

**SECTION III**  
**Réseau d'Assainissement**

## **I/ introduction :**

Il est évident que l'eau potable apportée aux habitations, mis à part la quantité déversée pour l'arrosage, par exemple et qui est très faible, sera rejetée vers l'extérieur par besoin de lavage, de propreté et d'hygiène.

## **II/ position du problème :**

D'une façon générale, dans tous les endroits où l'homme réside et notamment dans les agglomérations, les eaux de toutes natures ne doivent pas être laissées ruisseler naturellement, elle doivent être guidées, canalisées pour être dirigées vers des émissaires naturels ou artificiel et parfois être épurées et traitées avant leur rejet définitif.

## **III/ aperçu général sur les principes de l'assainissement urbain :**

L'assainissement a pour but de collecter toutes les eaux polluées à savoir :

- les rejets des habitations à travers les appareils sanitaires
- les eaux usées industrielles
- les eaux météoriques

Notons qu'un traitement particulier dans les stations d'épuration de certaines eaux usées, notamment celles provenant des industries est à considérer avant de les introduire définitivement dans la nature.

### **III-1/ les eaux résiduaires :**

On peut distinguer 4 catégories :

- les eaux ménagères
- les eaux de ruissellement
- les eaux vannes
- les eaux résiduaires industrielles

### **III-2/ différents systèmes d'assainissement :**

#### **1) systèmes fondamentaux :**

a) **système unitaire** : l'évacuation des eaux (EU et EP) est assurée par un réseau unique

Avantage :

- économique (coût plus bas)
- facilite de branchement et de mise en œuvre.

#### **Inconvénients :**

- pollution relative du milieu récepteur
- perturbation du fonctionnement de la station d'épuration

#### **b) système séparatif :**

Il est composé de deux conduites distinctes, l'une collecte les eaux pluviales et l'autre les eaux usées.

Avantages :

- la station d'épuration est simplement dimensionnée (faible)
- fonctionnement efficace de la station d'épuration.

#### **Inconvénients :**

- mise en œuvre du système séparatif (coût élevé)
- problème de raccordement
- pollution des eaux des premières pluies subsistent dans le milieu d'habitation récepteur

**c) système mixte :**

C'est un réseau constitué selon les zones d'habitation, en partie système unitaire et en partie système séparatif.

**2) système pseudo-membrane :**

Les eaux météoriques sont divisées en deux parties :

- l'une provenant uniquement des surfaces de voiries, et l'évacuation se fait directement dans la nature.
- L'autre provenant des toitures, cours et jardins qui déversent dans le réseau à l'aide des mêmes branchements que ceux des eaux usées.

**• avantages et inconvénients :**

Ce système est comparable avec le système séparatif mais sans problème de raccordement, en contre partie perturbation du fonctionnement de la station d'épuration.

**3) choix du système d'assainissement :**

Le choix est basé sur les considérations suivantes :

- raccordement des immeubles (faisabilité, facilité)
- épuration (bon fonctionnement, coût bas)
- hygiène et protection des milieux récepteurs
- condition de fonctionnement et d'entretien et le coût.

**NB :** on a choisi le système unitaire pour notre projet.

**IV/ dimensionnement de l'ouvrage d'évacuation :** (système unitaire)

**IV-1/ débit de pointe des eaux usées :**

**IV-1-1/ débit moyen journalier :**

$$q_m = \frac{n \cdot c \cdot (1-a)}{86400} \dots\dots\dots (l/s) \dots\dots\dots (1)$$

n : nombre d'habitant

c : consommation journalier estimée à 150 l/j/hab.

a : coefficient d'abattement estime entre 20 et 30 % donc, a= 0,2 à 0,3

**IV-1-2/ coefficient de pointe :**

$P = a + b / \sqrt{qm}$  .....(2)

a : paramètre qui exprime le seuil à ne pas dépasser

qn → +∞, il est fixe tel que a = 1,5

b : paramètre qui tient compte de la croissance

qm → 0, il est fixe tel que b = 2,5

d'où  $P = 1,5 + 2,5 / \sqrt{qm}$  .....(3)

**IV-1-3/ débit de pointe :**

$Qp = p.qm \Rightarrow P = 4$ .....(4)

**IV-2/ débit de pointe des eaux pluviales :**

**IV-2-1/ introduction :**

L'estimation des débits à évacuer est basse sur les connaissances hydrauliques de la région considérée et les statistiques relevées sur sa pluviométrie pendant une période donnée.

