V.1. Introduction :

Dans ce présent chapitre, la partie informatique est présentée aussi dans notre projet à savoir l'élaboration des programmes propres aux deux méthodes citées dans le chapitre précèdent. Le programme sera consacré à la méthode des charges.

A la fin du chapitre nous appliquerons le programme sur un réseau de deux mailles et cela afin de valider le code et le comparé avec les résultats d'un autre code : EPANET.

V.2. Choix de la formule de calcul du coefficient de perte de charge :

Pour le calcul des pertes de charge, on dispose de plusieurs formules; comme nous l'avons déjà vu dans le deuxième chapitre, les formules les plus utilisées sont les suivantes:

- Equation de Formule Chézy -Manning, conçue pour les conduites industrielles [3] :

$$\Delta H = \frac{10.294.n^2.L.Q^2}{D^{5.33}}$$

ΔH : perte de charge en m

Q : débit en m^3/s

L : longueur du tuyau en m

D : diamètre du tuyau en m

n : coefficient du rugosité de Manning

Pour notre modèle nous allons utiliser la formule de Hazen-williams qui permet de calculer directement la résistance hydraulique R depuis la formule suivante : $$\Delta H = \frac{10.675.Q^{1.852}.L}{D^{4.871}.C_{hw}^{1.852}}$$

En suite pour le calcul' de la perte de charge linéaire, on dispose de la formule ajustée par Hazan –Williams et Chézy -Manning.

Matériaux	**C_{hw}**	n
Argile, acier, riveté neuf	110	0.015-0.017
bois, béton	120	0.012-0.017
conduite très lisse	140	0.013-0.015
fonte ou acier soudé neuf	130	0.012-0.015
fonte vieille, brique	100	0.011-0.015
fonte ou acier très corrodé	80	0.015-0.017
fonte (ductile) avec revêtement de ciment	140	0.012-0.017
PVC	150	0.011-0.015

Tableau V.1: donnant les valeurs du coefficient de Hasan - williams (C_{hw}) et(n) Manning de divers matériaux utilisés pour la fabrication de conduite

Notre choix s'est porté sur la formule de Hazan – williams et Chézy -Manning car cette formule permet d'établir des diagnostiques sur l'état du réseau et sur la perte de charge dans les réseau, a cour T, moyen et long terme, et ce grâce au coefficient de Hazan-williams ($\mathbf{C_{hw}}$),et coefficient **(n)** Manning de qui tien compte du matériau avec le quel est fabriqué la conduite, et ainsi page de la conduite.

V.3. Premier exemple d'application :

Le programme ainsi établis est appliqués à un cas de deux mailles, et les résultats obtenus, sont comparés pour les deux méthodes vérifiant l'exactitude des résultats et la convergence.

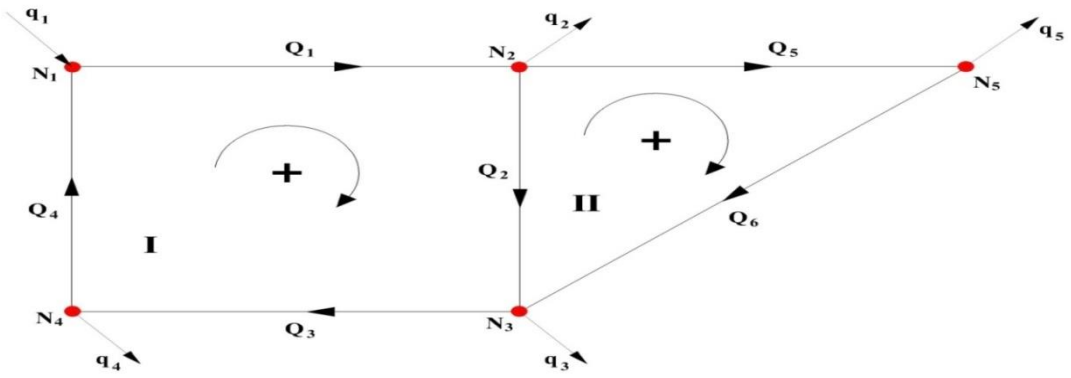


Figure V.1: Réseau à deux maillée

$$\begin{cases} \sum_{maill} \Delta H = 0 & maille \\ \sum_N \varepsilon_N Q_N = 0 & noeude \end{cases}$$

$$\Delta H = RQ^n = RQ^2 \rightarrow Q = Rh^m = R\Delta H^M$$

$$M_1: \quad \sum_{M_1} \Delta H = 0 \rightarrow \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 = 0$$

$$M_2: \quad \sum_{M_1} \Delta H = 0 \rightarrow \Delta H_2 + \Delta H_5 + \Delta H_6 = 0$$

$$\begin{cases} (H_1 - H_2) + (H_2 - H_3) + (H_3 - H_4) + (H_4 - H_1) = 0 \\ (H_2 - H_5) + (H_2 - H_5) + (H_5 - H_3) = 0 \end{cases}$$

$$(H_1 - H_2) = R_1 Q_1^2 = R_1 Q_1 |Q_1|$$

$$(H_2 - H_3) = R_2 Q_2^2 = R_2 Q_2 |Q_2|$$

$$(H_3 - H_4) = R_3 Q_3^2 = R_3 Q_3 |Q_3|$$

$$(H_4 - H_1) = R_4 Q_4^2 = R_4 Q_4 |Q_4|$$

$$(H_2 - H_5) = R_5 Q_5^2 = R_5 Q_5 |Q_5|$$

$$(H_5 - H_3) = R_6 Q_6^2 = R_6 Q_6 |Q_6|$$

$$Q_1 = \left(\frac{H_1 - H_2}{R_1}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{1}{R_1}\right)^{\frac{1}{2}} (H_1 - H_2)^{\frac{-1}{2}}(H_1 - H_2) = K_1(H_1 - H_2)$$

$$Q_2 = \left(\frac{H_2 - H_3}{R_2}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{1}{R_2}\right)^{\frac{1}{2}} (H_2 - H_3)^{\frac{-1}{2}}(H_2 - H_3) = K_2(H_2 - H_3)$$

$$Q_3 = \left(\frac{H_3 - H_4}{R_3}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{1}{R_3}\right)^{\frac{1}{2}} (H_3 - H_4)^{\frac{-1}{2}}(H_3 - H_4) = K_3(H_3 - H_4)$$

$$Q_4 = \left(\frac{H_4 - H_1}{R_4}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{1}{R_4}\right)^{\frac{1}{2}} (H_4 - H_1)^{\frac{-1}{2}}(H_4 - H_1) = K_4(H_4 - H_1)$$

$$Q_5 = \left(\frac{H_2 - H_5}{R_5}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{1}{R_5}\right)^{\frac{1}{2}} (H_2 - H_5)^{\frac{-1}{2}}(H_2 - H_5) = K_5(H_2 - H_5)$$

$$Q_6 = \left(\frac{H_5 - H_3}{R_6}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{1}{R_6}\right)^{\frac{1}{2}} (H_5 - H_3)^{\frac{-1}{2}}(H_5 - H_3) = K_6(H_5 - H_3)$$

$$\sum_N Q_N = 0$$

Nd_1 : $Q_4 + q_1 = Q_1$ ..... $Q_1 - Q_4 = q_1$

Nd_2 : $Q_1 = q_2 + Q_5 + Q_2$..... $Q_1 - Q_2 - Q_5 = q_2$

Nd_3 : $Q_2 + Q_6 = Q_3 + q_3$..... $Q_2 - Q_3 + Q_6 = q_3$

Nd_4 : $Q_3 = Q_4 + q_4$ ..... $Q_3 - Q_4 = q_4$

Nd_5 : $Q_5 = Q_6 + q_5$ ..... $Q_5 - Q_6 = q_5$

Nd_1 : $-K_1(H_1 - H_2) + K_4(H_4 - H_1) = -q_1$

Nd_2 : $K_1(H_1 - H_2) - K_2(H_2 - H_3) - K_5(H_2 - H_5) = q_2$

Nd_3: $K_2(H_2 - H_3) - K_3(H_3 - H_4) + K_6(H_5 - H_3) = q_3$

Nd_4: $K_3(H_3 - H_4) - K_4(H_4 - H_1) = q_4$

Nd_5: $K_5(H_2 - H_5) - K_6(H_5 - H_3) = q_5$

$$\begin{cases} -(K_1+K_4)H_1 + K_1H_2 + K_4H_4 = -q_1 \\ K_1H_1 - (K_1+K_2+K_5)H_2 + K_2H_3 + K_5H_5 = q_2 \\ K_2H_2 - (K_2+K_3+K_6)H_3 + K_3H_4 + K_6H_5 = q_2 \\ K_3H_3 - (K_3+K_4)H_4 + K_4H_1 = q_4 \\ K_5H_2 - (K_5+K_6)H_5 + K_6H_3 = q_5 \end{cases}$$

$$\begin{bmatrix} -(k_1+k_4) & k_1 & 0 & k_4 & 0 \\ k_1 & -(k_1+k_2+k_5) & k_2 & 0 & k_5 \\ 0 & K_2 & -(k_2+k_3+k_6) & k_3 & k_6 \\ k_4 & 0 & k_3 & -(k_3+k_4) & 0 \\ 0 & k_5 & k_6 & 0 & -(k_5+k_6) \end{bmatrix} = \begin{Bmatrix} H_1 \\ H_2 \\ H_3 \\ H_4 \\ H_5 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -q_1 \\ q_2 \\ q_3 \\ q_4 \\ q_5 \end{Bmatrix}$$

H_1 connue (réservoir)=H_1^* inconnue (N-1) : H_2 , H_3, H_4, H_5

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -(k_1+k_2+k_5) & k_2 & 0 & k_5 \\ 0 & K_2 & -(k_2+k_3+k_6) & k_3 & k_6 \\ 0 & 0 & k_3 & -(k_3+k_4) & 0 \\ 0 & k_5 & k_6 & 0 & -(k_5+k_6) \end{bmatrix} = \begin{Bmatrix} H_1 \\ H_2 \\ H_3 \\ H_4 \\ H_5 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} H_1^* \\ q_2 - K_{(2,1)}H_1^* \\ q_3 - K_{(3,1)}H_1^* \\ q_4 - K_{(4,1)}H_1^* \\ q_5 - K_{(5,1)}H_1^* \end{Bmatrix}$$

H_2 connue (réservoir)=H_2^* inconnue (N-1) : H_1 , H_3, H_4, H_5

$$\begin{bmatrix} -(k_1+k_4) & 0 & 0 & k_4 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -(k_2+k_3+k_6) & k_3 & k_6 \\ k_4 & 0 & k_3 & -(k_3+k_4) & 0 \\ 0 & 0 & k_6 & 0 & -(k_5+k_6) \end{bmatrix} = \begin{Bmatrix} H_1 \\ H_2 \\ H_3 \\ H_4 \\ H_5 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -q_1 - K_{(1,2)}H_2^* \\ H_2^* \\ q_3 - K_{(3,2)}H_2^* \\ q_4 - K_{(4,2)}H_2^* \\ q_5 - K_{(5,2)}H_2^* \end{Bmatrix}$$

La solution du système linéaire s'ait par….

$$\left[K(\Delta H^{(0)})\right]\{H^{(1)}\} = \{q^{(1)}\} \rightarrow solustion\ H^{(1)} = \begin{Bmatrix} H_1^{(1)} \\ H_2^{(1)} \\ \vdots \\ H_4^{(1)} \end{Bmatrix}$$

$$\left[K(\Delta H^{(1)})\right]\{H^{(2)}\} = \{q^{(1)}\} \rightarrow = H^{(2)}$$

$$\left[K(\Delta H^{(2)})\right]\{H^{(3)}\} = \{q^{(2)}\} \rightarrow = H^{(3)}$$

$$\left[K(\Delta H^{(3)})\right]\{H^{(4)}\} = \{q^{(3)}\} \rightarrow = H^{(4)}$$

$$\left[K(\Delta H^{(k-1)})\right]\{H^{(k)}\} = \{q^{(k-1)}\} \rightarrow = H^{(k)}$$

$$Max\left(\left|K^{(k)} - K^{(k-1)}\right|\right) < \varepsilon$$

V.4. Langage de programmation :

Fortran est un langage de programmation, développé par IBM vers 1955, et destine à fournir aux scientifiques un moyen simple pour passer de leurs formules mathématiques jusqu'à un programme effectif (son nom est une abréviation de Formula Translator). Il est très efficace dans le domaine du calcul numérique, et offre de nombreuses bibliothèques de programmes d'analyse numérique [4].

Fortran a fait l'objet de plusieurs normalisations : fortran 77, fortran 90 et 95, et plus récemment fortran 2003. Le présent document s'intéresse aux versions 90/95 (peu différentes l'une de l'autre).

