	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	2.00	2.00
	3.00	3.00	2.50	2.50	2.00	2.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
0 27	.00	1.50	1.50	2.00	1.50	1.50	1.50	1.50	1.00	1.00	1.30	1.30	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
0																					

HYD. COND. ALONG ROWS FOR LAYER 1 WILL BE READ ON UNIT 10 USING FORMAT: (31F4.0)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
0 1	.000	.000	.000	.000	4.000E-04	4.000E-04	1.700E-04	1.700E-04	2.000E-03	2.000E-03	1.000E-03
	1.000E-03	6.700E-04	6.700E-04	5.000E-04	6.700E-04	6.700E-04	6.700E-04	.000	.000	.000	.000
	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
0 2	1.500E-04	2.000E-04	2.000E-04	4.300E-04	2.700E-04	2.700E-04	1.000E-04	1.100E-04	1.400E-04	1.400E-04	1.700E-04
	1.700E-04	1.800E-04	1.800E-04	3.100E-04	2.000E-04	1.400E-04	1.600E-04	1.300E-04	1.300E-04	.000	.000
	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
0 3	1.500E-04	2.000E-04	2.000E-04	4.300E-04	2.700E-04	2.700E-04	1.000E-04	1.100E-04	1.400E-04	1.400E-04	1.700E-04
	1.700E-04	1.800E-04	1.800E-04	3.100E-04	2.000E-04	1.600E-04	1.600E-04	1.300E-04	1.300E-04	.000	.000
	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
0 4	2.800E-04	2.800E-04	2.800E-04	3.200E-04	2.100E-04	2.100E-04	1.500E-04	1.600E-04	1.700E-04	1.700E-04	1.700E-04
	1.700E-04	1.600E-04	1.600E-04	2.200E-04	1.400E-04	1.500E-04	1.300E-04	1.400E-04	1.400E-04	.000	.000
	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
0 5	1.800E-04	1.600E-04	1.800E-04	1.800E-04	1.700E-04	1.700E-04	1.500E-04	1.900E-04	2.500E-04	2.500E-04	3.200E-04
	3.200E-04	4.300E-04	4.300E-04	3.600E-04	2.900E-04	2.900E-04	1.900E-04	1.400E-04	1.400E-04	1.300E-04	1.300E-04
	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
0 6	1.800E-04	1.800E-04	1.800E-04	1.800E-04	1.700E-04	1.700E-04	1.500E-04	1.800E-04	2.500E-04	2.500E-04	3.200E-04
	3.200E-04	4.300E-04	4.300E-04	3.600E-04	2.900E-04	2.900E-04	1.900E-04	1.400E-04	1.400E-04	1.300E-04	1.300E-04
	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
0 7	1.200E-04	1.300E-04	1.300E-04	1.400E-04	1.300E-04	1.300E-04	1.500E-04	2.000E-04	2.000E-04	2.000E-04	2.000E-04
	2.000E-04	2.600E-04	2.000E-04	1.400E-04	1.100E-04	1.000E-04	1.000E-04	1.300E-04	1.300E-04	1.300E-04	1.300E-04
	1.700E-04	1.700E-04	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
0 8	1.200E-04	1.300E-04	1.300E-04	1.400E-04	1.300E-04	1.300E-04	1.500E-04	2.000E-04	2.000E-04	2.000E-04	2.000E-04
	2.000E-04	2.600E-04	2.000E-04	1.400E-04	1.100E-04	1.000E-04	1.000E-04	1.300E-04	1.300E-04	1.300E-04	1.300E-04
	1.700E-04	1.700E-04	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000

	6.000E-05	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	6.000E-05	6.000E-05	6.000E-05	6.000E-05	6.000E-05	6.000E-05
	6.000E-05	6.000E-05	6.000E-05	6.000E-05	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
0 26	.000	1.400E-04	1.400E-04	1.500E-04	1.600E-04	1.600E-04	1.900E-04	1.800E-04	1.600E-04	1.600E-04	1.600E-04	1.600E-04	1.600E-04	6.000E-05
	6.000E-05	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	6.000E-05	6.000E-05	6.000E-05	6.000E-05	6.000E-05	6.000E-05
	6.000E-05	6.000E-05	6.000E-05	6.000E-05	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
0 27	.000	8.000E-05	8.000E-05	8.000E-05	7.000E-05	7.000E-05	7.000E-05	7.000E-05	7.000E-05	7.000E-05	7.000E-05	7.000E-05	7.000E-05	6.000E-05
	6.000E-05	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000

0

BOTTOM FOR LAYER 1 WILL BE READ ON UNIT 10 USING FORMAT: (31E,0)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31														
0 1	.00	.00	.00	.00	40.00	40.00	35.00	30.00	35.00	35.00	35.00	30.00	25.00	25.00	20.00
	17.00	15.00	15.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	.00														
0 2	18.00	25.00	25.00	35.00	33.00	33.00	35.00	27.00	31.00	31.00	32.00	32.00	31.00	31.00	30.00
	20.00	18.00	18.00	15.00	15.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	.00														
0 3	15.00	25.00	25.00	35.00	33.00	33.00	25.00	27.00	31.00	31.00	32.00	32.00	31.00	31.00	30.00
	20.00	18.00	18.00	15.00	15.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	.00														
0 4	15.00	22.00	22.00	25.00	18.00	18.00	14.00	15.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00	20.00
	.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	.00														
0 5	10.00	14.00	14.00	13.00	10.00	10.00	5.00	7.00	11.00	11.00	12.00	12.00	12.00	12.00	-2.00
	-10.00	-12.00	-12.00	-10.00	-10.00	-5.00	-5.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	.00														
0 6	10.00	14.00	14.00	13.00	10.00	10.00	5.00	7.00	11.00	11.00	12.00	12.00	12.00	12.00	-2.00
	-10.00	-12.00	-12.00	-10.00	-10.00	-5.00	-5.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	.00														
0 7	-6.00	-1.00	-1.00	.00	-5.00	-5.00	-12.00	-11.00	-7.00	-7.00	-3.00	-3.00	-5.00	-5.00	-13.00
	-22.00	-30.00	-30.00	-23.00	-23.00	-15.00	-15.00	-10.00	-10.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	.00														
0 8	-6.00	-1.00	-1.00	.00	-5.00	-5.00	-12.00	-11.00	-7.00	-7.00	-3.00	-3.00	-5.00	-5.00	-13.00
	-22.00	-30.00	-30.00	-23.00	-23.00	-15.00	-15.00	-10.00	-10.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	.00														
0 9	-20.00	-19.00	-19.00	-20.00	-21.00	-21.00	-20.00	-15.00	-15.00	-15.00	-13.00	-13.00	-17.00	-17.00	-24.00
	-36.00	-40.00	-40.00	-32.00	-32.00	-24.00	-24.00	-22.00	-22.00	-20.00	-20.00	.00	.00	.00	.00
	.00														
0 10	-20.00	-19.00	-19.00	-20.00	-21.00	-21.00	-20.00	-15.00	-15.00	-15.00	-13.00	-13.00	-17.00	-17.00	-24.00
	-36.00	-40.00	-40.00	-32.00	-32.00	-24.00	-24.00	-22.00	-22.00	-20.00	-20.00	.00	.00	.00	.00
	.00														
0 11	-32.00	-32.00	-32.00	-33.00	-33.00	-33.00	-25.00	-17.00	-21.00	-21.00	-27.00	-27.00	-31.00	-31.00	-34.00