**IV-2-2/ considérations générales :**

**a) coefficient de ruissellement C :**

- surface imperméable .....0,9
- pavage à large joint .....0,6
- voie en macadam non goudronne.....0,35
- allée en gravier.....0,2
- surface boisée.....0,05

$$CP = \frac{\sum Si.Ci}{\sum Si} \dots\dots\dots(5)$$

**b) temps de concentration " tc " :**

$tc = t1 + t2$  .....(6)

t1 = 2 minutes pour les pentes de 10 % des voies et des toits ou branchements.

t1 = 15 minutes pour une pente de 0,1 %

t2 : délai d'écoulement en canalisation à une vitesse de 1 m/s sur parcours limite à 1500 m.

On prend t1 = 5 min pour t2 = D/60 avec D = 1500 m

on aura  $tc = 5 \text{ min} + D/60$  .....(7).

c) **intensité de précipitation :**

Elle dépend du temps de concentration (tc) et de la fréquence (N) tel que  $N = 1/T$

T : la période de retour

L'expression de l'intensité

$$I = (280 - 250 \log N) T \quad (\text{mm/h})$$

$$I = (805 - 694 \log N) T \quad (\text{l/s/hab.}) \dots \dots \dots (8)$$

b : coefficient caractérisant la pluviométrie de la région pour l'algérois,  $b = - 0,65$

**IV-2-3/ différentes méthodes de calcul :**

a) **méthode rationnelle :**

$$Q_p = C.I.S \quad (\text{l/s}) \dots \dots \dots (9)$$

S : surface du bassin (ha)

I : intensité de précipitation (l/s/hab.)

C : coefficient de ruissellement

b) **méthode superficielle :** (modèle de A.CAQUOT)

Elle est destinée pour les agglomérations de grandes surfaces jusqu'à 200 ha

$$Q_p = K.I.C.S \dots \dots \dots (10)$$

Avec  $k = [ 0,5(f) / 6,6]$

$$U = \frac{0,41.b(f)}{1+0,29 b(f)} ; \quad V = \frac{1}{1+0,29b(f)} ; \quad W = \frac{1,05 + 0,507 b(f)}{1+0,29 b(f)}$$

a (f), b (f) : les valeurs paramétriques de la pluie considérées

I : pente moyenne du bassin d'apport

C : coefficient volumétrique de ruissellement

S : surface totale des bassin d'apport

Il convient d'utiliser pour les calculs l'expression suivante :

$$Q_p = 550.I.C.S \dots \dots \dots (11)$$

1) **pente moyenne :**

$$I_{\text{moy}} = \frac{\sum L_j}{L_i} \quad L_j : \text{le parcours hydraulique le plus long } j$$

$$\sum \frac{L_j}{I_j} \quad I_j : \text{pente du bassin } j$$

2) **allongement des bassins versants :** soit en série ou en parallèle

$$M = L/S$$

L : hectomètre de plus long cheminement

S : surface du bassin (hectare)

**c) méthode linéaire :**

Elle permet de suivre la progression des débits le long d'une voie, elle est basée sur l'expression du coefficient de ruissellement tel que :

$$C = 0,56 (L/2S) \cdot \mu \dots\dots\dots(12)$$

C : coefficient de ruissellement

S : surface du bassin d'apport

L : longueur (hectomètre) des rus qui sillonnent le bassin

$\mu$  : facteur d'imperméabilité qui est donnée par :

$$\mu = 0,02 \text{ h/r} \cdot 1/R ; \text{ où h/r : nombre d'habitant par hectomètre}$$

R : longueur totale des rues de l'agglomération

$$\text{Le débit de pointe est donnée par : } Q_p = 550 \cdot I \cdot 0,56 (L/2S) \cdot \mu \cdot S \dots\dots\dots (13)$$