V.5. Organigramme de la méthode matricielle :

V.5.1. Description des données :

- La numérotation des conduites
- La numérotation des nœuds
- La numérotation des mailles
- Un sens arbitraire pour chaque débit
- Le sens arbitraire de contour des mailles

Les données nécessaires sont les suivantes :

- Le nombre de conduites maximum
- Le nombre de conduites de l'étude

- Le nombre de nœuds
- Les nœuds départ et arrivée pour chaque conduite
- Le diamètre de chaque conduite
- La rugosité de chaque conduite (coefficient k)
- La longueur de chaque conduite
- Le nombre de conduites dans chaque maille
- Le numéro des conduites dans chaque maille
- Le débit sur chaque nœud
- La cote au sol de chaque nœud
- La donnée des suppresseurs éventuels
- Le numéro du nœud de référence
- La valeur de l'exposant du débit dans la formule de perte de charge
- Le pourcentage d'erreur désiré dans le calcul des débits

V.6.Estimation des besoins en eaux :

Dans ce chapitre intitulé évolution des besoins en eau, notre objectif est de vérifier l'équilibre entre la production, le stockage et la demande en eau de la population avec son évolution dans le temps pour un horizon estimé à (2048).

V.6.1.Etude d'évolution de la population :

V.6.1.1.Prévision de la population :

En ce qui concerne les prévissions pour le long terme, nous préconisons un taux d'accroissement moyen estimé à T=1,8%, et une population stable au-delà de 2048 en raison de la saturation du périmètre d'étude et le caractère agricole de la région. Nous disposons comme donnée de base, le nombre de la population de 2018 qui est évalué à 2400 habitants.

V.6.1.2.Prévision de la population aux horizons d'études :

Pour les calculs d'estimation de la population future, nous utiliserons finalement la formule de l'équation des intérêts composés:

$$P_n = P_0 * (1+T)^n$$

Avec

P_n : la population à l'horizon de calcul.

P_0 : la population de base (2018).

T: Le taux d'accroissement moyen annuel de la population (0,018).

n : le nombre des années d'écart(30ans).

Les résultats du calcul se trouvent dans le tableau ci-dessous :

LIEU	Population en 2018(hab.)	Taux d'accroissement (%)	Population en 2048(hab.)
Zone d'étude	2400	1,8	4098

Tableau V.2: Evolution de la population

V.6.2.Evolution des besoins en eau potable :

V.6.3.Généralités :

La quantité d'eau potable à garantir est fonction des différents besoins suivants :

A) Besoins domestique:

On entend par besoins domestiques, l'utilisation de l'eau pour : la boisson, la préparation des repas, la propreté, le lavage de la vaisselle et du linge, les douches, l'arrosage des jardins familiaux …etc.

Les besoins en eau domestique dépendent essentiellement du développement des installations sanitaires et des habitudes de la population.

B) Besoins publics:

On entend par les besoins publics, l'utilisation de l'eau pour : le nettoyage des marchés et des caniveaux, le lavage des automobiles et l'eau que demandent les casernes, les administrations, les cantines…etc.

C) Besoins industriels et agricoles :

Les entreprises industrielles et agricoles ont besoin d'une quantité d'eau importante pour leur fonctionnement. La qualité d'eau exigée est différente d'une industrie à une autre en fonction du type du produit fabriqué ou transformé.

D) Besoins scolaires :

On entend par besoins scolaires, les quantités d'eau demandées par les écoles primaires, moyennes et secondaires, privées ou publics, les centres de formation…etc.

E) Besoins sanitaires :

On entend par besoins sanitaires, les quantités d'eau nécessaires pour le lavage des cours, des baignoires, des douches, des WC (Water-closet) et des éviers…etc.

F) Besoins d'incendie :

On entend par besoins d'incendie, les quantités d'eau nécessaires pour la lutte contre l'incendie.

V.6.4.Evaluation des débits :

V.6.4.1.Généralité :

Les quantités des eaux de consommations sont à considérer selon les valeurs des débits de pointe qui conditionnent explicitement les dimensionnements des conduites, les débits seront évalués sur la base des consommations d'eaux globales de l'agglomération observée au jour de la forte consommation de l'année, rapporté à l'unité habitant sur une période de 24 heures.

V.6.4.2.Consommation unitaire et choix de la dotation :

La dotation en eau allouée aux horizons considérés est en général en fonction des ressources disponibles, les besoins actuelles sont estimés a 150 l /j/hab. Toute fois pour les besoins futures de notre zone d'étude, ceux-ci sont croissants et peuvent atteindre jusqu'à 150 l/j/hab.

V.6.4.3.Calcul du débit moyen journalier (2018):

L'estimation du débit moyen de consommation domestique est exprimée par la formule suivante :

$$Q_{moy,j} = \frac{Di * Ni}{1000}(m^3 / j)$$

Avec :

- $Q_{moy,\,j}$: consommation moyenne journalière en m^3/j ;
- D_i : dotation journalière en l/j/hab.
- N_i : nombre de consommateurs.

AN : $Q_{moy,j} = \frac{150 \text{ x } 2400}{1000} = 360\ m^3/j$

V.6.4.4.Evaluation des besoins le long terme (2048):

DESIGNATION	SPECIFICATION	NOMBRE	DOTATION	DEBIT(m3 / j)
Domestiques	/	4098 habitants	150 l/j/hab	614.70
Scolaires	01 école	250 élèves	30 l/j/el	7.50
Sanitaires	Hôpital	60 lits	300 l/j/lit	18.00
Culturels et cultuels	mosquées	400 fidèles	30 l/j/fid	12.00
Socioculturels commerciaux	stade	1 vestiaire	5000 l/vest	5.00
	Marcher couvert	2000 m2	5 l/j/m2	10.00
Socioculturels	Centre culturel	30 personnes	30 l/per	0.90
Administratifs	APC	45 employés	15/l/employé	0.675
Arrosages	Espaces verts	5000 m2	5 l/j/m2	25.00
TOTAL	/	/	/	**693.775**

Tableau V.3: des besoins le long terme (2048)

V.6.5.Etude des variations des débits :

V.6.5.1.Variation des débits de consommation dans le temps :

Le débit demandé par les différentes catégories des consommateurs est soumis à plusieurs variabilités en raison de l'irrégularité de la consommation dans le temps.

- Variations annuelles qui dépendent du niveau de vie de l'agglomération considérée ;
- Variations mensuelles et saisonnières qui dépendent de l'importance de la ville ;
- Variations journalières qui dépendent du jour de la semaine où la consommation est plus importante au début de la semaine qu'en weekend ;
- Variations horaires qui dépendent du régime de consommation de la population. Elles représentent les variations les plus importantes.

V.6.6.Coefficient d'irrégularité :

V.6.6.1.Coefficient d'irrégularité maximale (Kmax,j) :

Du fait de l'existence d'une irrégularité de la consommation journalière au cours de la semaine, on doit tenir compte de cette variation en déterminant le rapport :

$$\mathbf{K_{max,j} = Q_{max,j} / Q_{moy,j}}$$

Ce coefficient $K_{max,j}$ varie entre **1.1** et **1.3**, il consiste à prévenir les fuites et les gaspillages au niveau du réseau en majorant la consommation moyenne de 10% à 30%. pour en tenir compte ($K_{max,j}$ =1.30)

$\mathbf{Q_{max,j} = K_{max,j}. Q_{moy,j}}$,

- $Q_{max,j}$: débit maximum journalier en m^3/j ;
- $Q_{moy,j}$: débit moyen journalier en m^3/j ;
- $K_{max,j}$: coefficient d'irrégularité maximale journalière :

$$\mathbf{Q_{max,j}} = 1.3*693.775= \mathbf{901.90\ m^3/j}$$

V.6.7.Détermination des débits horaires :

Généralement on détermine les débits horaires en fonction du développement, des habitudes de la population et du régime de consommation probable.

V.6.7.1.Débit moyen horaire :

Le débit moyen horaire est donné par la relation suivante :

$$\mathbf{Q_{moy,h} = Q_{max,j}/24 \quad (\ m^3/h\ )}$$

Avec : - $Q_{moy,h}$: débit moyen horaire en m^3/h ;

- $Q_{max,j}$: débit maximum journalier en m^3/j ;

Donc : $\mathbf{Q_{moy,h}}$ = 901.90 /24 = **37.57 m^3/h** .

V.6.7.2.Détermination du débit maximum horaire :

Ce débit joue un rôle très important dans les différents calculs du réseau de distribution, il est déterminé par la relation suivante :

$$\mathbf{Q_{max,h} = K_{max,h}.\ Q_{moy,h}}$$

Avec : - $Q_{moy,h}$: débit moyen horaire en m^3/h ;

- $K_{max,h}$: coefficient d'irrégularité maximale horaire

V.6.7.3.Coefficient maximum horaire (Kmax,h) :

Ce coefficient représente l'augmentation de la consommation horaire pour la journée. Il tient compte de l'accroissement de la population ainsi que le degré du confort et du régime de travail de l'industrie.

D'une manière générale, ce coefficient peut être décomposé en deux autres coefficients : α_{max} et β_{max} ; tel que :

$$\mathbf{K_{max,h} = \alpha_{max}\ .\ \beta_{max}}$$

Avec :

- α_{max} : coefficient qui tient compte du confort des équipements de l'agglomération et de régime du travail, varie de **1,2** à **1,5** et dépend du niveau de développement local. Pour notre cas on prend $\boldsymbol{\alpha_{max} = 1,3.}$
- β_{max} : coefficient étroitement lié à l'accroissement de la population. Le tableau II.3 nous donne Sa variation en fonction du nombre d'habitants.

Habitant	<1000	1500	2500	4000	6000	10000	20000	50000
B_{max}	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15

Tableau V.4: variation du coefficient β_{max}

Pour notre cas on a un nombre d'habitants de **4098hab** alors :

Par interpolation on fait calculer $\boldsymbol{\beta_{max}}$ **:**

$$\beta_{max} = 1.5 - \left[\left(\frac{1.5-1.4}{6000-4000}\right) x(4098 - 4000)\right]$$

$\boldsymbol{\beta_{max}}$=1.495

la valeur de $K_{max,h}$ sera :

$\mathbf{K_{max,h}}$ = 1.495*****1,3 = 1,94

$\mathbf{K_{max,h}}$**= 1,94**

$$\mathbf{Q_{max,h} = 1,94*37.57 = 72.88\ m^3/h = 20.24\ l/s}$$

V.7.Détermination des débits :

V.7.1.Le débit route :

Il est défini comme étant le débit reparti uniformément le long d'un tronçon du réseau, il est donné par la relation suivante :

$$\sum \mathbf{Q}_r = \mathbf{Q}_{cons} - \sum \mathbf{Q}_{conc}$$

Avec

$\sum \mathbf{Qr}$: Le débit route global

Q_{cons} : le débit consommé

$\sum \mathbf{Q_{conc}}$: Somme de débits concentrés dans cette cas $\sum \mathbf{Q_{conc}}$ =0

V.7.2.Le débit spécifique :

Le débit spécifique est définie comme étant le rapport entre le débit route et la somme des longueurs de tous les tronçons.

$$\mathbf{Q_{spe}} = \frac{\sum \mathbf{Q}p}{\sum \mathbf{Li}} \qquad \mathbf{Q_{spe}} = \frac{20.24}{670} = \mathbf{0.0302089552238806\ l/s/ml}$$

Q_{spc} : débit spécifique (l/s/m)

$\sum Li$: somme des longueurs des tronçons du réseau (m)

V.7.3.Le débit au nœud :

Le débit au nœud est celui qui est concentré à chaque point de jonction des conduites du réseau, il doit être déterminé à partir de la relation suivante [19]:

$Q_{n,i} = 0.5\sum Q_{ri-k} + \sum Q_{conc}$ Avec

$Q_{n,i}$: débit au nœud i

$\sum Q_{ri-k}$: somme des débits route des tronçons reliés au nœud i

$\sum Q_{conc}$: somme des débits concentrés au nœud. $\sum Q_{conc}$ =0

V.8.Calcul des débits des nœuds :

V.8.1.Cas de pointe :

Nœuds	Tronçons	L(m)	Qspe (l/s/m)	Q rout (l/s/m)	Q noeud(l/s)	Côte(m)
2	R – N2	120.00	0.030208955223880 6	3.62	6.64	558.00
	N2 – N3	100.00		3.02		
	N2 – N5	100.00		3.02		
3	N3 – N2	100.00		3.02	5.29	555.00
	N3 – N4	120.00		3.62		
	N3 – N5	130.00		3.94		
4	N4 – N3	120.00		3.62	3.83	557.00
	R – N4	100.00		3.02		
5	N5 – N2	100.00		3.02	3.48	560.00
	N5 – N3	130.00		3.94		
R	/	/	/	/	/	600.00

Tableau V.5: calcul de débits aux nœuds : cas de pointe

V.9. La programmation

V.9.1. Fortran :

a) Chargement les données à la programme fortran :

