

TRAVAUX DE TERRASSEMENT

LES TERRASSEMENTS

Le terrassement consiste à modifier la topographie d'un site conformément aux indications prescrites par les plans (tracé en plan, profil en long et profil en travers). Ces travaux s'échelonnent jusqu'à ce qu'on ait atteint l'altitude de la ligne d'infrastructure (de projet).

TRAVAUX DE TERRASSEMENT COMPRENNENT :

- Les travaux préparatoires (débroussaillage et essouchement)
- Décapage (extraction du sol ou dégagement du terrain)
- Le transport des matériaux (déblais ou remblai)
- L'évacuation des déblais ou la constitution des remblais
- Réglage et profilage
- Compaction
- Aménagement final ou parachèvement (éclairage, drainage

DEBLAIS :

Les déblais sont divisés en trois classes

- **Terrains meuble** : nécessite une pelle ou un chargeur tel que les sols granulaires (sol argileux, sols sableux, les sables limoneux et sables peu argileux) les pentes du talus sont de 1 :2 , 1 :3.
- **Terrain rocheux défonçable** : attaquable par un chargeur après défonçage du roc par un brise roche hydraulique tel que les sols schisteux
- **Roc** : nécessite l'utilisation de la dynamite (explosif) les pentes du talus sont de 5 :2 , 4 :1

REMBLAIS :

Le remblai est construit avec des matériaux provenant des déblais ou d'un site extérieur (bancs d'emprunt) et qui sont conformes à l'usage et aux spécifications prescrites tel que :

- les sols sableux;
- les sables limoneux;
- les sables peu argileux.

Produits exclu en remblai

- les vases, les sols tourbeux, les marnes
- les matières putrescibles (débris végétaux et autres).

CLASSIFICATION DES SOLS

Les sols sont classés d'après trois critères :

- **La Granularité** : Caractérisée par la dimension D du plus gros granulat :

D (mm)	20	2	0,2	0,02	0,002
Désignation	graviers	sables	Sables fins	limons	argiles

- **Le Comportement Mécanique** (résistance au cisaillement)
- **Les Caractéristiques Physiques** (teneur en eau, limite d'Atterberg)

TYPES DE FOUILLES

- **le décapage** : fouille de faible profondeur ($h < 30$ cm) son but est d'enlever la terre végétale
- **fouilles en rigoles** : (sous mur-sous voiles)..... $L < 2$ m , $h < 1$ m
- **fouilles en trous** (semelles isolées sous poteaux) $l < 2$ m , $l < 2$ m , $h < 1$ m
- **Fouilles en tranchées** : (pour pose de canalisation)..... $L < 2$ m , $h > 1$ m
- **Fouilles en puits** : (fondation semi-profonde) $L < 2$ m , $l < 2$ m , $h > 1$ m
- **Fouilles en pleine masse ou excavation**: (pour travaux d'envergure)
- **Blindage des fouilles** : (pour profondeur profonde ou des fouilles supérieure à 1.30m et largeur inférieure à 1 m).

Foisonnement des sols

LE FOISONNEMENT : Est la capacité d'un sol ou de gravats à augmenter de volume lors du déplacement du matériau, Il varie de 10 à 40% environ.

Le tassement ultérieur de terres fraîchement remuées fait diminuer le volume de 5 à 15% environ.

Exemple :

Déblai	1,000 m ³
Foisonnement (20%)	0,200 m ³
Volume foisonné.....	1,200 m ³
Tassement (10%)	0,120 m ³
Déblai réemployé en remblai.....	1,080 m ³

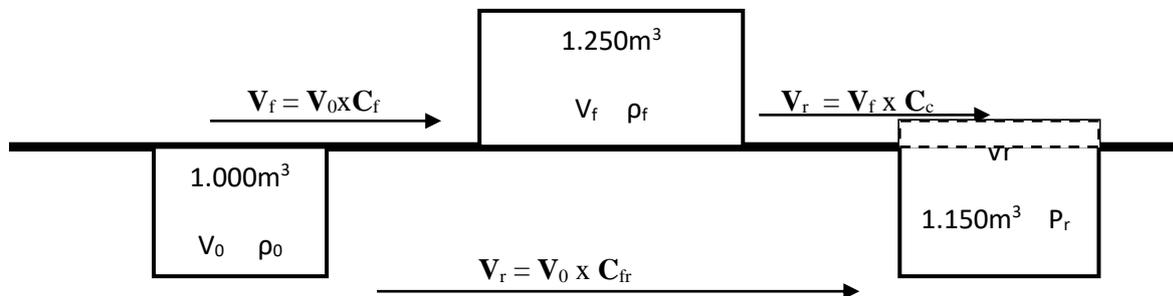
L'évaluation des volumes de déblais se fait en terrain «en place». Le métré est réalisé suivant les plans.