	-40,00	-48,00	-45,00	-40,00	-40,00	-35,00	-35,00	-31,00	-31,00	-46,00	-40,00	-50,00	-50,00	-40,00	-40,00
0 12	.00	-32,00	-32,00	-33,00	-33,00	-33,00	-25,00	-17,00	-21,00	-21,00	-27,00	-27,00	-31,00	-31,00	-34,00
	-40,00	-48,00	-45,00	-40,00	-40,00	-35,00	-35,00	-31,00	-31,00	-46,00	-40,00	-50,00	-50,00	-40,00	-40,00
0 13	.00	-37,00	-39,00	-39,00	-42,00	-38,00	-38,00	-30,00	-10,00	.00	.00	-10,00	-10,00	-40,00	-40,00
	-37,00	-45,00	-45,00	-72,00	-72,00	-66,00	-60,00	-90,00	-90,00	-70,00	-70,00	-75,00	-75,00	-70,00	-70,00
	-55,00														
0 14	.00	-37,00	-39,00	-39,00	-42,00	-38,00	-38,00	-30,00	-10,00	.00	.00	-10,00	-10,00	-40,00	-40,00
	-37,00	-45,00	-45,00	-72,00	-72,00	-66,00	-60,00	-90,00	-90,00	-70,00	-70,00	-75,00	-75,00	-70,00	-70,00
	-55,00														
0 15	.00	-45,00	-43,00	-50,00	-50,00	-50,00	-40,00	-40,00	-30,00	-30,00	-35,00	-30,00	-65,00	-65,00	-65,00
	-45,00	-55,00	-55,00	-80,00	-80,00	-80,00	-60,00	-70,00	-70,00	-78,00	-78,00	-81,00	-81,00	-82,00	-82,00
	-80,00														
0 16	.00	-70,00	-51,00	-51,00	-59,00	-52,00	-52,00	-46,00	-50,00	-52,00	-51,00	-50,00	-50,00	-70,00	-70,00
	-70,00	-90,00	-90,00	-70,00	-70,00	-90,00	-90,00	-92,00	-92,00	-92,00	-92,00	-92,00	-88,00	-88,00	-90,00
	-95,00														
0 17	.00	-70,00	-70,00	-72,00	-59,00	-59,00	-52,00	-56,00	-57,00	-57,00	-62,00	-62,00	-62,00	-72,00	-72,00
	-70,00	-72,00	-72,00	-70,00	-70,00	-102,00	-102,00	-106,00	-106,00	-106,00	-106,00	-97,00	-97,00	-95,00	-95,00
	-90,00														
0 18	.00	-70,00	-70,00	-72,00	-59,00	-59,00	-52,00	-56,00	-57,00	-57,00	-62,00	-62,00	-62,00	-72,00	-72,00
	-70,00	-72,00	-72,00	-70,00	-70,00	-102,00	-102,00	-106,00	-106,00	-106,00	-106,00	-97,00	-97,00	-95,00	-95,00
	-90,00														
0 19	.00	-75,00	-75,00	-75,00	-71,00	-71,00	-68,00	-75,00	-65,00	-65,00	-70,00	-70,00	-80,00	-80,00	-92,00
	-75,00	-100,00	-100,00	-100,00	-100,00	-108,00	-108,00	-114,00	-114,00	-112,00	-112,00	-104,00	-104,00	-98,00	-98,00
	-99,00														
0 20	.00	-75,00	-75,00	-75,00	-71,00	-71,00	-68,00	-75,00	-65,00	-65,00	-70,00	-70,00	-80,00	-80,00	-92,00
	-75,00	-100,00	-100,00	-100,00	-100,00	-108,00	-108,00	-114,00	-114,00	-112,00	-112,00	-104,00	-104,00	-98,00	-98,00
	-99,00														
0 21	.00	-85,00	-85,00	-82,00	-80,00	-80,00	-85,00	-98,00	-80,00	-80,00	-120,00	-120,00	-130,00	-130,00	-120,00
	-85,00	-125,00	-125,00	-130,00	-130,00	-109,00	-109,00	-127,00	-127,00	-128,00	-128,00	-126,00	-126,00	-110,00	-110,00
	-110,00														
0 22	.00	-85,00	-85,00	-82,00	-80,00	-80,00	-85,00	-98,00	-80,00	-80,00	-120,00	-120,00	-130,00	-130,00	-120,00
	-85,00	-125,00	-125,00	-130,00	-130,00	-109,00	-109,00	-127,00	-127,00	-128,00	-128,00	-126,00	-126,00	-110,00	-110,00
	-110,00														
0 23	.00	-105,00	-105,00	-105,00	-110,00	-110,00	-115,00	-118,00	-130,00	-130,00	-140,00	-140,00	-150,00	-150,00	-145,00
	-105,00	-145,00	-145,00	-150,00	-150,00	-140,00	-140,00	-147,00	-147,00	-147,00	-147,00	.00	.00	.00	.00
	-142,00														
0 24	.00	-105,00	-105,00	-105,00	-110,00	-110,00	-115,00	-118,00	-130,00	-130,00	-140,00	-140,00	-150,00	-150,00	-145,00
	-105,00	-145,00	-145,00	-150,00	-150,00	-140,00	-140,00	-147,00	-147,00	-147,00	-147,00	.00	.00	.00	.00
	-142,00														
0 25	.00	-110,00	-110,00	-120,00	-130,00	-130,00	-135,00	-130,00	-135,00	-135,00	-160,00	-160,00	.00	.00	.00
	.00	.00	.00	-140,00	-140,00	-155,00	-155,00	-160,00	-160,00	-160,00	-160,00	.00	.00	.00	.00
	.00														
0 26	.00	-110,00	-110,00	-120,00	-130,00	-130,00	-135,00	-130,00	-135,00	-135,00	-160,00	-160,00	.00	.00	.00
	.00	.00	.00	-140,00	-140,00	-155,00	-155,00	-160,00	-160,00	-160,00	-160,00	.00	.00	.00	.00
	.00														
0 27	.00	-120,00	-120,00	-130,00	-150,00	-150,00	-145,00	-150,00	-160,00	-160,00	-170,00	-170,00	.00	.00	.00
	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
	.00														

.00

1

SOLUTION BY THE STRONGLY IMPLICIT PROCEDURE

0

MAXIMUM ITERATIONS ALLOWED FOR CLOSURE = 50
ACCELERATION PARAMETER = 1.0000
HEAD CHANGE CRITERION FOR CLOSURE = .10000E-02
SIF HEAD CHANGE PRINTOUT INTERVAL = 1

0

3 ITERATION PARAMETERS CALCULATED FROM SPECIFIED WSEED = .00100000 :

.0000000E+00 .9221720E+00 .9683772E+00 .9943766E+00 .9990000E+00

STRESS PERIOD NO. 1, LENGTH = 2678400.

NUMBER OF TIME STEPS = 3

MULTIPLIER FOR DELT = 1.500

INITIAL TIME STEP SIZE = 203101.4

6 WELLS

LAYER	ROW	COL	STRESS RATE	WELL NO.
1	19	7	-.50000E-01	1
1	19	8	-.39200	2
1	19	14	-.41000	3
1	16	14	-.31000	4
1	16	16	-.14000	5
1	15	21	-.14000	6

RECHARGE WILL BE READ ON UNIT 17 USING FORMAT: (31F7.0)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31									

0 1	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000									
0 2	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	6.6021E-09	6.6021E-09	6.6021E-09	6.6021E-09
	6.6021E-09	6.6021E-09	8.2433E-09	8.2433E-09	8.2433E-09	8.2433E-09	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000									
0 3	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	6.6021E-09	6.6021E-09	6.6021E-09	6.6021E-09
	6.6021E-09	6.6021E-09	8.2433E-09	8.2433E-09	8.2433E-09	8.2433E-09	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000									
0 4	.0000	6.7886E-09	6.7886E-09	6.7886E-09	6.7886E-09	6.7886E-09	6.7886E-09	4.6117E-09	7.4973E-09	7.4973E-09
	7.4973E-09	7.4973E-09	1.6599E-08	1.6599E-08	8.2433E-09	8.2433E-09	8.2433E-09	8.2433E-09	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000									
0 5	.0000	6.7886E-09	6.7886E-09	6.7886E-09	6.7886E-09	6.7886E-09	6.7886E-09	4.6117E-09	7.4973E-09	8.0195E-09
	8.0195E-09	8.0195E-09	7.4973E-09	7.4973E-09	6.2664E-09	6.2664E-09	6.2664E-09	6.2664E-09	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000									
0 6	.0000	6.7886E-09	6.7886E-09	6.7886E-09	6.7886E-09	6.7886E-09	6.7886E-09	4.6117E-09	7.4973E-09	8.0195E-09