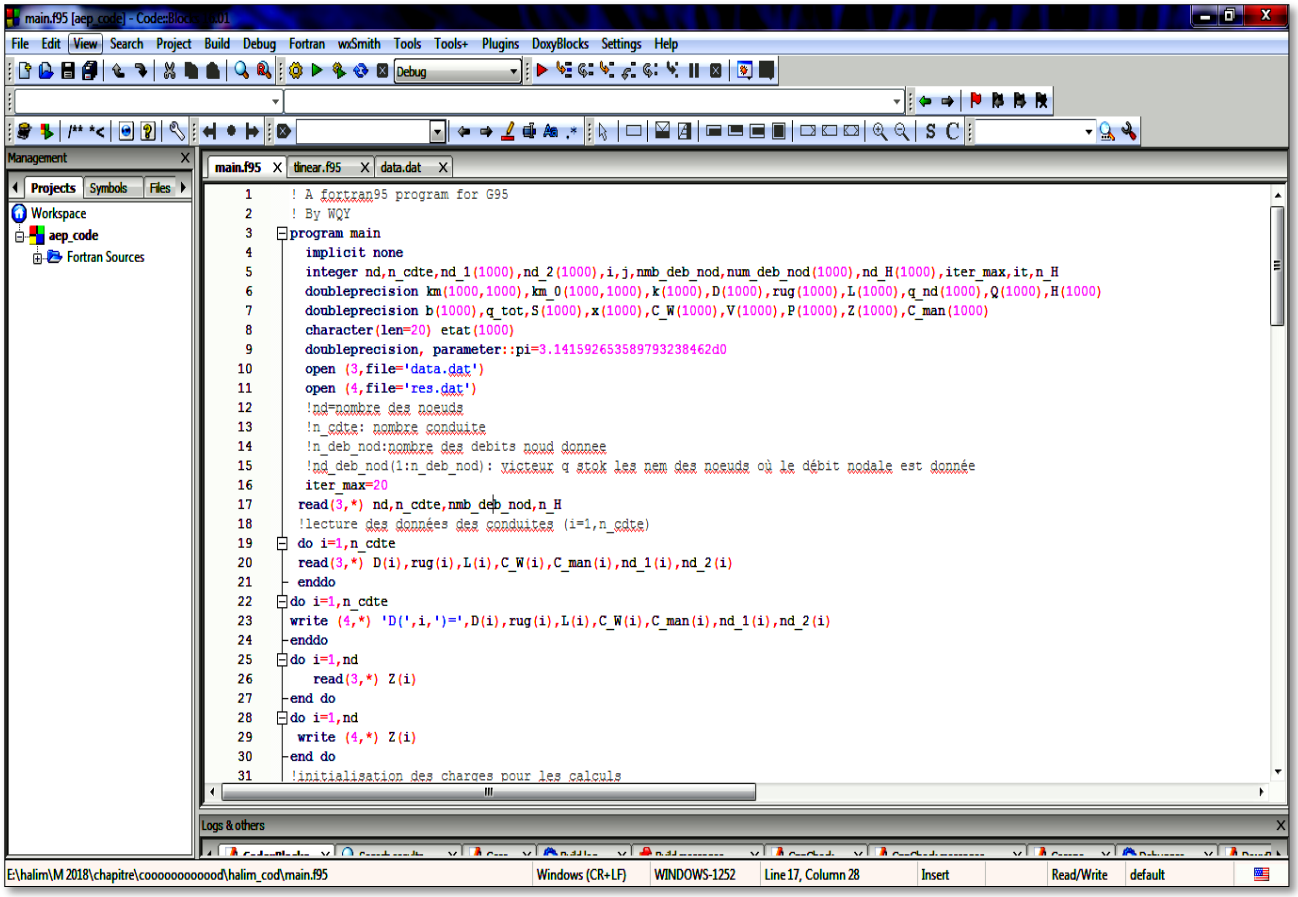
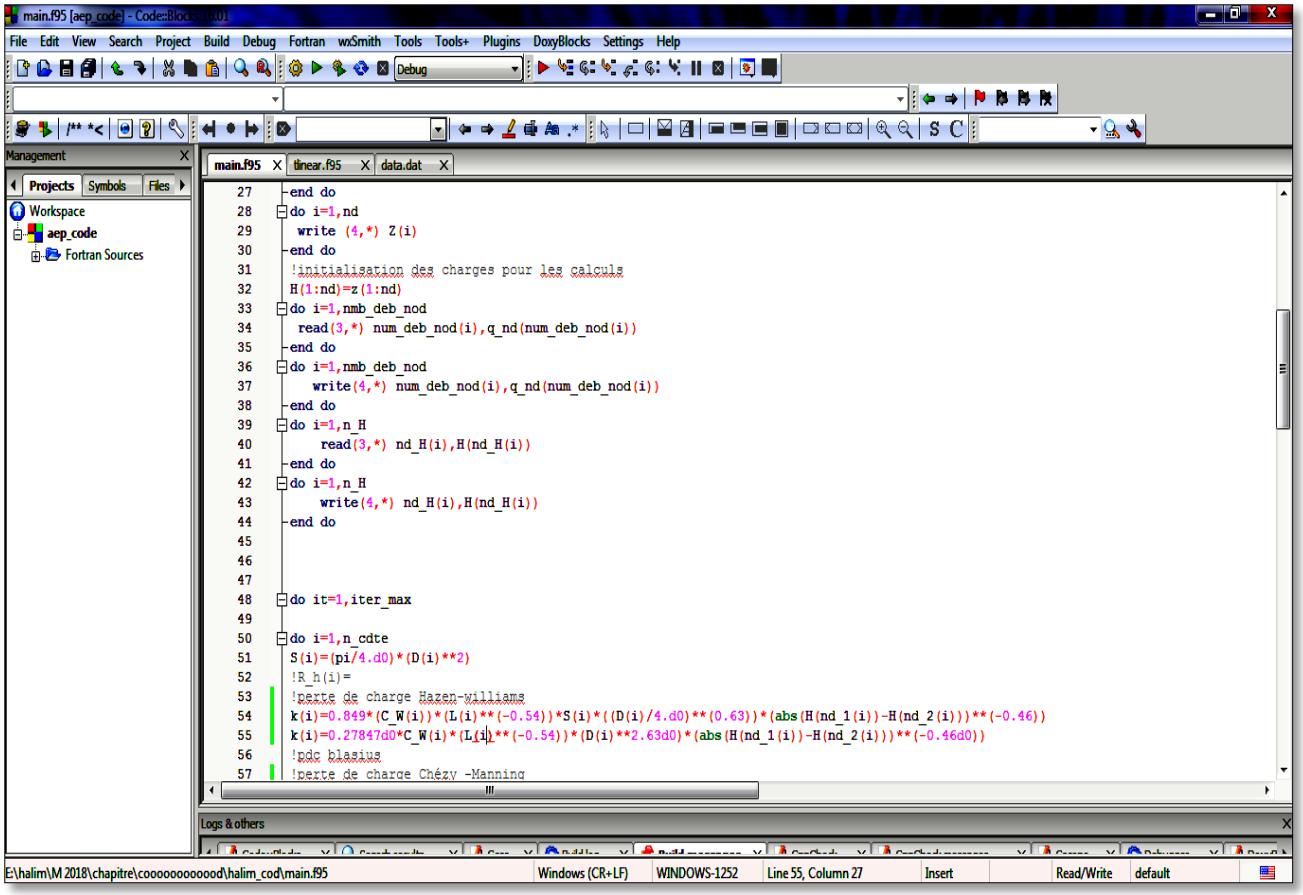
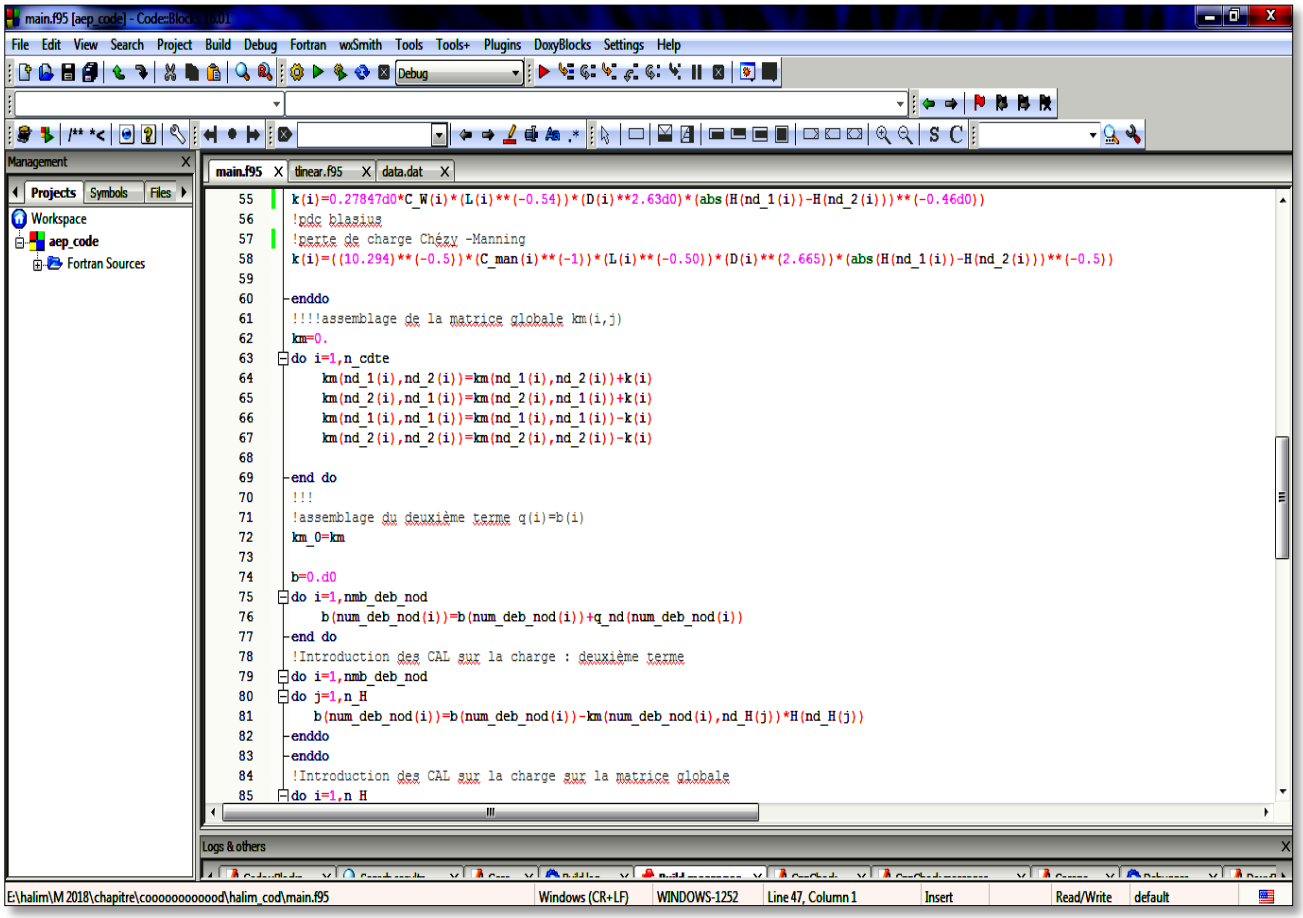


Tableau V.6: Remplissage les donnée initiaux de calcul



```
27    end do
28    do i=1,nd
29     write (4,*) Z(i)
30    end do
31    !initialisation des charges pour les calculs
32    H(1:nd)=z(1:nd)
33    do i=1,nmb_deb_nod
34     read(3,*) num_deb_nod(i),q_nd(num_deb_nod(i))
35    end do
36    do i=1,nmb_deb_nod
37       write(4,*) num_deb_nod(i),q_nd(num_deb_nod(i))
38    end do
39    do i=1,n_H
40        read(3,*) nd_H(i),H(nd_H(i))
41    end do
42    do i=1,n_H
43        write(4,*) nd_H(i),H(nd_H(i))
44    end do
45
46
47
48    do it=1,iter_max
49
50    do i=1,n_cdte
51    S(i)=(pi/4.d0)*(D(i)**2)
52    !R_h(i)=
53    !perte de charge Hazen-williams
54    k(i)=0.849*(C_W(i))*(L(i)**(-0.54))*S(i)*((D(i)/4.d0)**(0.63))*(abs(H(nd_1(i))-H(nd_2(i)))**(-0.46))
55    k(i)=0.27847d0*C_W(i)*(L(i)**(-0.54))*(D(i)**2.63d0)*(abs(H(nd_1(i))-H(nd_2(i)))**(-0.46d0))
56    !pdc blasius
57    !perte de charge Chézy -Manning
```