L'évaluation des volumes en remblais se fait en terrain «en place», le métré est réalisé suivant les plans.

:

Etat initial en place	Etat foisonné	Etat reconstitué (compacté)
Volume en place : $\Rightarrow V_0$	Volume foisonné : $\Rightarrow V_f$	Volume reconstitué : $\Rightarrow V_r$

Schématisation



Le foisonnement : est la proportion du volume supplémentaire sur le volume initial ramené à 100.

Le coefficient de foisonnement (C_f) : permet d'évaluer le volume apparent foisonné (V_f) d'un terrain déplacé en fonction du volume en place (V_0) :

$$C_f = ((V_f - V_0) / V_0) \times 100$$

$$V_f = C_f \times V_0$$

Le coefficient de compactage (C_c) : c'est le rapport entre le volume de terre compactée et le volume de terre foisonnée. Il permet l'évaluation du volume reconstitué (V_r) de ce même volume foisonné (V_f) après sa mise en place et son compactage définitif.

$$C_c = V_r / V_f$$

$$C_c = ((V_r - V_f) / V_f) \times 100$$

$$V_r = C_c \times V_f$$

Dans le cas des terrassements routiers ou sur les chantiers de terrassement très importants, il est intéressant de prévoir l'exacte quantité à extraire pour obtenir un volume reconstitué précis. Cela évite les mouvements de terre inutiles et donc onéreux.

Coefficient de foisonnement résiduel c'est le rapport entre le volume de terre compactée et le volume de terre en place

$$C_r = V_r / V_0$$

$$C_r = C_{fr} = C_f \times C_c$$

Autre relation, on trouve que : $V_r = V_0 \times C_f \times C_c$

$$V_r = V_0 \times C_{fr}$$

Ces divers coefficients sont donnés en pourcentages :

- Si le foisonnement = 25 % $\Rightarrow C_f = 1.25$

- Si le résidu suite au compactage = 8 % $\Rightarrow C_c = 1 - 0.08 = 0.92$

- Alors le foisonnement résiduel = 15 % $\Rightarrow C_{fr} = 1.15$; car $C_{fr} = C_f \times C_c = 1.25 \times 0.92 = 1.15$

Exemple 1 :

La réfection de la pelouse du stade omnisports de la ville de Sétif nécessite la mise en place de 3000 m³ de terre végétale de bonne qualité. Ce volume représente la quantité finale en place et compactée.

Quelle doit être la quantité à transporter (foisonnée) et la quantité initiale à prévoir (non foisonnée et en place) ?

Solution:

D'après le tableau des coefficients, on tire que :

Terre végétale ; le foisonnement est de 10% donc $C_f = 1.10$

Le volume résiduel est de 3% donc $C_c = 1 - 0.03 = 0.97$

$$V_f = C_f \cdot V_0 \quad V_r = V_f \cdot C_c = V_0 \cdot C_f \cdot C_c = V_0 \cdot C_{fr} \quad C_{fr} = 1.10 \cdot 0.97 = 1.067$$

$$V_0 = V_r / C_{fr} = 3000 / 1.067 = 2811.621 \text{ m}^3$$

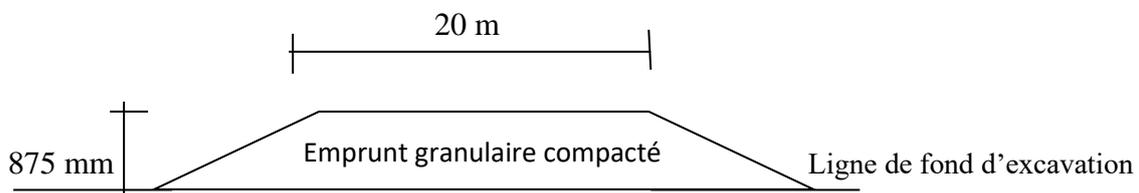
$$V_f = C_f \cdot V_0 = 1.10 \cdot 2811.621 = 3092.783 \text{ m}^3$$

$$\text{Quantité foisonnée à transporter } V_T = V_f - V_r = 3092.783 - 3000 = 92.783 \text{ m}^3$$

Exemple 02:

Dans un projet de construction d'une route de 1,650 km, il est prévu de remblayer et de compacter une structure de chaussée avec un gravier naturel tiré d'un banc emprunt. Des essais en laboratoire nous démontrent que ce matériau répond aux exigences demandées pour l'utilisation prévue et que ce gravier possède une masse volumique sèche et foisonnée de 1755 kg/m³, une teneur en eau naturelle moyenne de 12% et un foisonnement initial et final de 13% et 3%.

Sachant qu'une fois compactée, la fondation de la chaussée aura la configuration illustrée ici-bas, calculons les volumes suivants : volume de la fondation, volume transporté, volume emprunté (état naturel) ainsi que le tonnage ($w = 12\%$) requis.