**IV-3/ calcul des diamètres des conduites :**

**IV-3-1/ considérations générales :**

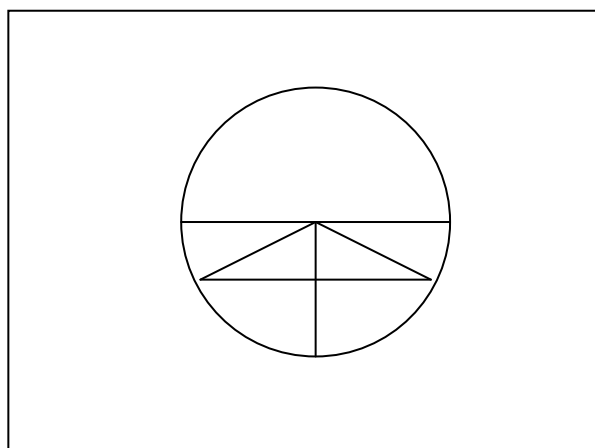
**a) calcul du rayon hydraulique :**

Soit une conduite de section " S " par laquelle transite un débit quelconque, on appelle rayon hydraulique note " Rh ", le rapport de la section mouillée " Sm " au périmètre mouillée " Pm ", (fig.4).

$$Rh = S_m / P_m \dots\dots\dots(m) \dots\dots\dots(14)$$

Avec  $S_m = R^2 (a - \sin a) / 2$  ;  $P_m = R \cdot a$

$$D'où : Rh = R (a - \sin a) / 2a \dots\dots\dots(15)$$



Cas particulier : si on considère que toute la section est mouillée

$$S_m = S = \pi \Phi^2 / 4$$

$$P_m = \pi \Phi$$

$$\Rightarrow Rh = \Phi / 4 \dots\dots\dots(16)$$

**b) calcul de la vitesse d'écoulement :**

Compte tenu des caractéristiques hydrauliques des effluents urbains, de la nature et la disposition des conduites dans lesquelles s'effectuent l'écoulement, CHEZY a établi l'expression de la vitesse d'écoulement comme suit :

$$V = C \sqrt{Rh \cdot I} \quad (\text{m/s}) \quad (17)$$

Avec Rh : rayon hydraulique (m)

I : pente de la conduite [m/m]

C : coefficient de vitesse caractérisent la nature de la conduite ainsi que les conditions de pose.

Le coefficient de CHEZY " C " a pour expression selon les formules ci-après :

**Formule de MANNING STRICKLER :**

$$C = 1/n Rh^{2/3} \dots\dots\dots(18)$$

**Avec :**

Rh : rayon hydraulique

n : coefficient de MANNING STRICKLER, il prend des valeurs selon la nature de la paroi (tableau ci-contre)

tuyau en béton lisse ou en métal .....	n = 0,012
tuyau en béton.....	n = 0,013
canaux en béton .....	n = 0,250
tôle ondulée .....	n = 0,450

**Formule BAZIN**

$$C = \frac{87 \cdot \sqrt{Rh}}{\varphi + \sqrt{Rh}} \dots\dots\dots(19)$$

Rh : rayon hydraulique (m)

φ : Coefficient de BAZIN tient compte de la nature et des conditions de pose des conduites ainsi que de la nature des effluents.

**Système séparatif :**

Réseau imperfectionné et paroi rugueuse .....  $\phi = 0,25$   
Réseau soigné et paroi plutôt lisse .....  $\phi = 0,16$   
Réseau bien soigné et paroi lisse .....  $\phi = 0,10$

**Système unitaire ou séparatif :**

Ouvrages établis avec soin moyen, présence de sable dans les eaux, parois plus ou moins lisses.....  $\phi = 0,46$   
Ouvrages bien exécutés, paroi lisses.....  $\phi = 0,30$

**IV-3-2/ méthode de calcul des diamètres :**

**a) objectif :**

Il faut que les diamètres remplissent les conditions suivantes :

- permettre l'évacuation du débit de pointe
- assurer une vitesse d'écoulement normale

**b) principe de calcul :**

La section est donnée par la formule suivante :

$$Q = V.S \text{ .....(20)}$$

Q : débit traversant une section quelconque (l/s)

S : section du collecteur

V : vitesse d'écoulement dans la conduite

(Formule de MANNING STRICKLER)

**c) calcul de diamètre : (selon MANNING STRICKLER)**

Si on considère que le débit transitant est à plein section (note Qps),

Le rayon hydraulique Rh devient :  $Rh = D/4$  (voir relation (17))

$$\text{Soit : } K = \frac{\pi}{4.4} = 0,3117$$



D'après les expressions (17), (19), (21), le débit  $Q_p$  est donné par :

$$Q_p = \frac{0,03117}{n} \cdot D \cdot \sqrt{I} \quad (\text{l/s}) \dots\dots\dots (21)$$

$$D = \left[ \frac{n \cdot Q_p}{0,03117 \sqrt{I}} \right] \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (22)$$