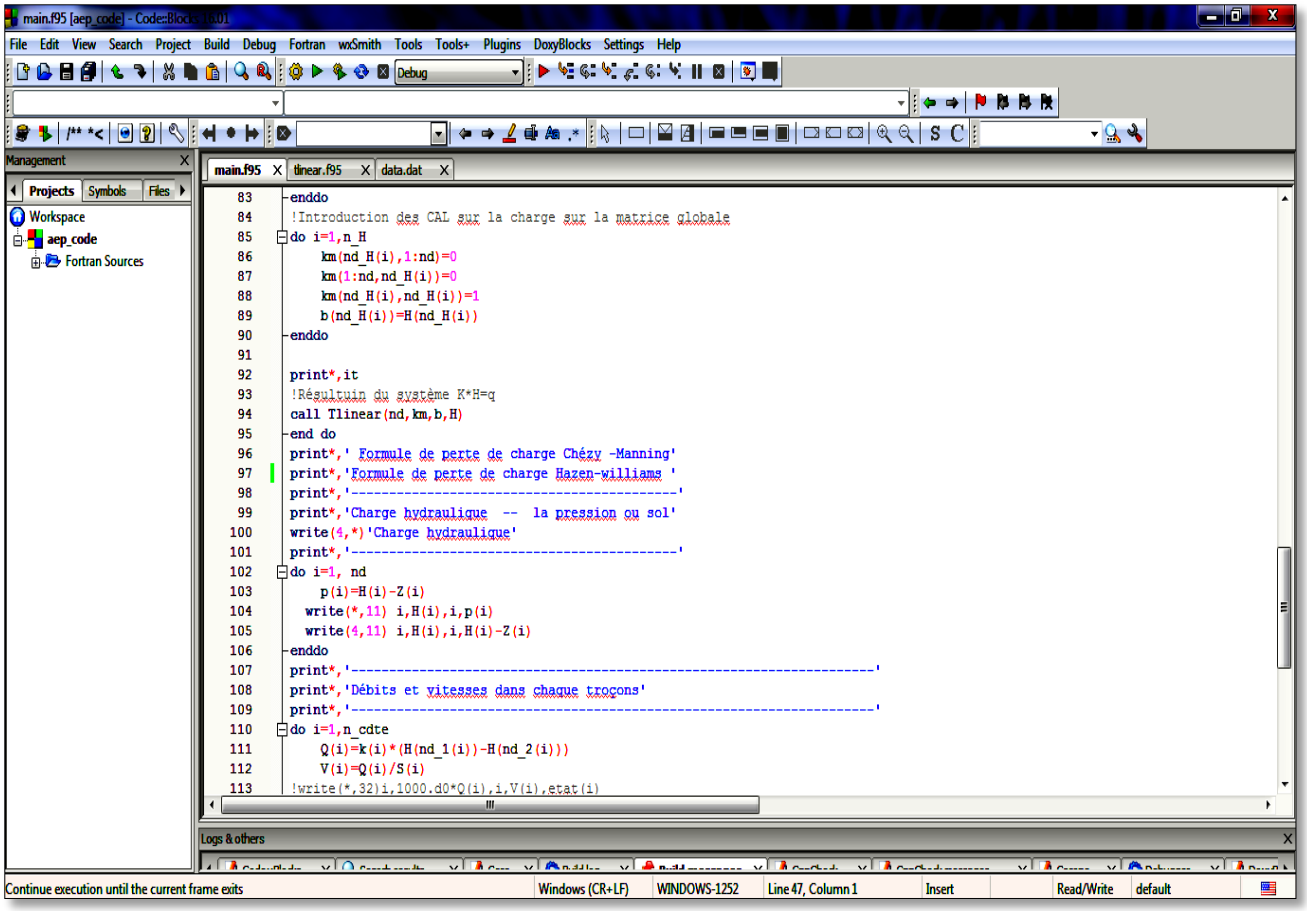
E:\halim\M 2018\chapitre\cooooooooood\halim_cod\main.f95 | Windows (CR+LF) | WINDOWS-1252 | Line 55, Column 27 | Insert | Read/Write | default



```
55    k(i)=0.27847d0*C_W(i)*(L(i)**(-0.54))*(D(i)**2.63d0)*(abs(H(nd_1(i))-H(nd_2(i)))**(-0.46d0))
56    !pdc blasius
57    !perte de charge Chézy -Manning
58    k(i)=((10.294)**(-0.5))*(C_man(i)**(-1))*(L(i)**(-0.50))*(D(i)**(2.665))*(abs(H(nd_1(i))-H(nd_2(i)))**(-0.5))
59
60    enddo
61    !!!!assemblage de la matrice globale km(i,j)
62    km=0.
63    do i=1,n_cdte
64        km(nd_1(i),nd_2(i))=km(nd_1(i),nd_2(i))+k(i)
65        km(nd_2(i),nd_1(i))=km(nd_2(i),nd_1(i))+k(i)
66        km(nd_1(i),nd_1(i))=km(nd_1(i),nd_1(i))-k(i)
67        km(nd_2(i),nd_2(i))=km(nd_2(i),nd_2(i))-k(i)
68
69    end do
70    !!!
71    !assemblage du deuxième terme q(i)=b(i)
72    km_0=km
73
74    b=0.d0
75    do i=1,nmb_deb_nod
76        b(num_deb_nod(i))=b(num_deb_nod(i))+q_nd(num_deb_nod(i))
77    end do
78    !Introduction des CAL sur la charge : deuxième terme
79    do i=1,nmb_deb_nod
80    do j=1,n_H
81       b(num_deb_nod(i))=b(num_deb_nod(i))-km(num_deb_nod(i),nd_H(j))*H(nd_H(j))
82    enddo
83    enddo
84    !Introduction des CAL sur la charge sur la matrice globale
85    do i=1,n_H
```

E:\halim\M 2018\chapitre\cooooooooood\halim_cod\main.f95 | Windows (CR+LF) | WINDOWS-1252 | Line 47, Column 1 | Insert | Read/Write | default

Tableau V.7: Assemblage de la matrice globale et application des conditions aux limites



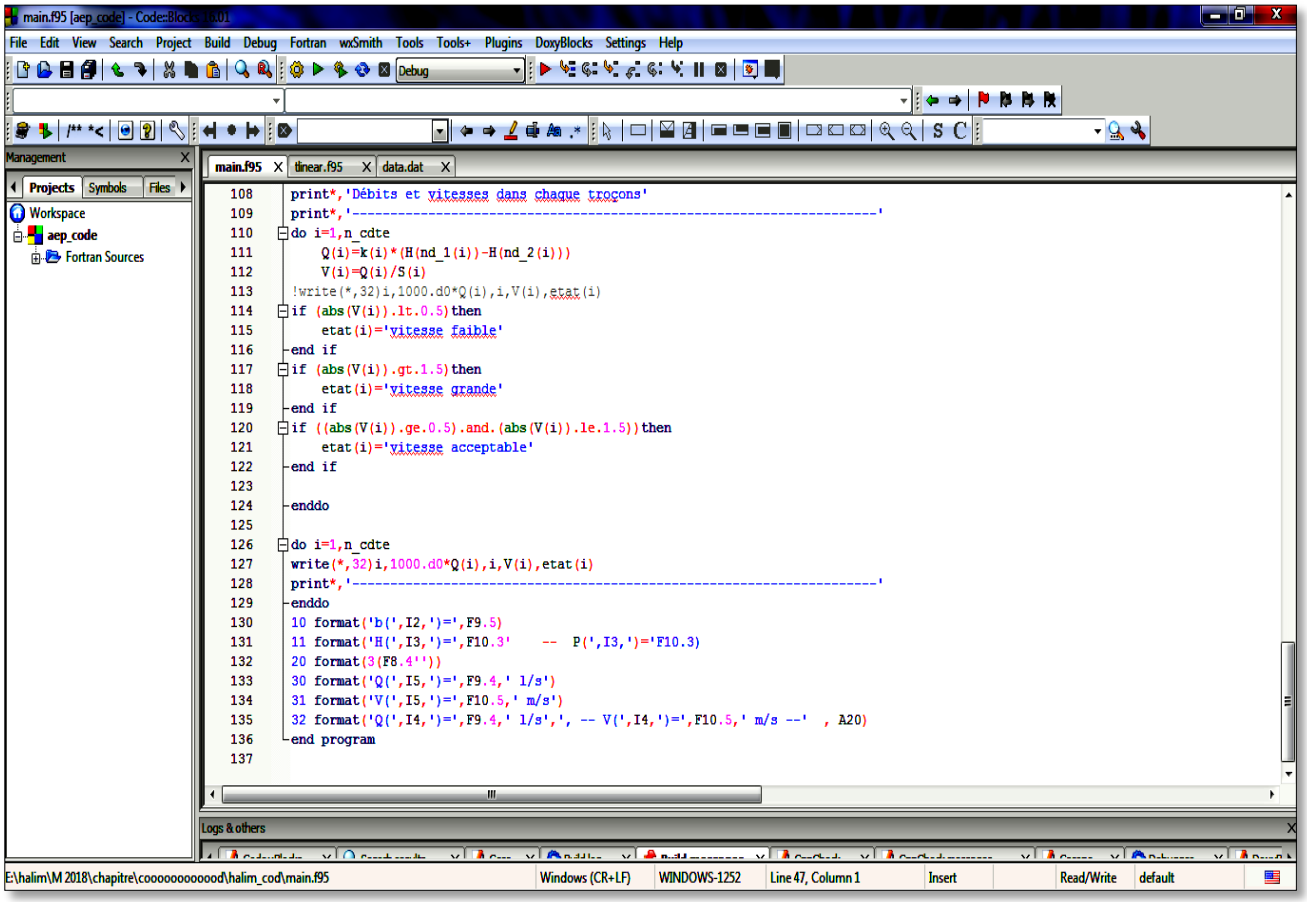
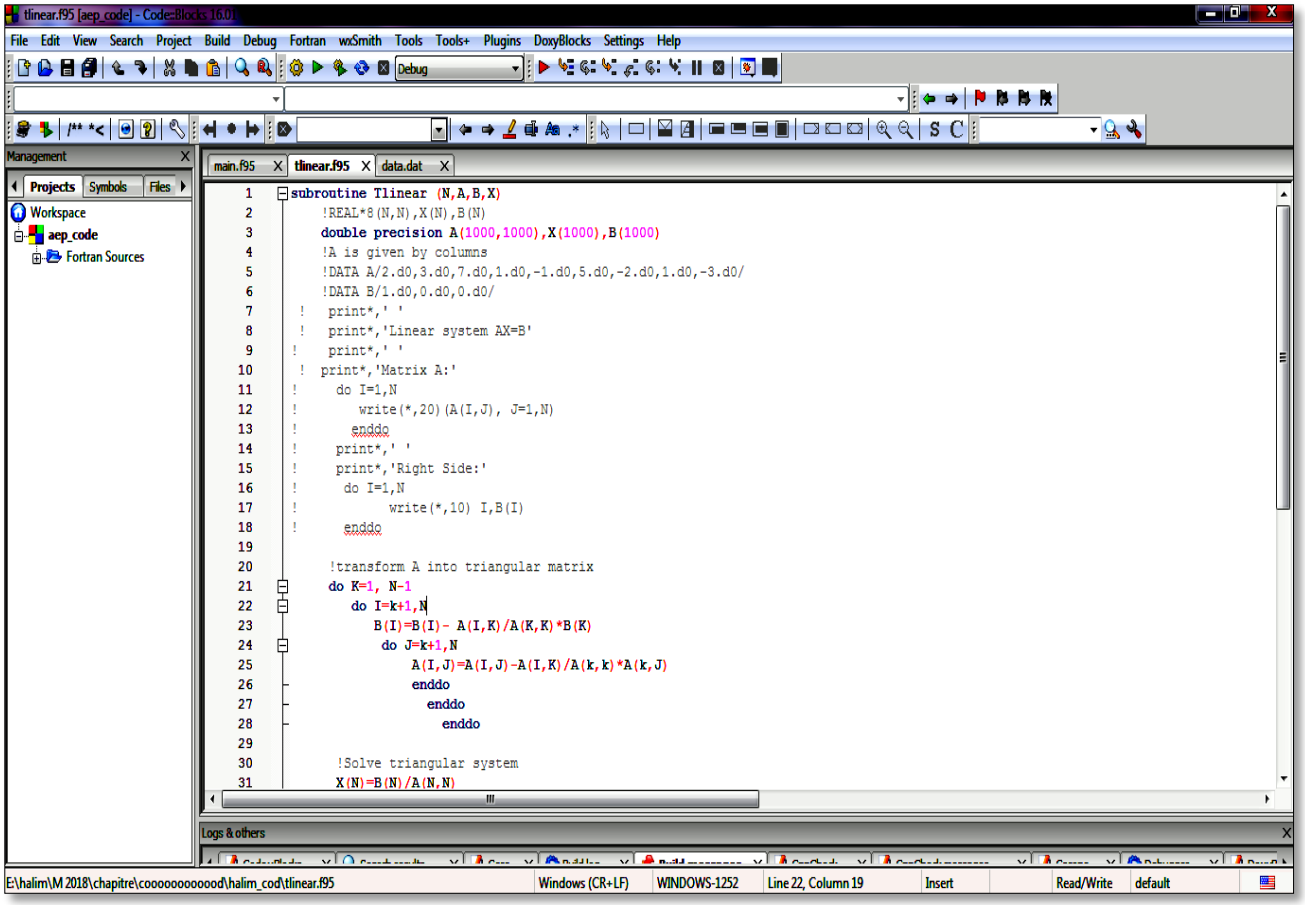