	8.0195E-09	8.0195E-09	8.0195E-09	8.0195E-09	7.4973E-09	7.4973E-09	7.4973E-09	7.4973E-09	.0000	.0000
0 19	.0000	.0000	.0000	7.4973E-09	8.0195E-09	8.0195E-09	8.0195E-09	8.0195E-09	.0000	.0000
	.0000	.0000	1.6039E-09	1.6039E-09	6.7513E-09	7.2362E-09	8.0195E-09	8.0195E-09	7.4973E-09	7.4973E-09
	8.0195E-09	8.0195E-09	8.0195E-09	8.0195E-09	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
0 20	.0000	.0000	.0000	7.4973E-09	8.0195E-09	8.0195E-09	8.0195E-09	8.0195E-09	.0000	.0000
	.0000	.0000	1.6039E-09	1.6039E-09	6.7513E-09	7.2362E-09	8.0195E-09	8.0195E-09	7.4973E-09	7.4973E-09
	8.0195E-09	8.0195E-09	8.0195E-09	8.0195E-09	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
0 21	.0000	.0000	.0000	7.4973E-09	8.0195E-09	8.0195E-09	4.8117E-09	6.0953E-09	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	9.9391E-09	1.4957E-08	8.2433E-09	8.2433E-09	8.0195E-09	8.0195E-09
	8.8401E-09	8.8401E-09	7.4973E-09	7.4973E-09	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
0 22	.0000	.0000	.0000	7.4973E-09	8.0195E-09	8.0195E-09	4.8117E-09	6.0953E-09	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	9.9391E-09	1.4957E-08	8.2433E-09	8.2433E-09	8.0195E-09	8.0195E-09
	8.8401E-09	8.8401E-09	7.4973E-09	7.4973E-09	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
0 23	.0000	.0000	.0000	8.0195E-09	8.8401E-09	8.8401E-09	8.0195E-09	7.4973E-09	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	8.2433E-09	8.2433E-09	8.2433E-09	8.2433E-09	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
0 24	.0000	.0000	.0000	8.0195E-09	8.8401E-09	8.8401E-09	8.0195E-09	7.4973E-09	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	8.2433E-09	8.2433E-09	8.2433E-09	8.2433E-09	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
0 25	.0000	.0000	.0000	1.6599E-08	2.0590E-08	2.0590E-08	2.0590E-08	2.0590E-08	1.6599E-08	1.6599E-08
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
0 26	.0000	.0000	.0000	1.6599E-08	2.0590E-08	2.0590E-08	2.0590E-08	2.0590E-08	1.6599E-08	1.6599E-08
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
0 27	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000

0

3 ITERATIONS FOR TIME STEP 1 IN STRESS PERIOD 1

OMAXIMUM HEAD CHANGE FOR EACH ITERATION:

0 HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL

 -.6325 (1, 14, 9) .6007E-02 (1, 14, 9) -1.5127E-04 (1, 14, 9)

0

3 ITERATIONS FOR TIME STEP 2 IN STRESS PERIOD 1

OMAXIMUM HEAD CHANGE FOR EACH ITERATION:

0 HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL

- .7757 (1, 14, 9) .9131E-02 (1, 14, 9) -.9271E-04 (1, 14, 9)

0

3 ITERATIONS FOR TIME STEP 3 IN STRESS PERIOD 1

MAXIMUM HEAD CHANGE FOR EACH ITERATION:

0 HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL

-.8793 (1, 14, 9) .1175E-01 (1, 14, 9) -.1172E-03 (1, 14, 9)

0

3 ITERATIONS FOR TIME STEP 4 IN STRESS PERIOD 1

MAXIMUM HEAD CHANGE FOR EACH ITERATION:

0 HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL

-.9119 (1, 19, 14) -.1714E-01 (1, 17, 13) -.3226E-03 (1, 19, 14)

0

3 ITERATIONS FOR TIME STEP 5 IN STRESS PERIOD 1

MAXIMUM HEAD CHANGE FOR EACH ITERATION:

0 HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL

-.9432 (1, 19, 14) -.3249E-01 (1, 17, 13) -.9509E-03 (1, 19, 14)

0

1 HEAD IN LAYER 1 AT END OF TIME STEP 5 IN STRESS PERIOD 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31									

0 1	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	45.00	47.00	42.00	36.00	36.00
	32.00	32.00	28.00	26.00	24.00	20.00	18.00	1000.	1000.	1000.
	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 2	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	44.00	53.37	54.11	51.46	51.11
	50.00	50.00	46.26	45.45	38.22	31.13	27.74	1000.	1000.	1000.
	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 3	38.00	40.00	40.00	42.00	44.00	44.00	53.71	54.77	52.32	51.88
	56.00	50.00	47.29	46.54	35.99	30.71	28.14	27.58	23.10	1000.
	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 4	34.00	37.98	38.54	40.33	49.16	49.66	53.53	54.48	52.75	52.40
	51.47	51.05	50.04	49.37	43.45	32.41	28.66	27.31	23.16	1000.
	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 5	38.00	41.25	42.04	44.12	48.49	49.63	51.66	53.59	51.70	51.06
	49.64	48.62	47.19	46.11	40.30	27.00	24.00	24.10	20.00	1000.
	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 6	33.00	41.40	40.18	44.19	48.20	48.21	51.11	51.56	51.10	50.49

	45.17	48.19	46.50	45.75	40.79	27.00	24.00	24.00	20.00	20.00
	12.00	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
0 7	40.18	41.61	42.07	43.50	45.92	46.11	47.42	48.99	47.69	47.33
	46.73	45.19	45.14	44.54	40.55	31.83	28.13	27.43	22.62	21.67
	13.00	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
0 8	40.28	41.52	41.93	43.46	45.20	45.35	46.29	47.45	46.71	46.45
	45.04	45.60	44.63	44.07	40.56	32.23	29.56	27.83	23.13	22.01
	13.00	13.00	2.000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
0 9	39.17	39.50	39.59	39.67	39.85	40.00	41.19	41.86	42.09	42.06
	41.89	41.68	41.26	40.82	38.46	33.04	29.83	29.37	24.05	22.16
	15.82	13.37	5.000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
0 10	38.70	38.95	38.99	38.99	38.91	38.93	39.36	39.69	40.53	40.63
	40.63	40.41	39.69	39.20	37.10	32.37	29.12	27.99	23.94	22.06
	16.42	13.69	5.000	5.000	10000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
0 11	34.27	34.34	34.54	35.43	33.77	33.34	31.34	30.00	31.30	31.61
	31.78	31.78	31.55	31.34	30.53	28.36	26.47	25.41	23.15	21.74
	17.51	14.62	9.605	6.765	10000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
0 12	32.25	31.82	31.92	32.88	31.40	30.98	29.54	27.54	29.38	29.70
	29.68	29.62	29.24	29.07	29.53	28.14	25.22	24.32	22.32	20.60
	17.59	14.77	10.33	7.351	10000	10000	10000	10000	10000	1000.
0 13	20.00	18.00	18.00	22.20	22.35	22.20	21.49	19.54	20.44	21.09
	21.65	22.02	22.42	22.69	23.02	21.97	21.57	21.11	19.60	19.37
	16.25	14.40	11.07	9.120	6.245	5.287	4.289	3.392	3.000	1000.
0 14	1000.	1000.	18.00	19.58	19.31	19.69	18.79	18.24	15.54	17.20
	18.64	19.34	19.67	20.05	20.90	20.08	19.30	19.58	18.34	17.28
	15.27	13.88	11.07	9.435	7.221	6.332	5.224	4.717	3.000	3.000
0 15	1000.	1000.	15.00	16.65	16.67	16.75	15.46	11.90	9.000	9.000
	12.65	14.52	15.73	16.39	17.74	17.76	17.71	17.55	16.86	15.91
	13.59	13.04	10.92	9.548	7.919	7.076	6.062	5.376	4.774	4.272
0 16	1000.	1000.	14.00	14.72	14.73	14.29	12.51	9.079	7.000	7.000
	8.890	10.13	10.38	9.377	13.25	11.85	14.92	15.12	15.22	14.81
	13.37	12.37	10.25	9.184	8.217	7.557	6.915	6.522	5.639	5.606
0 17	1000.	1000.	13.00	13.77	13.65	13.10	10.62	7.255	4.000	4.000
	6.130	7.392	9.004	8.298	11.44	12.50	13.39	13.67	14.01	13.75
	12.59	11.68	9.579	8.604	7.595	6.942	6.460	6.302	6.405	6.450
	6.639									
0 18	1000.	1000.	13.00	13.24	13.37	12.47	10.02	5.866	4.000	4.000
	4.640	5.416	5.097	6.226	10.30	12.09	12.42	12.60	12.97	12.76