**N.B :** la pente  $I$  est prise en %

Il faut chercher le diamètre normalisé  $\phi > D$ , le débit transite par  $\phi$  est également supérieur au débit réel donné par l'expression (21) d'où le nouveau débit est :

$$Q_{ps} = 0,03117 \cdot \phi \cdot \sqrt{I} / n \quad (\text{l/s}) \dots\dots\dots (23)$$

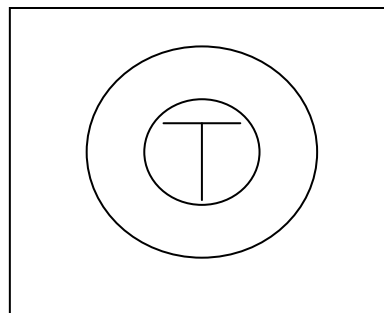
Connaissant  $\phi$ ,  $Q_{ps}$ , l'expression (21) donne la vitesse à pleine section comme suit :

$$V_{ps} = \frac{4Q_{ps}}{\pi\phi^2} \quad (\text{m/s}) \dots\dots\dots (24)$$

**Conditions pratiques :**

La section de la conduite ne peut être remplie car  $Q_{ps} > Q_p$  (réel)

$$\begin{aligned} Q_p &= rQ \cdot Q_{ps} \\ V_{eff} &= r_v \cdot V_{ps} \quad \dots\dots\dots (25) \\ H &= r_H \cdot \phi \end{aligned}$$



$H$  : hauteur de remplissage (fig.6)

Avec  $rQ$ ,  $r_v$ ,  $r_H$  qui représentent les taux des grandeurs réelles par rapport aux grandeurs prévues, ils sont exprimés en terme de coefficient.

Connaissant l'un de ces trois coefficients ( $rQ$ ,  $r_v$  ou  $H$ ), il sera possible d'en déduire les deux autres sur le monogramme ci-dessous (rapport des débits, rapport des vitesses en fonction de la hauteur de remplissage dans la conduite).

**Recommandations :** dans un système unitaire :

- le diamètre minimum est de 300 mm
- la vitesse effective dans une conduite est :  $0,5 \text{ m/s} < V < 4 \text{ m/s}$
- $V >= 0,5 \text{ m/s}$  condition d'auto curage.
- $V <= 4 \text{ m/s}$  et au delà, risque détérioration du réseau
- la hauteur de remplissage est limitée telle que :  $r_h <= 0,8$

**d) calcul des diamètres (selon BAZIN) :**

**1/ par calcul :**

Les relations (18) et (21) donnent :  $Q_p = C \cdot \sqrt{Rh} \cdot I \cdot S$ .

Selon BAZIN/  $87 \cdot \sqrt{Rh}$

$$C = \frac{\varphi + \sqrt{Rh}}{87 \cdot \sqrt{Rh}}$$

Pour un système unitaire établi avec un soin moyen, on prend :  $\varphi = 0,46$

Sachant que  $C = \frac{\varphi + \sqrt{Rh}}{87 \cdot \sqrt{Rh}}$  et  $Q_p = C \cdot \sqrt{Rh} \cdot I \cdot S$

On préviendrait à l'expression du débit de pointe suivante :

$$Q_p = 60 \cdot Rh \cdot \sqrt{I} \cdot S \dots\dots\dots (27)$$

$$\text{Or, } S = \frac{\pi D^2}{4} \rightarrow D = \left[ \frac{Q_p}{15 \pi Rh \cdot \sqrt{I}} \right]^{1/2} \dots\dots\dots (28)$$

Le diamètre calculé " D " doit être normalisé par un diamètre commercial, tel que  $\phi \geq D$ .