Tableau V.8: Boucle de calcule le débit et fermeture le programme



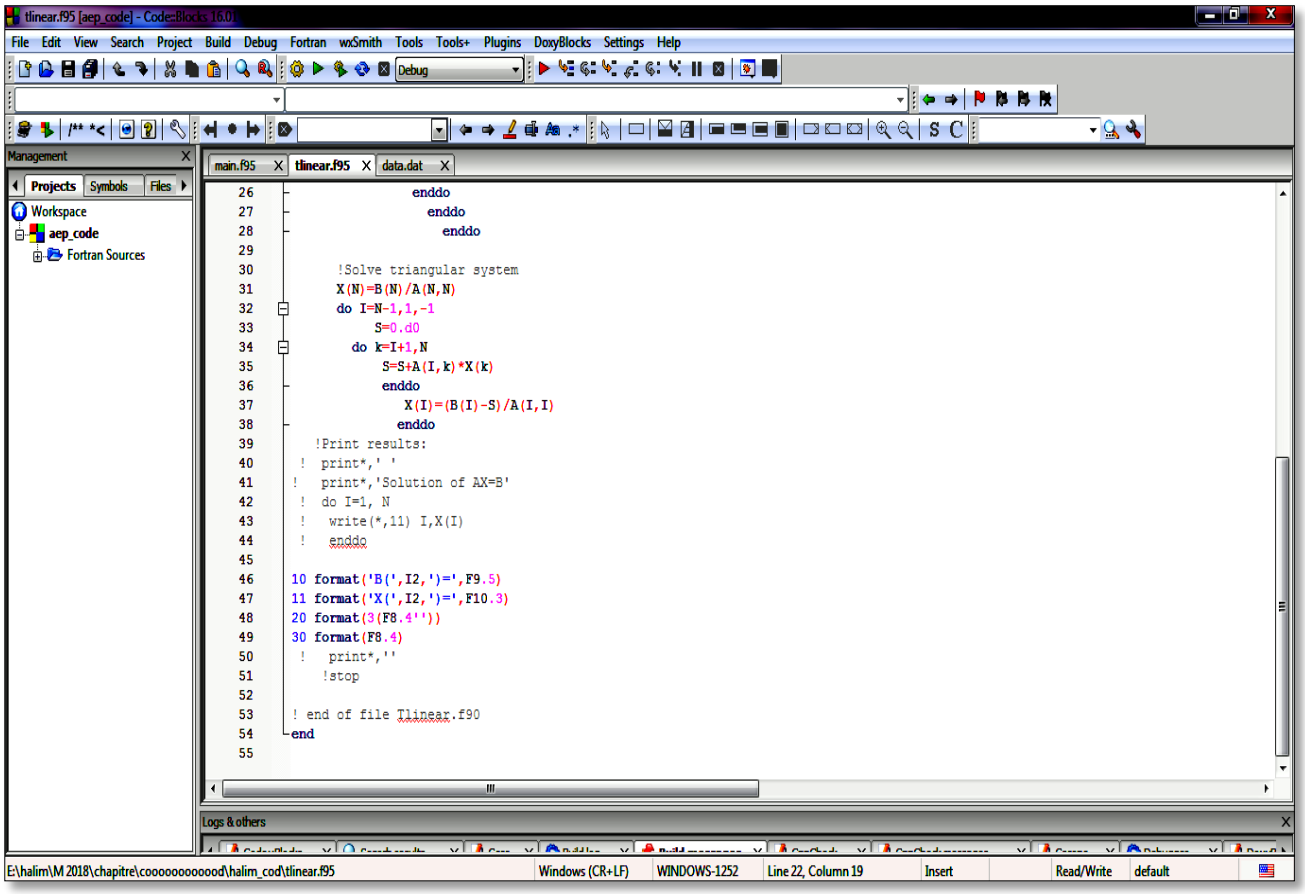


Tableau V.9: Subroutine « sous-programme » résoudre un system linéaire ax=b

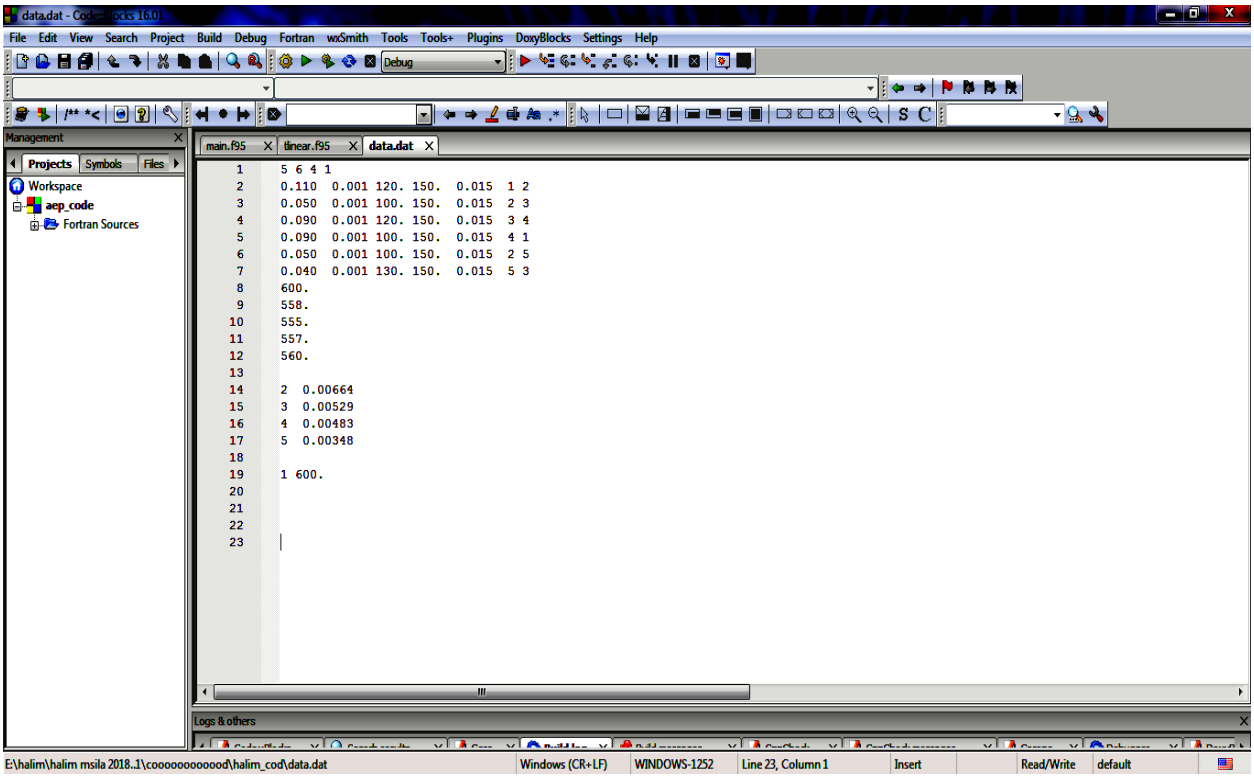


Tableau V.10: Le fichier des données

b- L'exécution du programme fortran

Après chargement les données nous exécutons le programme et observe les résultats comme suit :

```
 Formule de perte de charge Hazen-williams
 ------------------------------------------
 Charge hydraulique  --  la pression ou sol
 ------------------------------------------
H(  1)=   600.000    --  P(  1)=     0.000
H(  2)=   598.710    --  P(  2)=    40.710
H(  3)=   597.163    --  P(  3)=    42.163
H(  4)=   597.839    --  P(  4)=    40.839
H(  5)=   595.240    --  P(  5)=    35.240
 ------------------------------------------------------------------------
 Dúbits et vitesses dans chaque troÞons
 ------------------------------------------------------------------------
Q(   1)=  10.8813 l/s, -- V(   1)=   1.14500 m/s --vitesse acceptable
 ------------------------------------------------------------------------
Q(   2)=   1.6652 l/s, -- V(   2)=   0.84808 m/s --vitesse acceptable
 ------------------------------------------------------------------------
Q(   3)=  -4.5285 l/s, -- V(   3)=  -0.71184 m/s --vitesse acceptable
 ------------------------------------------------------------------------
Q(   4)=  -9.3587 l/s, -- V(   4)=  -1.47110 m/s --vitesse acceptable
 ------------------------------------------------------------------------
Q(   5)=   2.5761 l/s, -- V(   5)=   1.31197 m/s --vitesse acceptable
 ------------------------------------------------------------------------
Q(   6)=  -0.9040 l/s, -- V(   6)=  -0.71935 m/s --vitesse acceptable
 ------------------------------------------------------------------------

Process returned 0 (0x0)   execution time : 0.250 s
```

Tableau V.11: Les résultats par notre programme cas formule Hazen-williams

```
 Formule de perte de charge ChÚzy -Manning
 ------------------------------------------
 Charge hydraulique  --  la pression ou sol
 ------------------------------------------
H(  1)=   600.000    --  P(  1)=     0.000
H(  2)=   595.782    --  P(  2)=    37.782
H(  3)=   590.208    --  P(  3)=    35.208
H(  4)=   592.364    --  P(  4)=    35.364
H(  5)=   582.838    --  P(  5)=    22.838
 ------------------------------------------------------------------------
 Dúbits et vitesses dans chaque troÞons
 ------------------------------------------------------------------------
Q(   1)=  10.8619 l/s, -- V(   1)=   1.14296 m/s --vitesse acceptable
 ------------------------------------------------------------------------
Q(   2)=   1.6727 l/s, -- V(   2)=   0.85192 m/s --vitesse acceptable
 ------------------------------------------------------------------------
Q(   3)=  -4.5481 l/s, -- V(   3)=  -0.71491 m/s --vitesse acceptable
 ------------------------------------------------------------------------
Q(   4)=  -9.3781 l/s, -- V(   4)=  -1.47414 m/s --vitesse acceptable
 ------------------------------------------------------------------------
Q(   5)=   2.5492 l/s, -- V(   5)=   1.29828 m/s --vitesse acceptable
 ------------------------------------------------------------------------
Q(   6)=  -0.9308 l/s, -- V(   6)=  -0.74074 m/s --vitesse acceptable
 ------------------------------------------------------------------------

Process returned 0 (0x0)   execution time : 0.250 s
```

Tableau V.12: Les résultats par notre programme cas formule Chezy-Manning

V.9.2. Epanet :

V.9.2.1. Chargement les données à la programme Epanet :

Le dimensionnement du réseau de distribution se fait à la base d'un logiciel appelé **EPANET**