	11.70	10.86	9.849	7.935	6.560	6.205	5.629	5.574	6.216	1000.
0 19	1000.	1000.	11.00	12.42	12.49	11.88	9.136	3.624	1.000	1.000
	1.000	1.000	3.433	9.499	9.169	13.17	11.41	11.54	11.70	11.47
	10.27	9.353	7.785	6.961	5.000	5.000	4.000	4.000	5.598	1000.
0 20	1000.	1000.	11.00	11.55	11.73	11.12	6.547	4.404	1.000	1000.
	1000.	1.000	2.908	3.767	8.161	10.06	10.19	10.24	10.23	9.982
	9.909	8.267	6.575	5.863	5.000	1000.	1000.	4.000	4.684	1000.
0 21	1000.	1000.	5.000	9.637	10.27	9.874	7.735	4.026	1.000	1000.
	1000.	1.000	1.000	1.000	6.538	8.028	8.100	8.032	7.622	7.410
	6.927	6.340	4.606	3.663	1.000	1000.	1000.	1.000	2.000	1000.
0 22	1000.	1000.	5.000	5.021	9.055	6.840	7.127	5.711	1.000	1000.
	1000.	1000.	1000.	1.000	5.446	6.665	6.297	6.122	5.343	5.220
	5.506	4.397	2.931	2.214	1.000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
0 23	1000.	1000.	2.500	5.903	7.623	7.630	6.311	5.643	1.500	1000.
	1000.	1000.	1000.	1.000	3.000	4.000	2.500	2.500	1.500	1.500
	3.677	3.272	1.000	1.000	1.000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
0 24	1000.	1000.	2.500	4.543	6.550	5.551	5.531	3.409	1.500	1.500
	1.000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1.500
	2.799	2.489	1.000	1.000	1.000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
0 25	1000.	1000.	1.000	5.624	5.610	5.718	4.944	3.073	1.650	1.314
	1.000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1.000
	1.700	1.700	1.000	1.000	1.000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
0 26	1000.	1000.	1.000	2.685	4.399	4.511	3.670	2.365	1.321	1.266
	1.000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
0 27	1000.	1000.	1.000	1.000	2.000	2.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	1.000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.

VOLUMETRIC BUDGET FOR ENTIRE MODEL AT END OF TIME STEP 5 IN STRESS PERIOD 1

0	CUMULATIVE VOLUMES	L**3	RATES FOR THIS TIME STEP	L**3/T
	IN:		IN:	
	---		---	
	STORAGE =	.50899E+09	STORAGE =	8.3826

0	CONSTANT HEAD =	.12328E+06		CONSTANT HEAD =	.45039E-01
0	WELLS =	.00000		WELLS =	.00000
	RECHARGE =	.79405E+07		RECHARGE =	2.9273
	TOTAL IN =	.38863E+08		TOTAL IN =	11.355
	OUT:			OUT:	
	----			----	
	STORAGE =	.17712E+08		STORAGE =	3.8699
	CONSTANT HEAD =	.17294E+08		CONSTANT HEAD =	6.0450
	WELLS =	.38569E+07		WELLS =	1.4400
	RECHARGE =	.00000		RECHARGE =	.00000
0	TOTAL OUT =	.38863E+08		TOTAL OUT =	11.355
0	IN - OUT =	52.000		IN - OUT =	.10490E-04
0	PERCENT DISCREPANCY =	.00		PERCENT DISCREPANCY =	.00

1

TIME SUMMARY AT END OF TIME STEP 5 IN STRESS PERIOD 1

	SECONDS	MINUTES	HOURS	DAYS	YEARS
TIME STEP LENGTH	.102820E+07	17136.7	285.611	11.9005	.325317E-01
STRESS PERIOD TIME	.267840E+07	44640.0	744.000	31.0000	.846734E-01
TOTAL SIMULATION TIME	.267840E+07	44640.0	744.000	31.0000	.846734E-01

1

STRESS PERIOD NO. 9, LENGTH = 2678400.

NUMBER OF TIME STEPS = 5

MULTIPLIER FOR DELT = 1.500

INITIAL TIME STEP SIZE = 203101.4

7 WELLS

LAYER	ROW	COL	STRESS RATE	WELL NO.
1	19	7	-1.50000E-01	1
1	19	8	-1.44000	2
1	19	14	-1.43000	3
1	17	21	-1.40000E-01	4
1	16	14	-1.29000	5
1	16	16	-1.11000	6
1	16	21	-1.20000E-01	7
1	15	17	-1.16000	8
1	15	21	-1.40000E-01	9

RECHARGE WILL BE READ ON UNIT 17 USING FORMAT: (I17.0)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31									
0 1	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000									
0 2	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	2.9840E-09	2.9840E-09	2.9840E-09	2.9840E-09
	2.9840E-09	2.9840E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000									
0 3	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	2.9840E-09	2.9840E-09	2.9840E-09	2.9840E-09
	2.9840E-09	2.9840E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000									
0 6	.0000	2.2380E-09	2.2380E-09	2.2380E-09	2.2380E-09	2.2380E-09	2.2380E-09	4.5879E-09	7.6465E-09	7.6465E-09
	7.6465E-09	7.6465E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000									
0 8	.0000	2.2380E-09	2.2380E-09	2.2380E-09	2.2380E-09	2.2380E-09	4.5879E-09	7.6465E-09	8.1687E-09	8.1687E-09
	8.1687E-09	8.1687E-09	7.6465E-09	7.6465E-09	8.2664E-09	8.2664E-09	8.2664E-09	8.2664E-09	.0000	.0000