**V/ trace en plan (recommandations générales)**

- éviter les chevauchements et l'encombrement des conduites
- assainir le plus rapidement possible en empruntant les plus courts cheminements
- prévoir des pentes pour les collecteurs qui justifient :
  - la garantie d'auto curage (vitesse minimum)
  - la sécurité de l'ouvrage pendant les périodes d'orage (vitesse maximum)
- éviter les ouvrages spéciaux (regard de chute, poste relèvement, poste de refoulement)
- assurer l'enterrement des conduites à une profondeur minimum :
  - 0,90 sur les voies publiques
  - 0,50 sur les allées piétonnes, aux pieds des bâtiments

Poses des conduites :

Les conduites des eaux usées doivent être enterrées par rapport à la génératrice supérieure au minimum :

- sur une voie non carrossable.....0,5
- sur une voie carrossable .....0,9
- le fond de la tranchée doit être réglé et débarrassé de toutes pierrailles
- un mortier de sable d'épaisseur de 5 à 10 cm utilisé en béton de propreté pour protéger le bas de la conduite et établir la pente prévue.

## VI/ organes annexes :

1) **regards** : ce sont des compartiments en maçonnerie ou préfabriqué munis d'un couvercle amovible ; ils permettent l'accès aux canalisations pour d'éventuels branchements, et notamment pour le curage de ces derniers.

### 2) différents types de regards :

a) **regard de visite** : ils permettent la surveillance et le curage des égouts ainsi que leur aération qui est assurée grâce à une fonte sur le couvercle du regard, ce type de regard est prévu dans les cas suivants :

- au niveau de chaque branchement avec un autre collecteur
- a chaque changement de direction (horizontale ou verticale)
- entre 40 et 50 m d'alignement droit

b) **regard chute** : ce sont des regards analogues aux regards de visite, seulement la chute est plus importante, ce type de regard est prévu lorsque les canalisations sont disposées en forte pente, ce qui entraîne des vitesses très importantes, la chute des effluents dans ces regards permet de briser la vitesse d'écoulement.

c) **bouche d'égout** : destinées à recueillir les eaux usées de la chaussée, elle doivent être sélectives pour permettre la retenue du maximum de déchets, elles sont généralement disposées sous le trottoir

d) **regard avaloir** : ils sont généralement placés aux points bas des caniveaux destinés à la collecte des eaux de ruissellement depuis le caniveau jusqu'à l'égout.

e) **regards à grille** : ce sont des regards de petites dimensions, couvert par une grille en fonte, il sert à évacuer les eaux de ruissellement des parcs, allées piétonnes et des pelouses.

f) **Regards de façade** : ils sont utilisés pour les branchements particuliers, disposés plus près de la façade de la propriété à raccorder.

g) **Regards de branchement** : servent au branchement du réseau sanitaire d'un immeuble au réseau d'assainissement, les regards siphoniques sont conseillés pour éviter les relents des mauvaises odeurs.

h) **Déversoirs d'orage** : c'est un ouvrage en béton armé de section rectangulaire, sa fonction est d'évacuer les pointes exceptionnelles de débit d'orage vers un milieu récepteur, en d'autres termes, il est prévu pour soulager le réseau sanitaire en période d'orage.

## Le réseau d'assainissement du projet :

**Présentation** : on a opté pour notre projet le système unitaire, ce choix est justifié par le fait que le réseau existant est unitaire, en outre, on ne signale aucun rejet toxique dans la région, le collecteur principal transitera les débits confondus des eaux usées et des eaux pluviales, le raccordement au réseau existant s'effectuera au niveau de la route existante, qui présente le point le plus bas du site, les réseaux et les ouvrages étudiés sont situés sous les voies publiques.

**Estimation des débits** : le débit de pointe des eaux usées a été négligé devant le débit de pointe des eaux pluviales compte tenu de l'importance de ce dernier.

Calcul du débit de pointe des eaux pluviales : compte tenu de la superficie du site qui est de 9,27 ha, il conviendrait d'appliquer la méthode rationnelle pour le calcul du débit.

### Etape à suivre :

- délimiter pour chaque tronçon du réseau les surfaces d'apport qui lui revient
- décomposer cette surface suivant la nature du revêtement qui est caractérisée par le coefficient de ruissellement " C ”.
- parking + chaussée + trottoir + allées piétonnes ..... C = 0,9
- espace vert .....C =0,05
- calculer le coefficient de ruissellement pondéré  $C_p = \frac{\sum C_i S_i}{\sum S_i}$
- l'intensité moyenne de précipitation de la région de boira est estimée à 180 l/s/ha.
- Calculer le débit de pointe revenant au tronçon considéré par l'expression :  
 $Q_p = C_p \cdot I \cdot S_t$  (méthode rationnelle)

### Exemple numérique :

Soit le tronçon 4 – 5.