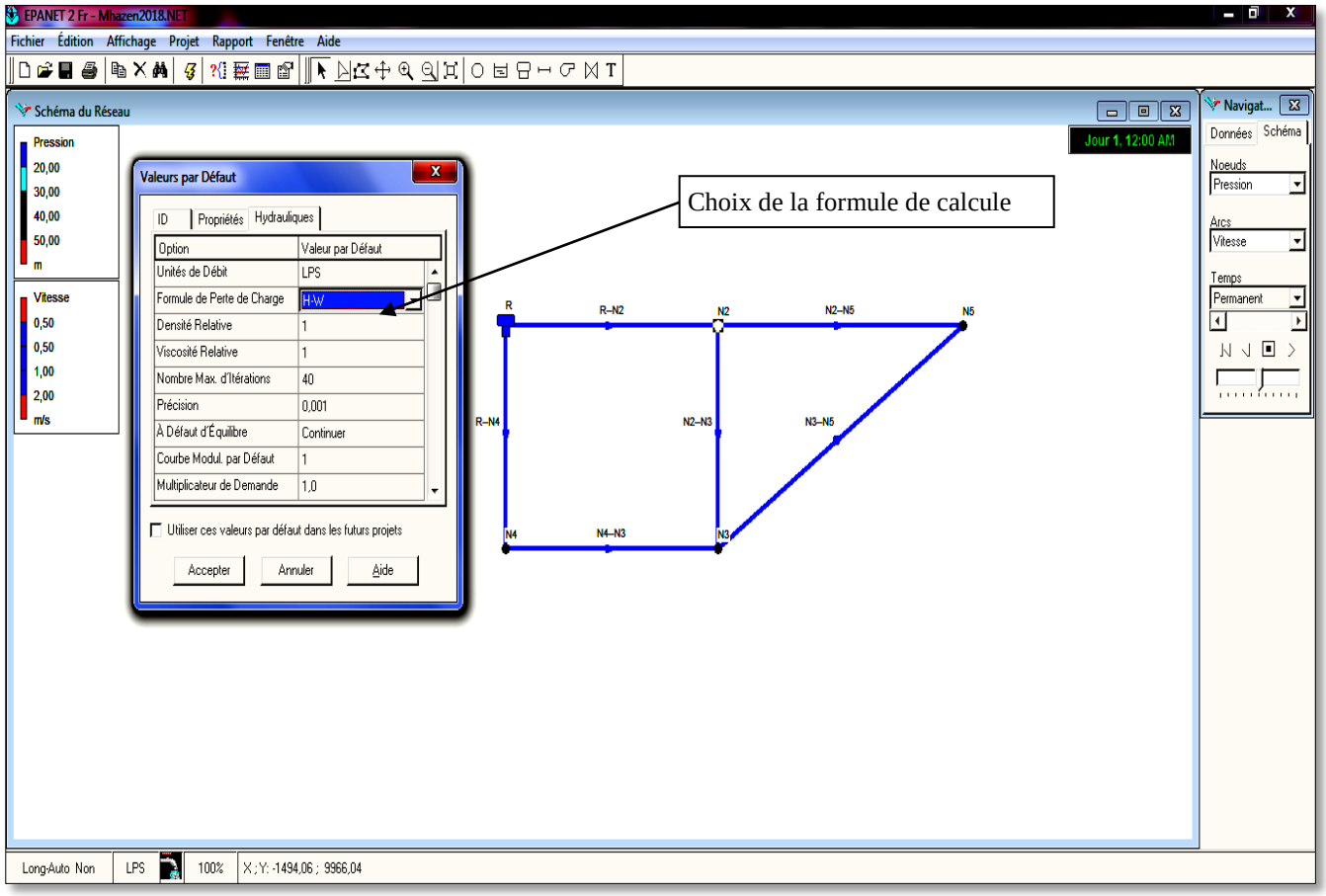


Figure V.2:Design le schéma de réseau

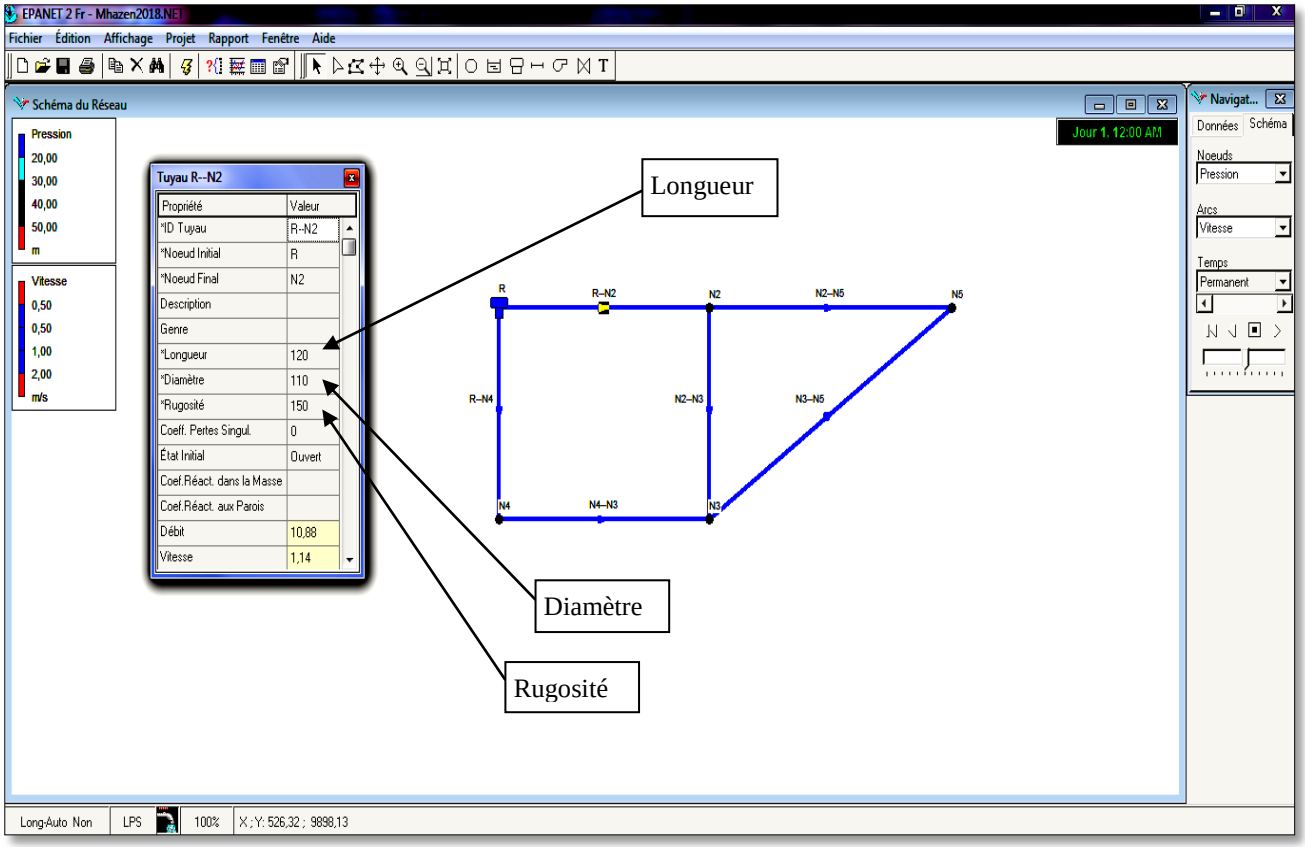


Figure V.3: Chargement les données des tuyaux

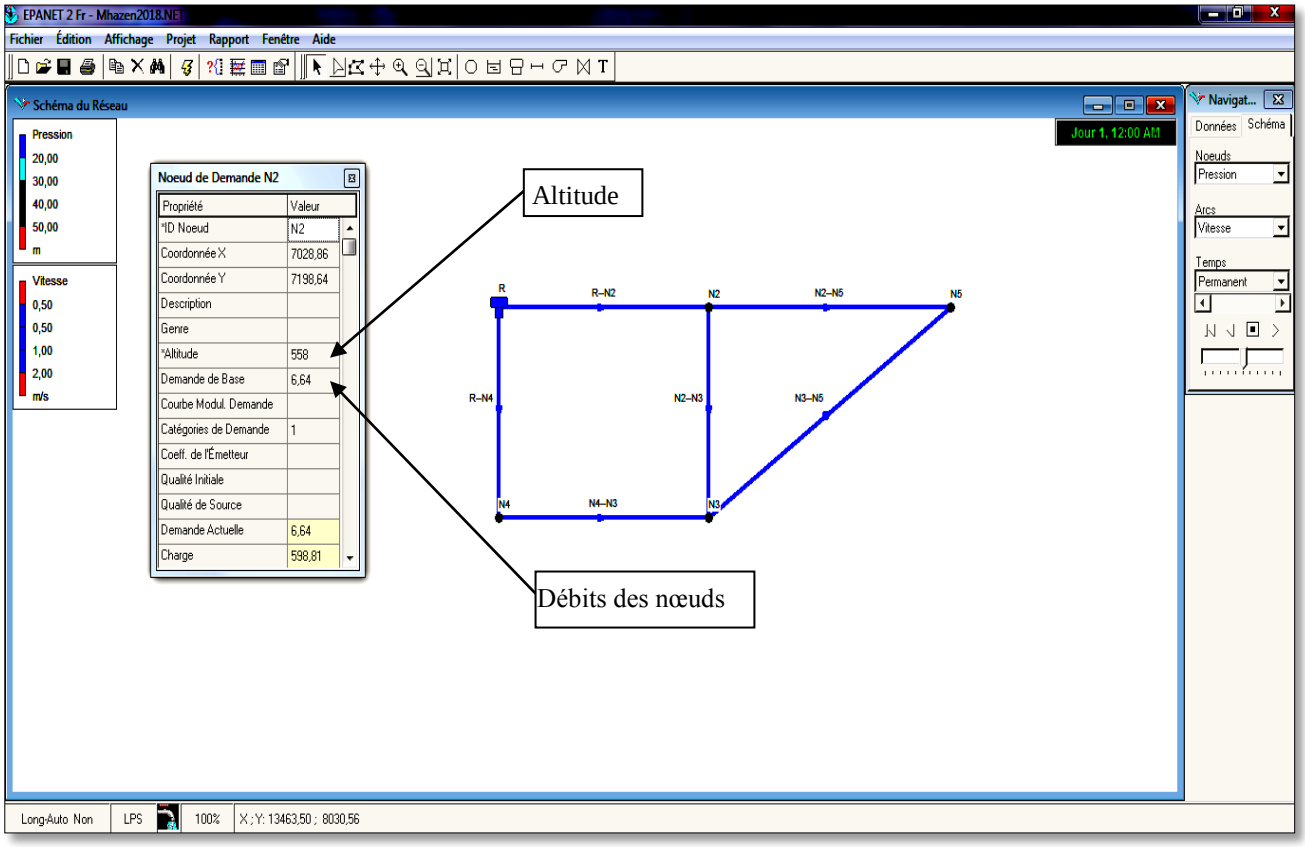


Figure V.4: chargement les données des nœuds

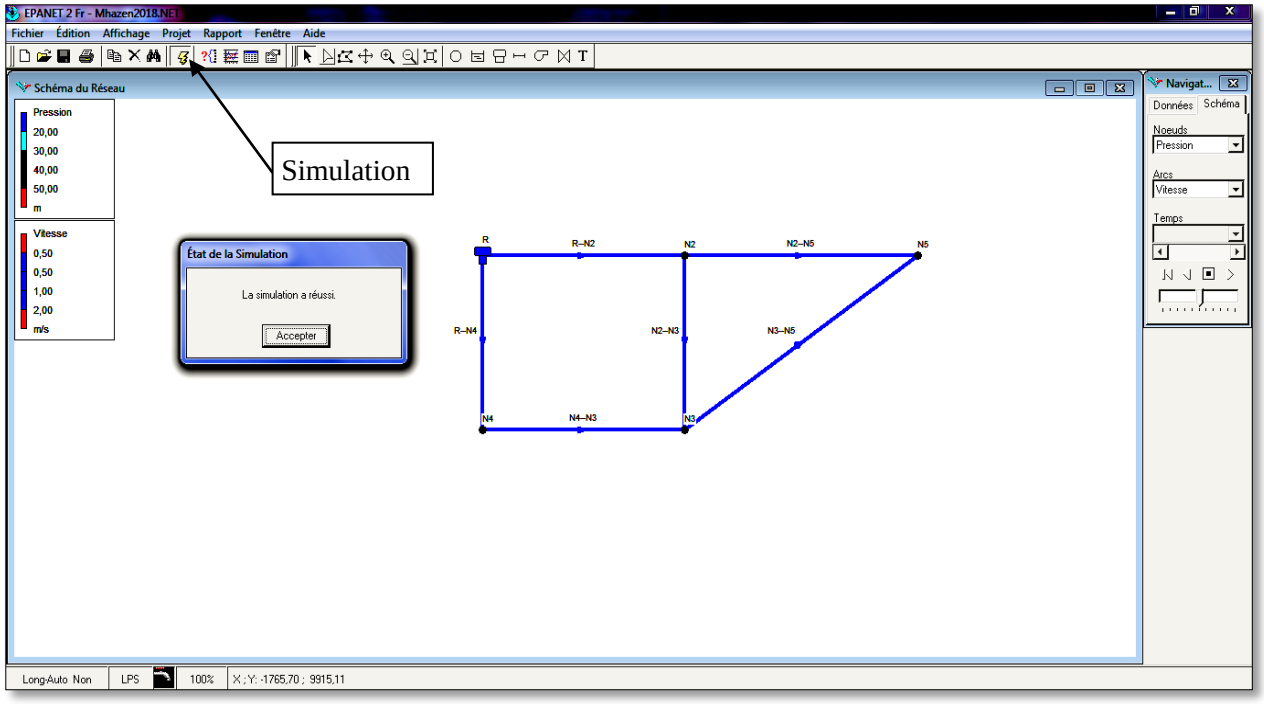


Figure V.5: simulation le réseau

V.9.2.2. L'exécution du programme EPANET :

Après chargement les données nous exécutons le programme et observe les résultats comme suit :

a) État des nœuds du réseau (Cas Hazan – williams) :

ID Nœud	Altitude (m)	Demande (l/s)	Charge (m)	Pression (m)
Réservoir	600.00	-20.24	600.01	0.00
Nœud N2	558.00	6.64	598.72	40.72
Nœud N3	555.00	5.29	597.17	42.17
Nœud N4	557.00	4.83	597.84	40.84
Nœud N5	560.00	3.48	595.25	35.25

Tableau V.13: État des nœuds du réseau (Cas Hazan – williams)

b) État des arcs du réseau (Cas Hazan – williams):

ID Arc	ID Tuyau	Diamètre (mm)	Diamètre (mm)	Rugosité Coef HW	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)
Tuyau R---N2	1	120	110	150	10.88	1.14
Tuyau N2---N3	2	100	50	150	1.67	0.85
Tuyau N3---N4	3	120	90	150	-4.53	0.71
Tuyau N4---R	4	100	90	150	-9.36	1.47
Tuyau N2---N5	5	100	50	150	2.58	1.31
Tuyau N3---N5	5	130	40	150	-0.90	0,72

Tableau V.14: État des arcs du réseau (Cas Hazan – williams)

c) État des arcs du réseau (Cas Chézy –Manning):