0 18	.0000	.0000	.0000	7.6465E-09	8.1687E-09	8.1687E-09	8.1916E-09	8.5832E-09	8.1687E-09	8.1687E-09
	8.1687E-09	8.1687E-09	6.9378E-09	6.9378E-09	7.3481E-09	8.1687E-09	8.1687E-09	8.1687E-09	7.6465E-09	7.6465E-09
	8.1687E-09	8.1687E-09	8.1687E-09	8.1687E-09	7.6465E-09	7.6465E-09	7.6465E-09	7.6465E-09	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
0 19	.0000	.0000	.0000	7.6465E-09	8.1687E-09	8.1687E-09	6.9378E-09	8.7069E-09	.0000	.0000
	.0000	.0000	1.6337E-09	1.6337E-09	6.8632E-09	7.3481E-09	8.1687E-09	8.1687E-09	7.6465E-09	7.6465E-09
	8.1687E-09	8.1687E-09	8.1687E-09	8.1687E-09	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
0 20	.0000	.0000	.0000	7.6465E-09	8.1687E-09	8.1687E-09	6.9378E-09	8.7069E-09	.0000	.0000
	.0000	.0000	1.6337E-09	1.6337E-09	6.8632E-09	7.3481E-09	8.1687E-09	8.1687E-09	7.6465E-09	7.6465E-09
	8.1687E-09	8.1687E-09	8.1687E-09	8.1687E-09	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
0 21	.0000	.0000	.0000	7.6465E-09	8.1687E-09	8.1687E-09	4.8863E-09	6.1172E-09	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	2.2380E-09	3.3570E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	8.1687E-09	8.1687E-09
	1.1414E-08	1.1414E-08	7.6465E-09	7.6465E-09	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
0 22	.0000	.0000	.0000	7.6465E-09	8.1687E-09	8.1687E-09	4.8863E-09	6.1172E-09	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	2.2380E-09	3.3570E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	8.1687E-09	8.1687E-09
	1.1414E-08	1.1414E-08	7.6465E-09	7.6465E-09	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
0 23	.0000	.0000	.0000	8.1687E-09	1.1414E-08	1.1414E-08	8.1687E-09	7.6465E-09	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
0 24	.0000	.0000	.0000	8.1687E-09	1.1414E-08	1.1414E-08	8.1687E-09	7.6465E-09	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
0 25	.0000	.0000	.0000	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
0 26	.0000	.0000	.0000	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
0 27	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000

0
 2 ITERATIONS FOR TIME STEP 1 IN STRESS PERIOD 8
 MAXIMUM HEAD CHANGE FOR EACH ITERATION:
 0 HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL

 -.7891E-01 (1, 16, 21) -.1883E-01 (1, 13, 14)

0
 2 ITERATIONS FOR TIME STEP 2 IN STRESS PERIOD 9

0 MAXIMUM HEAD CHANGE FOR EACH ITERATION:

0 HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL

 - .1686 (1, 16, 21) - .4379E-03 (1, 17, 20)

0 3 ITERATIONS FOR TIME STEP 3 IN STRESS PERIOD 9

0 MAXIMUM HEAD CHANGE FOR EACH ITERATION:

0 HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL

 - .1443 (1, 16, 21) - .184E-02 (1, 17, 20) - .1E55E-04 (1, 19, 14)

0 3 ITERATIONS FOR TIME STEP 4 IN STRESS PERIOD 9

0 MAXIMUM HEAD CHANGE FOR EACH ITERATION:

0 HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL

 - .1637 (1, 16, 21) - .2983E-02 (1, 17, 20) - .5771E-04 (1, 19, 14)

0 3 ITERATIONS FOR TIME STEP 5 IN STRESS PERIOD 9

0 MAXIMUM HEAD CHANGE FOR EACH ITERATION:

0 HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL

 - .2232 (1, 16, 21) - .3999E-02 (1, 17, 20) - .1955E-03 (1, 19, 14)

1 HEAD IN LAYER 1 AT END OF TIME STEP 5 IN STRESS PERIOD 9

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31									
0 1	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	45.00	47.00	42.00	36.00	36.00
	32.00	32.00	25.00	25.00	24.00	20.00	18.00	1000.	1000.	1000.
	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 2	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	44.00	50.90	50.54	48.11	48.21
	50.00	50.00	44.94	41.21	37.63	28.14	26.20	1000.	1000.	1000.
	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 3	38.00	40.00	40.00	42.00	44.00	44.00	32.43	37.51	51.95	50.98
	50.00	50.00	48.33	45.81	37.82	31.19	26.62	27.29	33.20	1000.
	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 4	34.00	37.20	39.59	42.97	47.21	49.17	32.74	33.74	52.86	52.11
	51.38	50.54	49.35	47.33	41.16	31.63	28.67	24.75	23.29	1000.
	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 5	38.00	39.64	41.31	44.00	47.38	49.00	31.38	31.99	51.20	50.40
	49.59	48.62	47.49	45.52	40.00	27.00	24.00	24.00	20.00	1000.

	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
0 6	38.00 48.53 18.00 1000.	40.16 47.63 1000.	41.77 44.61 1000.	44.10 44.91 1000.	46.83 39.72 1000.	48.13 27.00 1000.	49.55 24.00 1000.	50.53 24.00 1000.	49.94 20.00 1000.	49.24 20.00 1000.
0 7	40.32 47.23 13.00 1000.	41.13 46.49 1000.	42.06 45.58 1000.	43.70 44.16 1000.	45.65 39.90 1000.	46.63 31.47 1000.	47.72 28.03 1000.	48.73 26.08 1000.	46.35 22.53 1000.	47.63 19.83 1000.
0 8	40.67 43.27 13.00 1000.	41.07 44.73 13.00	41.38 44.05 8.000	42.55 42.90 1000.	43.69 39.31 1000.	44.28 32.57 1000.	44.74 29.44 1000.	45.69 27.19 1000.	45.92 23.74 1000.	45.63 20.04 1000.
0 9	39.46 42.06 13.22 1000.	39.70 41.69 11.42	39.94 41.16 3.000	40.43 40.24 1000.	41.03 37.66 1000.	41.29 32.20 1000.	41.37 29.33 1000.	42.14 27.04 1000.	42.37 23.59 1000.	42.28 19.77 1000.
0 10	37.00 37.67 15.83 1000.	37.12 37.63 11.69	37.24 37.26 3.000	37.45 36.55 3.000	37.69 34.66 1.0000	37.70 30.47 1.000.	37.69 27.92 1.000.	37.83 25.92 1.000.	37.91 22.85 1.000.	37.91 19.61 1.000.
0 11	32.28 32.61 16.20 1000.	32.24 32.38 12.67	32.36 32.08 3.719	32.85 31.67 3.432	32.70 31.06 1.0000	32.36 28.01 1.000.	32.79 25.72 1.000.	33.15 24.19 1.000.	32.93 21.50 1.000.	32.80 19.24 1.000.
0 12	26.79 27.24 16.02 1000.	26.50 27.04 13.13	26.63 26.79 9.960	27.66 26.67 6.377	27.99 26.63 1.0000	27.89 24.79 1.0000	27.59 23.15 1.0000	27.77 22.02 1.0000	27.70 20.76 1.0000	27.56 18.42 1.000.
0 13	20.00 20.72 13.39 1000.	18.00 21.18 13.27	18.00 21.38 10.89	22.50 21.94 8.441	23.63 22.38 3.697	23.73 20.92 4.363	23.37 19.80 3.635	21.78 19.21 3.129	20.23 18.37 3.000	20.30 17.08 1.000.
0 14	1000. 15.41 14.48 1.0000	1000. 17.27 12.84	18.00 17.53 10.92	19.49 17.91 9.018	20.14 16.91 7.174	20.01 17.97 3.953	19.44 17.13 3.115	17.13 17.18 4.382	15.23 16.24 3.000	15.50 15.90 3.000
0 15	1000. 11.13 13.31 2.000	1000. 12.40 12.24	18.00 13.25 10.72	16.34 10.79 9.210	16.76 15.67 7.935	16.46 13.27 6.757	15.41 13.74 3.924	12.69 15.16 3.154	9.000 15.34 4.263	9.000 14.65 3.554
0 16	1000. 7.563 11.66 3.344	1000. 7.823 11.05	14.00 7.350 9.882	14.43 5.925 8.660	14.17 11.67 7.523	13.54 11.99 3.617	11.95 13.12 3.940	8.595 13.74 3.347	7.000 13.76 4.712	7.000 13.11 4.152
0 17	1000. 5.039 10.79	1000. 5.331 10.23	13.00 3.064 9.234	13.27 4.714 8.052	12.85 9.813 3.819	12.04 11.51 6.097	10.04 12.29 3.412	3.688 12.73 4.973	4.000 12.66 4.564	4.000 12.06 4.285