La surface d'apport qu'il lui revient est  $S_t$  dont :

Piéton	S0	} → $S_t = 4561,13 \text{ m}^2$ $0,9 \cdot 4561,13 = 4105,02$
Parking	S1	
Trott +chaussée	S2	
Toiture	S3	

$S_4 = 606,25$  espace vert →  $0,05 \cdot 606,25 = 30,31$

Le coefficient de ruissellement  $C_p = \frac{0,9 \cdot 4561,13 + 0,05 \cdot 606,25}{4561,13 + 606,25}$

$$\frac{4561,13 + 606,25}{4561,13 + 606,25}$$

D'où  $C_p = 0,8$

Sachant que  $I = 180 \text{ l/s/ha}$ ,  $C_p = 0,8$       $S = 0,5167 \text{ ha}$

Alors le débit de pointe transitera le tronçon 4-5

Est  $Q = 180 \cdot 0,5167 \cdot 0,8 \Rightarrow Q_p = 74,41 \text{ l/s}$

Conclusion : on a enregistré au rejet le débit total à évacuer

$$Q = 1119,26 \text{ l/s}$$

### **Dimension des canalisations :**

Les canalisations sont de section circulaire, le dimensionnement a été effectué moyennant la formule de MANNING STRICKLER en fonction de  $Q_p$ .

Les conditions imposées au réseau ont été respectées dans le choix des diamètres

$$(0,5 \% < I < 10 \% ; 0,5 \text{ m/s} < V < 4 \text{ m/s} ; h = 0,8 \phi)$$

### **Calcul des diamètres:**

Connaissant le débit de pointe et la pente affectée à un tronçon quelconque on peut déterminer son diamètre moyennant la formule de MANNING STRICKLER.

$$D = \left[ \frac{n \cdot Q_p}{0,03117 \cdot \sqrt{I}} \right]^{3/8} \quad \text{avec } n = 0,012$$

### **Exemple d'application :**

Pour l'exemple précédent : tronçon 4-5  $Q_p = 74,41 \text{ l/s}$ , mais le débit cumulé de point  $Q_p = 120,82 \text{ l/s}$

$$D'ou \quad D = \left[ \frac{0,012 \cdot 120,82}{0,03117 \cdot \sqrt{2,45}} \right]^{3/8} \quad I = 2,45 \%$$

$$d = 267,53 \text{ mm}$$

$$d'ou \phi = 300 \text{ mm} ; Q_{ps} = 151,37 \text{ l/s} ; V_{ps} = 2,14 \text{ m/s}$$

$$rQ = Q/Q_{ps} = 0,8 ; rV = V/Q_{ps} = 1,12 ; rH = 0,66$$

$$V = 2,4 \text{ m/s}$$

Pour le dimensionnement de réseau (voir tableaux

**\*-1/ épaisseur équivalente** : par le biais d'un coefficient d'équivalente à utiliser pour les différents matériaux constituant le corps de la chaussée.

Ce coefficient d'équivalence est lié au module d'élasticité " E " par la relation suivante :

$$A = 3\sqrt{E} / 500 \text{ (bars)}$$

La valeur " 5000 " est relative à un module élastique d'une plaque de concasse dure bien graduée pour une couche de base et dont le coefficient d'équivalence est fixe par définition à 1.

On donne les coefficients " a " de certains matériaux calculés sur la base de la formule ci-dessus.

Matériaux	COEFF " a "
Béton bitumineux enrobe dense	2,00
Grave de ciment à 4% CPC	1,50
Grave laitier à 20 %	1,50
Sable ciment ou sable laitier	1,20
Couche de base en gravier	1,00
Limon traité à la chaux	1,00
Grave naturel bien gradué Roulé (TVO, tuf)	0,75
Sable, mâchefer, scories, sablon	0,50

**\*-2/ détermination de la classe du trafic :**

La chaussée est appelée à débiter continuellement des véhicules de différents poids, c'est la raison pour laquelle on exige la durabilité de la chaussée.

En fonction du nombre de véhicules passant par jour sur une voie, on est à établir un classement du trafic, qui est dressé dans le tableau suivant :

Trafic en véhicule /j " T "	Classement de trafic
T > 15000	Etude spéciale
15000 > T > 6000	T1
6000 > T > 3000	T2
3000 > T > 750	T3
750 > T > 200	T4