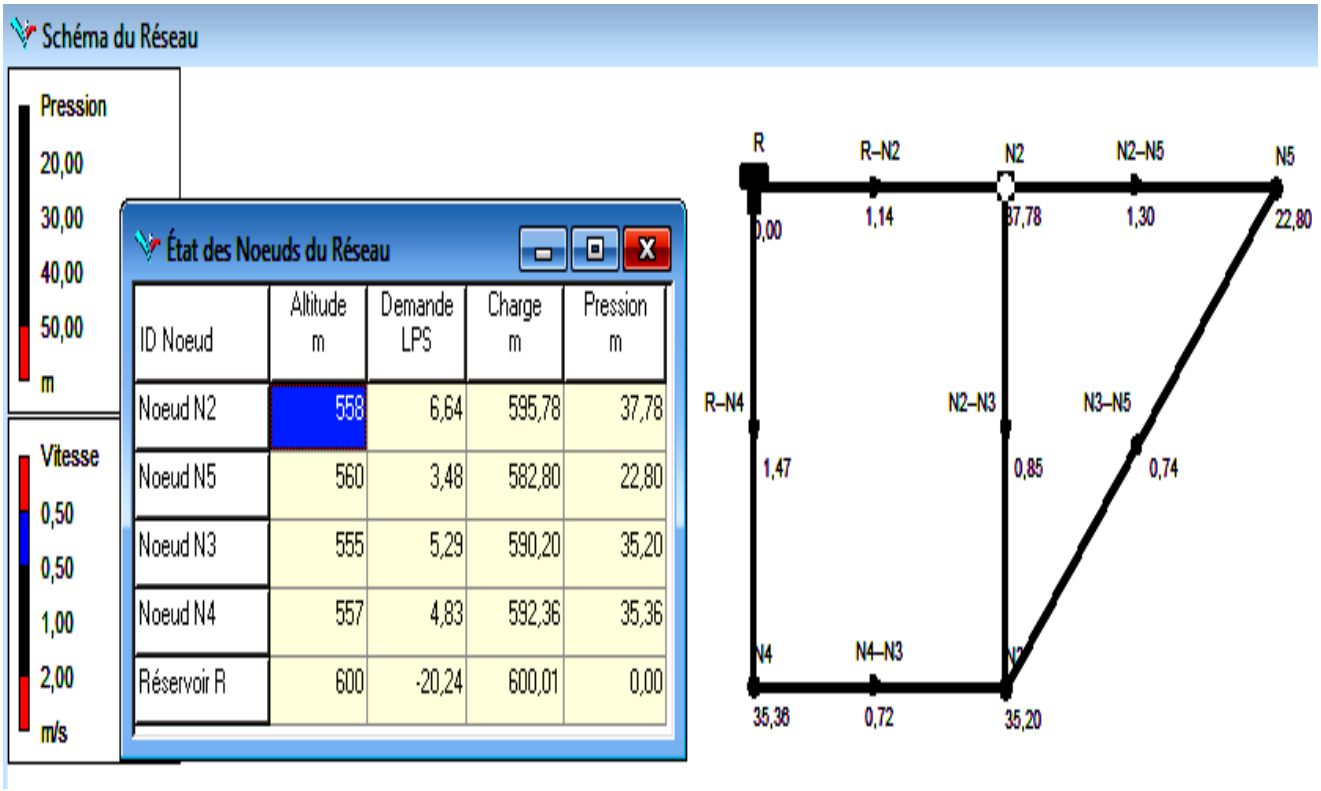


Tableau V.15: État des nœuds du réseau (Cas Chézy –Manning)

d) État des arcs du réseau (Cas Chézy –Manning):

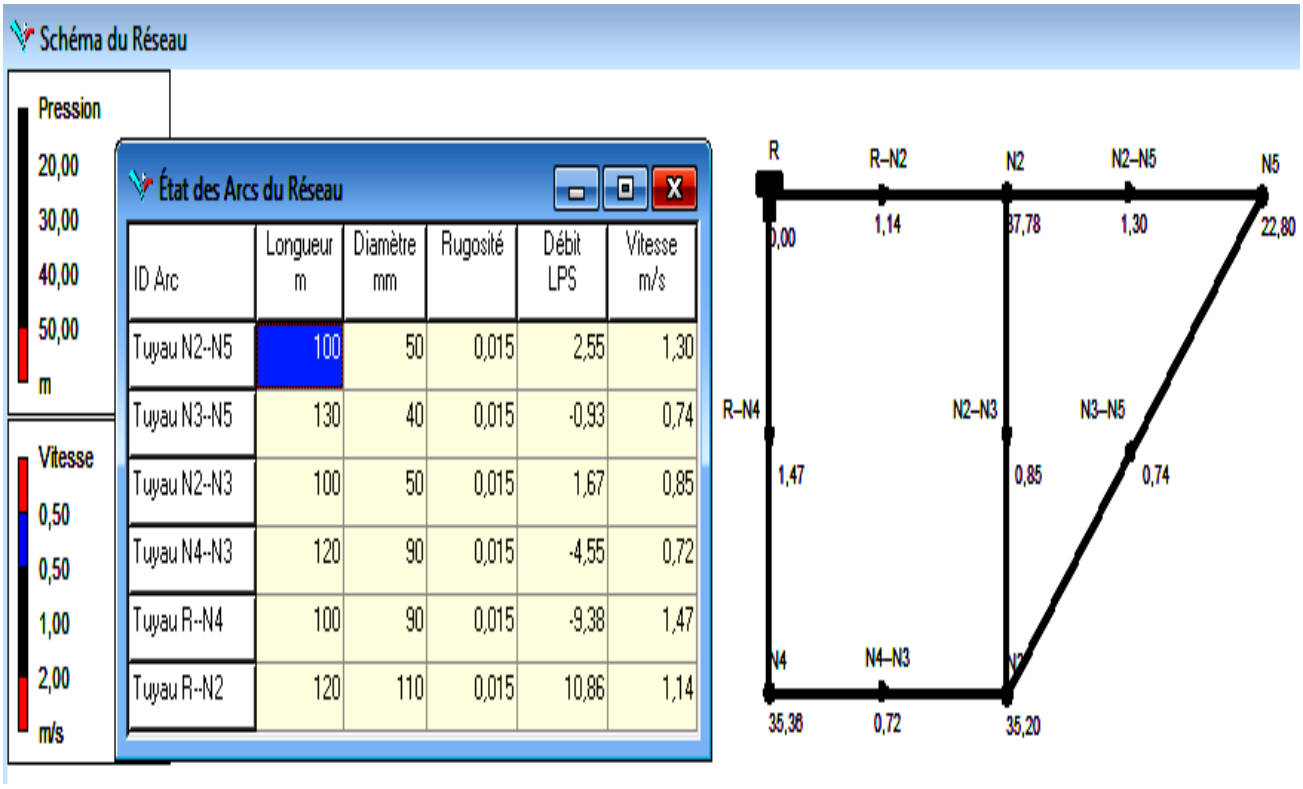


Tableau V.16: État des arcs du réseau (Cas Chézy –Manning)

V.10. Deuxième exemple d'application:

Plonger les conduites et crie un réseau mixte et même donne pour les nœuds qui donnée a premier exemple plus N4=3.32l/s,N2=3.5l/s,N3=4l/s.

a) Design le schéma de réseau :

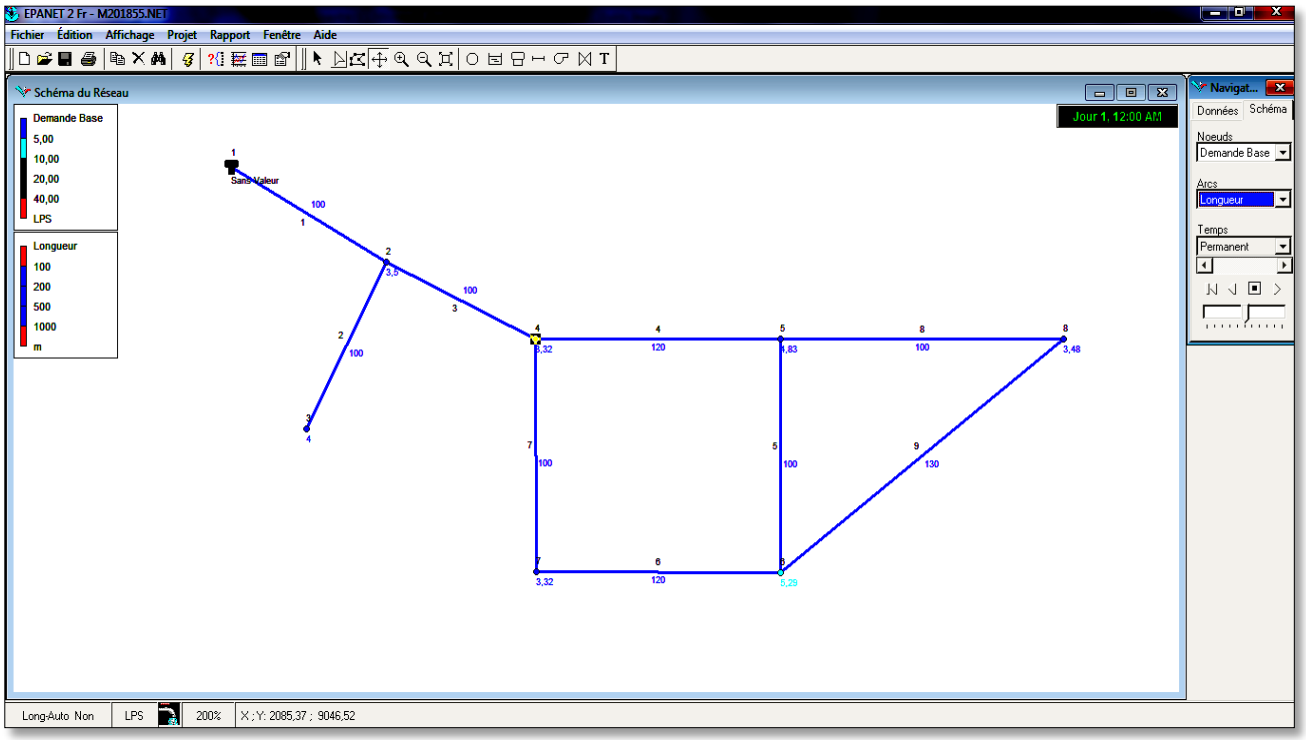


Figure V.6:Design le schéma de réseau deuxième exemple

b) État des nœuds du réseau :

État des Noeuds du Réseau

ID Noeud	Altitude m	Demande LPS	Charge m	Pression m
Noeud 4	560	3,32	639,49	79,49
Noeud 5	558	4,83	638,69	80,69
Noeud 8	560	3,48	635,51	75,51
Noeud 6	555	5,29	637,94	82,94
Noeud 7	557	3,32	638,81	81,81
Noeud 2	570	3,50	639,67	69,67
Noeud 3	565	4,00	639,23	74,23
Réservoir 1	640	-27,74	640,01	0,00

Tableau V.17: État des nœuds du réseau deuxième exemple

c) État des arcs du réseau :

État des Arcs du Réseau

ID Arc	Longueur m	Diamètre mm	Rugosité	Débit LPS	Vitesse m/s
Tuyau 4	120	110	150	8,41	0,89
Tuyau 8	100	50	150	2,46	1,25
Tuyau 9	130	40	150	-1,02	0,82
Tuyau 5	100	50	150	1,13	0,57
Tuyau 6	120	90	150	-5,19	0,82
Tuyau 7	100	110	150	-8,51	0,90
Tuyau 1	100	200	150	27,74	0,88
Tuyau 3	100	200	150	20,24	0,64
Tuyau 2	100	90	150	4,00	0,63

Tableau V.18: État des arcs du réseau deuxième exemple

d) Chargement les données à la programme fortran :