	3.797									
0 18	1000.	1000.	13.00	12.50	12.01	11.15	5.793	3.600	4.000	3.000
	3.714	3.514	3.010	2.120	9.583	10.59	11.52	11.24	11.69	11.14
	10.23	9.423	9.419	7.294	5.145	5.632	4.866	4.574	5.326	1000.
	1000.									
0 19	1000.	1000.	11.00	11.27	11.11	10.21	7.638	1.9664	1.000	1.000
	1.000	1.000	1.4832	-4.026	7.450	10.17	10.57	10.59	10.62	10.05
	9.200	8.329	7.272	6.194	5.000	5.000	4.000	4.000	3.938	1000.
	1000.									
0 20	1000.	1000.	11.00	10.21	10.08	9.247	6.994	2.092	1.000	1000.
	1000.	1.000	1.5374	1.6540	6.364	8.864	9.227	9.326	8.962	8.480
	7.772	6.949	5.849	4.909	5.000	1000.	1000.	4.900	3.314	1000.
	1000.									
0 21	1000.	1000.	5.000	8.361	6.890	8.263	6.351	2.540	1.0000	1000.
	1000.	1.0000	1.000	1.000	5.003	6.540	7.175	7.114	6.427	5.354
	5.771	5.071	4.045	3.001	1.000	1000.	1000.	1.000	2.000	1000.
	1000.									
0 22	1000.	1000.	5.000	7.071	7.719	7.323	5.819	2.773	1.0000	1000.
	1000.	1000.	1000.	1.000	3.919	5.311	5.019	4.825	4.134	3.971
	4.253	3.649	2.273	1.601	1.000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 23	1000.	1000.	2.500	5.563	6.557	6.385	6.195	2.982	1.500	1000.
	1000.	1000.	1000.	1.0000	3.000	4.000	2.500	2.500	1.500	1.500
	2.503	2.397	1.0000	1.0000	1.000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 24	1000.	1000.	2.500	4.500	5.432	5.420	4.531	2.796	1.500	1.500
	1.0000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1.500
	2.315	1.934	1.0000	1.0000	1.5000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 25	1000.	1000.	1.000	3.267	4.522	4.388	3.899	2.431	1.502	1.267
	1.000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1.0000
	1.700	1.700	1.0000	1.0000	1.0000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 26	1000.	1000.	1.000	2.327	3.437	3.517	2.904	1.792	1.126	1.666
	1.000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 27	1000.	1000.	1.0000	1.000	2.900	2.900	1.000	1.5000	1.000	1.000
	1.0000	1.000.	1000.	1.000.	1.000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									

VOLUMETRIC BUDGET FOR ENTIRE MODEL AT END OF TIME STEP 5 IN STRESS PERIOD 9

0	CUMULATIVE VOLUMES	L#*T	RATES FOR THIS TIME STEP				L#*3/T
---	--------------------	------	--------------------------	--	--	--	--------

	IN:		IN:
	----		----
	STORAGE = .11710E+09		STORAGE = 5.10E9
	CONSTANT HEAD = .19441E+07		CONSTANT HEAD = .13980
	WELLS = .00000		WELLS = .00000
	RECHARGE = .63115E+08		RECHARGE = 2.5543
0	TOTAL IN = .16218E+09		TOTAL IN = 3.8000
0	OUT:		OUT:
	----		----
	STORAGE = .30773E+08		STORAGE = .85841E-01
	CONSTANT HEAD = .11513E+09		CONSTANT HEAD = 4.0042
	WELLS = .36275E+08		WELLS = 1.6900
	RECHARGE = .00000		RECHARGE = .00000
0	TOTAL OUT = .16218E+09		TOTAL OUT = 5.8000
0	IN - OUT = 144.00		IN - OUT = .00000
0	PERCENT DISCREPANCY = .00		PERCENT DISCREPANCY = .00

TIME SUMMARY AT END OF TIME STEP 3 IN STRESS PERIOD 7

	SECONDS	MINUTES	HOURS	DAYS	YEARS
TIME STEP LENGTH	.102820E+07	17136.7	285.611	11.9005	.325817E-01
STRESS PERIOD TIME	.267940E+07	44640.0	744.000	31.0000	.848734E-01
TOTAL SIMULATION TIME	.236735E+08	394560.	6576.00	274.000	.750171

STRESS PERIOD NO. 18, LENGTH = 2672400.

NUMBER OF TIME STEPS = 5

MULTIPLIER FOR DELT = 1.500

INITIAL TIME STEP SIZE = 203101.4

9 WELLS

LAYER	ROW	COL	STRESS RATE	WELL NO.
1	19	7	-1.50000E-01	1
1	19	8	-.47000	2
1	19	14	-.41000	3
1	17	21	-.57000E-01	4
1	16	14	-.24000	5
1	16	16	-.16000	6
1	16	21	-.13500	7
1	15	17	-.16000	8
1	15	21	-.47000E-01	9

RECHARGE WILL BE READ ON UNIT 17 USING FORMAT: (31F7.0)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31									
0 1	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000									
0 2	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	2.9840E-09	2.9840E-09	2.9840E-09	2.9840E-09
	2.9840E-09	2.9840E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000									
0 3	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	2.9840E-09	2.9840E-09	2.9840E-09	2.9840E-09
	2.9840E-09	2.9840E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000									
0 4	.0000	2.2380E-09	2.2380E-09	2.2380E-09	2.2380E-09	2.2380E-09	2.2380E-09	1.1003E-08	1.6314E-08	1.6314E-08
	1.6314E-08	1.6314E-08	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000									
0 5	.0000	2.2380E-09	2.2380E-09	2.2380E-09	2.2380E-09	2.2380E-09	1.2011E-08	1.6314E-08	1.9993E-08	1.9993E-08
	1.9993E-08	1.9993E-08	1.6314E-08	1.6314E-08	1.6314E-08	1.6314E-08	1.6314E-08	1.6314E-08	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000									
0 6	.0000	2.2380E-09	2.2380E-09	2.2380E-09	2.2380E-09	2.2380E-09	1.2011E-08	1.6314E-08	1.9993E-08	1.9993E-08

	.0000	.0000	2.7826E-09	2.7826E-09	1.1675E-08	1.7979E-08	1.9993E-08	1.9993E-08	1.8687E-08	1.8687E-08
	1.9993E-08	1.9993E-08	1.3913E-08	1.3913E-08	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000									
0 20	.0000	.0000	.0000	1.3316E-08	1.3913E-08	1.3913E-08	1.7009E-08	1.3938E-08	.0000	.0000
	.0000	.0000	2.7826E-09	2.7826E-09	1.1675E-08	1.7979E-08	1.9993E-08	1.9993E-08	1.8687E-08	1.8687E-08
	1.9993E-08	1.9993E-08	1.3913E-08	1.3913E-08	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000									
0 21	.0000	.0000	.0000	1.3316E-08	1.3913E-08	1.3913E-08	1.2011E-08	1.4995E-08	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	2.2380E-09	3.3570E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	1.3913E-08	1.3913E-08
	1.4398E-08	1.4398E-08	1.3316E-08	1.3316E-08	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000									
0 22	.0000	.0000	.0000	1.3316E-08	1.3913E-08	1.3913E-08	1.2011E-08	1.4995E-08	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	2.2380E-09	3.3570E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	1.3913E-08	1.3913E-08
	1.4398E-08	1.4398E-08	1.3316E-08	1.3316E-08	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000									
0 23	.0000	.0000	.0000	1.3913E-08	1.4398E-08	1.4398E-08	1.9993E-08	1.8314E-08	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000									
0 24	.0000	.0000	.0000	1.3913E-08	1.4398E-08	1.4398E-08	1.9993E-08	1.8314E-08	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000									
0 25	.0000	.0000	.0000	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000									
0 26	.0000	.0000	.0000	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09	3.7300E-09
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000									
0 27	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
	.0000									

0
 2 ITERATIONS FOR TIME STEP 1 IN STRESS PERIOD 18
 MAXIMUM HEAD CHANGE FOR EACH ITERATION:
 0 HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL

 -1.5607E-01 (1, 19, 14) -1.3347E-03 (1, 19, 14)
 0

2 ITERATIONS FOR TIME STEP 2 IN STRESS PERIOD 18
 MAXIMUM HEAD CHANGE FOR EACH ITERATION:
 0 HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL

 -1.6868E-01 (1, 19, 14) -1.6161E-03 (1, 19, 14)
 0

3 ITERATIONS FOR TIME STEP 3 IN STRESS PERIOD 18
 MAXIMUM HEAD CHANGE FOR EACH ITERATION:
 0 HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL

-1.7856E-01 (1, 19, 14) -1.1677E-02 (1, 19, 14) -1.1555E-04 (1, 19, 14)

0

3 ITERATIONS FOR TIME STEP 4 IN STRESS PERIOD 10

0 MAXIMUM HEAD CHANGE FOR EACH ITERATION:

0 HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL

-1.8437E-01 (1, 15, 21) -1.1799E-02 (1, 19, 14) -1.3356E-04 (1, 19, 14)

0

3 ITERATIONS FOR TIME STEP 5 IN STRESS PERIOD 10

0 MAXIMUM HEAD CHANGE FOR EACH ITERATION:

0 HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL HEAD CHANGE LAYER,ROW,COL

-1.1025 (1, 2, 14) -1.2971E-02 (1, 17, 20) -1.7035E-04 (1, 19, 14)

0

1 HEAD IN LAYER 1 AT END OF TIME STEP 5 IN STRESS PERIOD 10

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31									
0 1	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	45.00	47.00	42.00	38.00	36.00
	52.00	52.00	28.00	28.00	24.00	20.00	18.00	1000.	1000.	1000.
	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 2	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	44.00	51.16	50.42	43.17	48.32
	50.00	50.00	45.37	41.56	35.24	29.37	25.05	1000.	1000.	1000.
	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 3	35.00	40.00	40.00	42.00	44.00	46.00	52.35	53.92	52.68	51.49
	50.00	50.00	49.15	47.21	41.63	33.75	29.86	27.58	24.50	1000.
	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 4	34.00	37.61	40.29	43.77	47.27	49.35	52.95	54.02	53.67	53.03
	52.35	51.59	50.41	48.50	42.74	35.79	30.53	28.35	24.88	1000.
	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 5	38.00	39.91	41.79	44.72	47.64	49.38	51.68	52.41	51.92	51.22
	50.46	49.49	48.33	46.38	40.62	27.00	24.00	24.00	20.00	1000.
	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 6	38.00	40.42	42.21	44.76	47.17	48.57	50.21	50.99	50.64	50.02
	49.32	49.40	47.31	45.44	39.99	27.00	24.00	24.00	20.00	20.00
	18.00	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 7	40.50	41.52	42.58	44.31	46.09	47.15	48.33	49.27	49.05	48.57
	47.98	47.17	46.16	44.57	39.34	31.93	25.45	26.43	23.02	20.22
	13.00	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 8	40.34	41.30	42.11	43.09	44.14	44.77	45.62	46.49	46.58	46.29
	45.88	45.27	44.50	43.17	39.27	33.00	29.89	27.51	24.26	20.43

	13.00	13.00	6.000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 9	39.62	40.06	40.47	41.13	41.66	42.14	42.20	42.90	43.06	42.91
	42.62	42.17	41.57	40.51	37.60	32.42	29.57	27.22	23.88	20.07
	13.51	11.75	5.000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 10	36.24	36.59	36.91	37.43	38.07	38.31	38.60	38.78	38.62	38.46
	36.28	37.56	37.53	36.74	34.56	30.51	27.93	25.93	23.02	19.81
	13.10	11.98	5.000	5.000	10000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 11	30.97	31.14	31.46	32.33	32.77	33.09	33.91	34.42	33.96	33.66
	33.30	32.90	32.43	31.80	31.01	28.13	25.78	24.26	21.91	19.41
	16.45	13.00	9.073	5.749	10000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 12	26.69	25.62	25.53	27.32	28.24	28.61	29.97	29.29	28.53	28.45
	27.92	27.50	27.06	26.71	26.50	24.76	23.13	22.07	20.39	18.52
	16.22	13.49	10.40	6.801	10000	10000	10000	10000	10000	1000.
	1000.									
0 13	20.00	18.00	18.00	22.65	24.19	24.66	24.83	23.40	21.29	21.00
	21.23	21.47	21.76	21.96	22.10	20.70	19.59	19.02	18.25	17.03
	15.44	13.53	11.38	9.072	6.330	5.020	4.296	3.657	3.000	1000.
	1000.									
0 14	1000.	1000.	18.00	19.86	20.39	21.10	20.88	18.61	16.01	15.99
	16.95	17.48	17.65	17.93	18.59	17.61	16.81	16.86	16.58	15.61
	14.20	12.90	11.34	9.659	7.912	6.745	5.965	5.036	3.000	3.000
	10000									
0 15	1000.	1000.	15.00	17.02	17.63	17.51	16.74	15.79	9.000	9.000
	11.25	12.51	13.35	13.81	13.24	14.79	13.26	14.71	14.89	14.10
	12.57	12.07	11.03	9.617	9.591	7.576	6.748	5.871	4.716	3.837
	2.000									
0 16	1000.	1000.	14.00	14.95	15.00	14.50	13.06	9.405	7.000	7.000
	7.640	7.941	7.557	6.329	11.34	11.56	12.68	13.32	13.24	12.33
	10.33	10.64	10.09	9.180	8.166	7.315	6.630	5.953	5.207	4.395
	3.263									
0 17	1000.	1000.	13.00	13.80	13.63	12.92	10.92	6.362	4.000	4.000
	5.128	5.441	5.221	4.894	9.555	11.21	12.01	13.45	12.29	11.47
	9.744	9.960	9.439	8.493	7.289	6.553	5.832	5.332	4.761	4.300
	3.570									
0 18	1000.	1000.	15.00	13.03	12.76	11.94	9.552	4.183	4.000	4.000
	3.775	3.616	3.155	2.354	8.336	10.71	11.37	11.70	11.48	10.78
	9.700	9.347	9.660	7.672	6.432	5.902	5.118	4.778	4.397	1000.
	1000.									
0 19	1000.	1000.	11.00	11.83	11.54	10.94	9.325	1.517	1.000	1.000
	1.000	1.000	1.6701	-3.502	7.310	10.11	10.66	10.89	10.57	9.938
	9.055	8.456	7.579	6.541	5.000	5.000	4.000	4.000	3.940	1000.
	1000.									
0 20	1000.	1000.	11.00	10.79	10.20	9.934	7.396	2.566	1.000	1000.
	1000.	1.000	1.9041	1.722	6.292	6.963	9.371	9.491	9.104	8.595
	7.916	7.232	6.293	5.227	5.000	1000.	1000.	4.000	3.292	1000.
	1000.									
0 21	1000.	1000.	5.000	9.167	9.625	6.949	6.902	2.968	10000	1000.
	1000.	10000	1.000	1.000	4.977	7.044	7.313	7.277	6.640	6.274