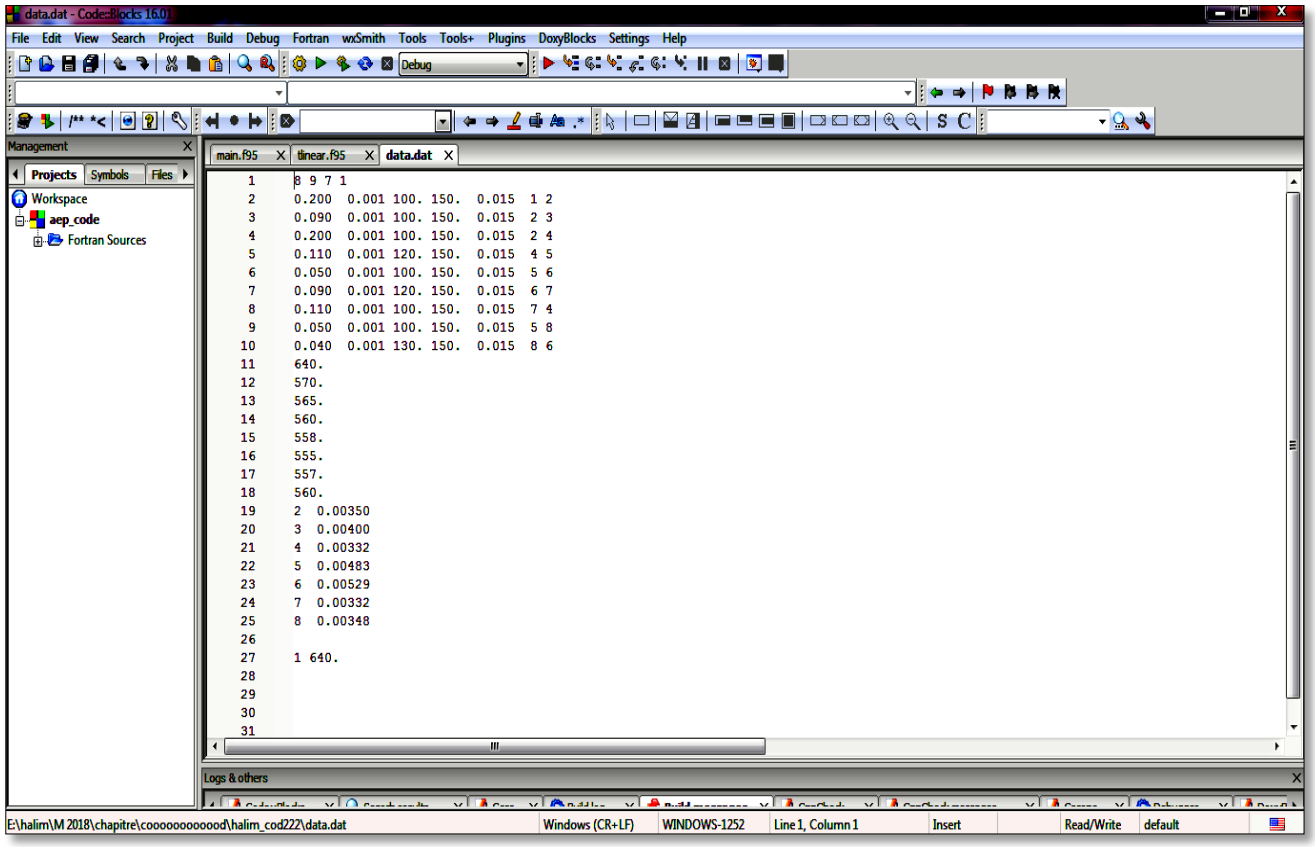
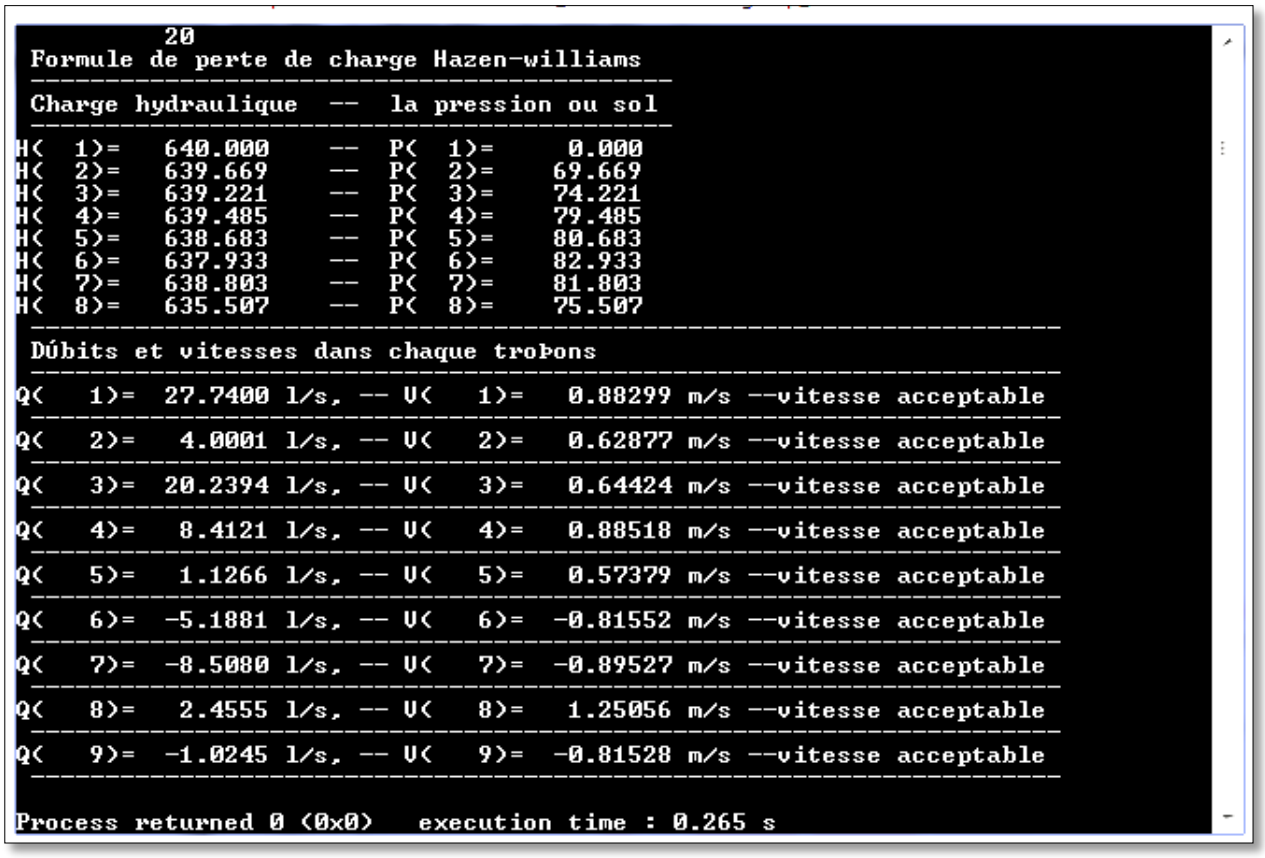


Tableau V.19: Chargement les données à la programme fortran

e) Les résultats par logiciel fortran :



```
          20
 Formule de perte de charge Hazen-williams
 ----------------------------------------
 Charge hydraulique   --  la pression ou sol
 ----------------------------------------
H(  1)=   640.000     --  P(  1)=     0.000
H(  2)=   639.669     --  P(  2)=    69.669
H(  3)=   639.221     --  P(  3)=    74.221
H(  4)=   639.485     --  P(  4)=    79.485
H(  5)=   638.683     --  P(  5)=    80.683
H(  6)=   637.933     --  P(  6)=    82.933
H(  7)=   638.803     --  P(  7)=    81.803
H(  8)=   635.507     --  P(  8)=    75.507
 ------------------------------------------------------------------------
 Dúbits et vitesses dans chaque troÞons
 ------------------------------------------------------------------------
Q(   1)=  27.7400 l/s, -- V(   1)=   0.88299 m/s --vitesse acceptable
 ------------------------------------------------------------------------
Q(   2)=   4.0001 l/s, -- V(   2)=   0.62877 m/s --vitesse acceptable
 ------------------------------------------------------------------------
Q(   3)=  20.2394 l/s, -- V(   3)=   0.64424 m/s --vitesse acceptable
 ------------------------------------------------------------------------
Q(   4)=   8.4121 l/s, -- V(   4)=   0.88518 m/s --vitesse acceptable
 ------------------------------------------------------------------------
Q(   5)=   1.1266 l/s, -- V(   5)=   0.57379 m/s --vitesse acceptable
 ------------------------------------------------------------------------
Q(   6)=  -5.1881 l/s, -- V(   6)=  -0.81552 m/s --vitesse acceptable
 ------------------------------------------------------------------------
Q(   7)=  -8.5080 l/s, -- V(   7)=  -0.89527 m/s --vitesse acceptable
 ------------------------------------------------------------------------
Q(   8)=   2.4555 l/s, -- V(   8)=   1.25056 m/s --vitesse acceptable
 ------------------------------------------------------------------------
Q(   9)=  -1.0245 l/s, -- V(   9)=  -0.81528 m/s --vitesse acceptable
 ------------------------------------------------------------------------

Process returned 0 (0x0)   execution time : 0.265 s
```

Tableau V.20: Les résultats par notre programme cas formule Hazen-williams

V.11. Les résultats de premier exemple d'application :

			Les résultats par logiciel EPANET Cas Hazan – williams		Les résultats par notre programme Cas Hazan – williams		Les résultats par logiciel EPANET Cas Chézy –Manning		Les résultats par notre programme Cas Chézy –Manning	
ID Nœud	**Altitude (m)**	**Demande (l/s)**	**Charge (m)**	**Pression (m)**	**Charge (m)**	**Pression (m)**	**Charge (m)**	**Pression (m)**	**Charge (m)**	**Pression (m)**
Réservoir(1)	600.00	-20.24	600.01	0.00	600.000	0.000	600.01	0.00	600.000	0.000
Nœud N2	558.00	6.64	598.72	40.72	598.710	40.710	595.78	37.78	595.782	37.782
Nœud N3	555.00	5.29	597.17	42.17	597.163	42.163	590.20	35.20	590.208	35.208
Nœud N4	557.00	4.83	597.84	40.84	597.839	40.839	592.36	35.36	592.364	35.364
Nœud N5	560.00	3.48	595.25	35.25	595.240	35.240	582.80	22.80	582.838	22.838

Tableau V.21: État des nœuds du réseau par par notre programme(Fortran), Epanet et par deux formules Hazan – williams , Chézy –Manning

						Les résultats par logiciel EPANET Cas Hazan – williams		Les résultats par notre programme Cas Hazan – williams		Les résultats par logiciel EPANET Cas Chézy –Manning		Les résultats par notre programme Cas Chézy –Manning	
ID Tuyau	**ID Tuyau**	**Longueur (mm)**	**Diamètre (mm)**	**Rugosité Coef H-W**	**Rugosité Coef C-M**	**Débit (l/s)**	**Vitesse (m/s)**	**Débit (l/s)**	**Vitesse (m/s)**	**Débit (l/s)**	**Vitesse (m/s)**	**Débit (l/s)**	**Vitesse (m/s)**
Tuyau R---N2	1	120	110	150	0.015	10.88	1.14	10.881	1.145	10.86	1.14	10.861	1.142
Tuyau N2---N3	2	100	50	150	0.015	1.67	0.85	1.665	0.848	1.67	0.85	1.672	0.851
Tuyau N3---N4	3	120	90	150	0.015	-4.53	0.71	-4.528	0.711	-4.55	0.72	-4.548	-0.714
Tuyau N4---R	4	100	90	150	0.015	-9.36	1.47	-9.358	1.471	-9.38	1.47	-9.378	1.474
Tuyau N2---N5	5	100	50	150	0.015	2.58	1.31	2.576	1.31	2.55	1.30	2.549	1.298
Tuyau N3---N5	6	130	40	150	0.015	-0.90	0,72	-0.904	0.729	-0.93	0.74	-0.930	0.740

Tableau V.22: État des arcs du réseau par notre programme(Fortran), Epanet et par deux formules Hazan – williams ,Chézy –Manning

V.12. Les résultats de deuxième exemple d'application :

			Les résultats par logiciel EPANET Cas Hazan – williams		Les résultats par notre code Cas Hazan – williams	
ID Nœud	Altitude (m)	Demande (l/s)	**Charge (m)**	**Pression (m)**	**Charge (m)**	**Pression (m)**
Réservoir 1	640.00	- 27.74	640.01	0.00	640.000	0.000
Nœud N2	570.00	3.50	639.67	69.67	639.669	69.669
Nœud N3	565.00	4.00	639.23	74.23	639.221	74.221
Nœud N4	560.00	3.32	639.49	79.49	639.485	79.485
Nœud N5	558.00	4.83	638.69	80.69	638.683	80.683
Nœud N6	555.00	5.29	637.94	82.94	637.933	82.933
Nœud N7	557.00	3.32	638.81	81.81	638.803	81.803
Nœud N8	560.00	3.48	635.51	75.51	635.507	75.507

Tableau V.23: État des nœuds du réseau par notre programme(Fortran) et Epanet par formule Hazan – williams

					Les résultats par logiciel EPANET Cas Hazan – williams		Les résultats par notre code Cas Hazan – williams	
ID Tuyau	**ID Tuyau**	**Longueur (mm)**	**Diamètre (mm)**	**Rugosité Coef H-W**	**Débit (l/s)**	**Vitesse (m/s)**	**Débit (l/s)**	**Vitesse (m/s)**
Tuyau R1---N2	1	100	200	150	27.74	0.88	27.740	0.882
Tuyau N2---N3	2	100	90	150	4.00	0.63	4.000	0.628
Tuyau N3---N4	3	100	200	150	20.24	0.64	20.239	0.644
Tuyau N4---N5	4	120	110	150	8.41	0.89	8.412	0.885
Tuyau N5---N6	5	100	50	150	1.13	0.57	1.126	0.573
Tuyau N6---N7	6	120	90	150	-5.19	0.82	-5.188	0.815
Tuyau N7---N4	7	100	110	150	-8.51	0.90	-8.508	0.895
Tuyau N5---N8	8	100	50	150	2.46	1.25	2.455	1.250
Tuyau N8---N6	9	130	40	150	-1.02	0.82	-1.024	0.815

Tableau V.24: État des arcs du réseau par notre programme (Fortran) et Epanet par formule Hazan – williams

V.13. Interprétation des résultats :

Les résultats comparés sont les résultats obtenus par l'application de deux exemples de deux réseau maillé et mixte par notre programme informatique (méthode Matricielle par maille) et le logiciel EPANET.

Ces résultats nous permis de déduire que notre programme informatique développé ici, basé sur le principe de résolution par maille, est robuste et peut être adapté pour des études d'ordre pratique. La convergence de la méthode est très rapide, est après quelques itérations on atteint la convergence très rapidement.

On remarque aussi que la méthode proposée est difficile à programmer les résultats donnés par ces programmes sont pratiquement les mêmes obtenus par logiciel EPANET.