	3.999	5.363	4.367	3.254	1.000	1000.	1000.	1.000	2.000	1000.
	1000.									
0 22	1000.	1000.	5.000	7.702	8.478	8.033	6.388	3.190	10000	1000.
	1000.	1000.	1000.	1.000	3.928	5.397	5.123	4.944	4.320	4.151
	4.466	3.667	2.489	1.762	1.000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 23	1000.	1000.	2.500	6.193	7.301	7.092	5.833	3.437	1.500	1000.
	1000.	1000.	1000.	10000	3.000	4.000	2.500	2.500	1.500	1.500
	3.029	2.330	10000	10000	15000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 24	1000.	1000.	2.500	4.837	6.095	6.056	5.118	3.220	1.500	1.500
	10000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1.500
	2.388	2.009	10000	10000	15000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 25	1000.	1000.	1.000	3.658	5.045	5.105	4.324	2.750	1.383	1.296
	1.000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	10000
	1.700	1.700	10000	10000	15000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 26	1000.	1000.	1.000	2.560	3.750	3.640	3.201	1.999	1.199	1.9956
	1.000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.									
0 27	1000.	1000.	10000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.500	1.500	1.5000
	10000	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.
	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1000.	1.000	1000.	1000.
	1000.									

WOLFESTRAD BUDGET FOR ENTIRE MODEL AT END OF TIME STEP 5 IN STRESS PERIOD 18

	CUMULATIVE VOLUMES	L*#3		RATES FOR THIS TIME STEP	L*#3/T
	IN:			IN:	
	---			---	
	STORAGE =	.14034E+09		STORAGE =	1.3164
	CONSTANT HEAD =	.42110E+07		CONSTANT HEAD =	.92148E-01
	WELLS =	.00000		WELLS =	.00000
	RECHARGE =	.24536E+09		RECHARGE =	5.3510
0	TOTAL IN =	.38991E+09		TOTAL IN =	6.7595
0	OUT:			OUT:	
	----			----	
	STORAGE =	.85296E+08		STORAGE =	.40747
	CONSTANT HEAD =	.32774E+09		CONSTANT HEAD =	4.5950
	WELLS =	.76830E+08		WELLS =	1.7590
	RECHARGE =	.00000		RECHARGE =	.00000
0	TOTAL OUT =	.38991E+09		TOTAL OUT =	6.7595
0	IN - OUT =	32.000		IN - OUT =	.11928E-04
0	PERCENT DISCREPANCY =	.00		PERCENT DISCREPANCY =	.00

1

TIME SUMMARY AT END OF TIME STEP 5 IN STRESS PERIOD 10

	SECONDS	MINUTES	HOURS	DAYS	YEARS
TIME STEP LENGTH	.102820E+07	17136.7	285.611	11.9005	.325817E-01
STRESS PERIOD TIME	.267840E+07	44640.0	744.000	31.0000	.848734E-01
TOTAL SIMULATION TIME	.474536E+08	790560.	13176.0	549.000	1.50308

1

Annexe 4 :

CHARGE HYDRAULIQUE AU 31 DECEMBRE 1978

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	.00	.00	.00	45.00	47.00	42.00	36.00	32.00	26.00	24.00	20.00
2	38.00	40.00	42.00	44.00	34.48	55.12	52.39	50.00	47.44	39.66	35.04
3	34.00	40.03	44.12	48.75	53.20	53.70	32.98	51.54	49.79	42.96	34.82
4	38.00	42.00	44.93	48.68	51.19	51.83	51.18	49.30	47.02	39.89	27.00
5	45.68	44.77	44.31	46.00	46.68	47.65	47.52	46.58	44.95	40.19	32.86
6	40.95	39.80	38.96	39.01	39.41	39.69	40.76	40.48	39.50	36.97	31.91
7	30.23	29.22	30.83	31.50	30.43	27.00	27.24	29.72	28.34	27.88	25.29
8	20.00	18.00	20.23	21.15	19.48	17.00	18.89	19.22	19.48	19.75	18.73
9	.00	15.00	16.97	17.25	15.05	11.00	9.00	13.09	13.38	15.56	14.91
10	.00	14.00	15.33	15.19	12.63	9.26	7.00	8.65	7.05	12.25	12.20
11	.00	13.00	13.87	13.28	10.08	5.99	4.00	5.10	4.81	10.11	11.71
12	.00	12.00	12.38	11.75	7.69	2.02	1.00	1.00	-2.10	7.39	10.32
13	.00	7.00	9.98	9.52	6.70	3.69	.00	.00	1.00	5.09	7.45
14	.00	1.30	6.04	7.81	5.85	3.97	1.50	.00	.00	3.00	4.00
15	.00	1.00	3.23	4.98	4.18	3.13	1.80	1.00	.00	.00	.00
16	.00	.00	1.00	2.00	1.00	1.00	.50	.30	.00	.00	.00

	12	13	14	15	16	17	18	19
1	18.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
2	36.36	38.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00
3	33.36	36.50	.00	.00	.00	.00	.00	.00
4	24.00	20.00	18.00	.00	.00	.00	.00	.00
5	29.42	23.10	13.00	8.00	.00	.00	.00	.00
6	28.83	21.20	15.03	5.00	.00	.00	.00	.00
7	23.00	20.10	15.43	8.37	.00	.00	.00	.00
8	17.93	16.70	14.41	10.93	7.67	6.21	3.00	.00
9	13.79	14.50	11.74	10.51	8.33	7.11	5.31	2.00
10	13.14	13.20	10.52	10.03	8.11	7.16	6.24	7.62
11	12.35	11.90	9.89	9.10	7.00	6.32	5.24	8.30
12	10.72	9.80	8.52	6.74	5.07	4.00	4.61	.00
13	7.50	6.00	5.51	5.00	1.00	1.00	1.00	.00
14	2.50	1.50	3.16	.00	.50	.00	.00	.00
15	.00	.00	1.70	.00	.00	.00	.00	.00
16	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00	.00

Bibliographie

1 - MICHAEL G. McDONALD AND ARLEN
W. HARBAUGH

A modular three-dimensional finite-difference
ground-water flow model

528 pages

prepared by

U.S. Department of the Interior

U.S. Geological Survey

National Center

Reston, Virginia

Année : 1984.

2 - GILBERT CASTANY

Principes et méthodes de l'hydrogéologie

236 pages

Editeur : Dunod

Année : 1985

3 - DAVID KEITH TODD

Ground water hydrology

336 pages

Editeur : John Wiley & sons , Inc.

Année : 1959

4 - HERMAN BOUWER

Groundwater hydrology

430 pages

Editeur : McGraw-Hill

Année : 1978

5 - JACOB BEAR

Hydraulics of groundwater

569 pages

Editeur : McGraw-Hill

Année : 1979

6 - ANDRÉ DUPONT

Hydraulique urbaine

tomé 1 : hydrologie , captage et traitement

des eaux

264 pages

Editeur : Eyrolles

Année : 1978

7 - MICHEL GODARD

Introduction à la mécanique des fluides

82 pages

Editeur : Ecole Polytechnique de Thies

Année : 1986

8 - WILFRED KAPLAN

Advanced calculus

709 pages

Editeur : Addison - Wesley publishing company

Année : 1974 (second printing)

9 - ALFRED STROHMEIER

Fortran 77 - Approche systématique
illustrée d'exemples

144 pages

Editeur : Eyrolles

Année : 1985

10 - IBM

Fortran compiler

393 pages

Editeur : International Business Machine
Corporation

Année : 1984 (second edition)