Solution :

$$\text{Grande base} = 20 \text{ m} + (2/3 \times 0,875 \text{ m}) + (2/3 \times 0,875 \text{ m}) = 21,167 \text{ m}$$

$$\text{Surface de la section} = 18,010 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume compacté de la fondation granulaire} = 18,010 \text{ m}^2 \times 1\,650 \text{ m} = 29\,717,2 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume transporté} = 29\,717,2 \text{ m}^3 \times 1,13 / 1,03 = 32\,602 \text{ m}^3$$

Volume emprunté (à l'état naturel) = $29\,717,2 \text{ m}^3 / 1,03 = 28\,852 \text{ m}^3$

Masse volumique foisonnée $w=12\% = 1\,755 \text{ kg/m}^3 \times 1,12 = 1\,965,6 \text{ kg/m}^3$

Tonnage $w=12\%$ requis = $1,9656 \text{ t/m}^3 \times 32\,602 \text{ m}^3 = 64\,082 \text{ tonnes } w=12\%$

Terre végétale :

Coefficient de foisonnement apparent 25 %

Coefficient de foisonnement résiduel 12,5 %

Exemple de valeurs des coefficients de foisonnement C_f et C_{fc} :

Nature des terres	Angle talus	Masse volumique (kN/m ³)	C_f (%)	C_{fc} (%)
Sable fin, sec	10 à 20°	14	10	3
Sable fin mouillé	15 à 25 °	16	20	4
Gravier moyen	30 à 40 °	19 à 21	25	4
Terre végétale humide	30 à 45 °	16 à 17	10	3
Terre très compacte	40 à 50 °	16 à 18	25	10
Cailloux	40 à 50 °	15 à 17	50	15
Marne sèche	30 à 45 °	15 à 16	50	8
Argile sèche	30 à 50 °	16	50	15
Argile humide	0 à 20 °	12 à 18	25	8
Roches diverses	50 à 90 °	20 à 25	50	20

Application :

Vous avez un chantier de terrassement. Le calcul de cubature donne un volume en place à déblayer de 1000 m³.

Le sol à excaver est constitué de terres très compactes.

- Quel volume de sol devez-vous prévoir de transporter ?
- Quel volume de remblai pourrez-vous réaliser ?

CHAPITRE II

CALCUL DES CUBATURES.

La cubature des terrassements est l'évaluation du volume des terres à enlever ou à mettre en remblai pour l'exécution du projet.

Le calcul des volumes s'effectue dans le sens du parcours du projet.

Le terrain est supposé régulier entre deux profils.

Il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures :

- la méthode par le calcul des volumes élémentaires (trop longue),
- la méthode des moyennes, des aires (méthode par excès)
- la méthode des aires moyennes,
- la méthode des profils (largeur applicable).

Méthode des aires moyennes

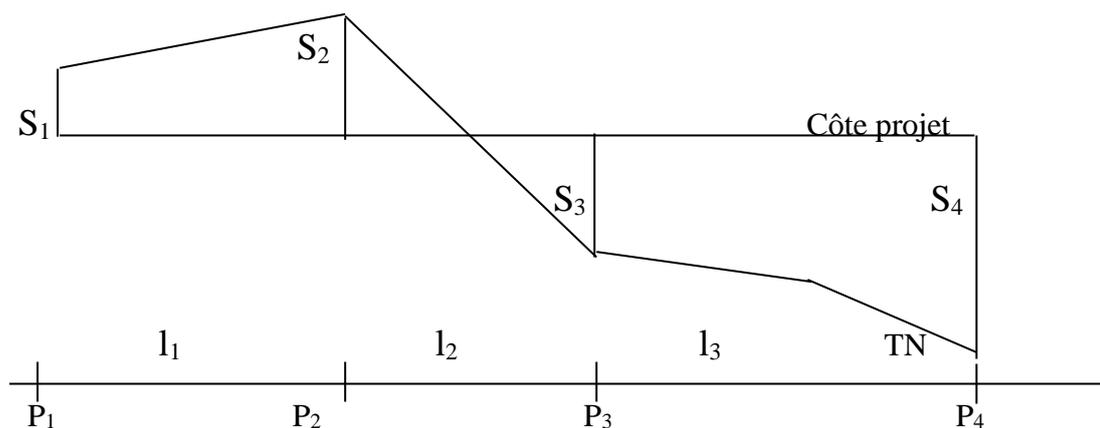
Le volume entre 2 profils consécutifs est donc égal au produit de la moyenne des aires de ceux-ci par la longueur de l'entre profil.

On utilise la formule suivante :

$$V = \frac{l_1}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_{\text{moy}})$$

Où $S_{\text{moy}} = (S_1 + S_2)/2$ en remplaçant S_{moy} dans la formule ci-dessus, on trouve

$$V_1 = l_1(S_1 + S_2)/2$$

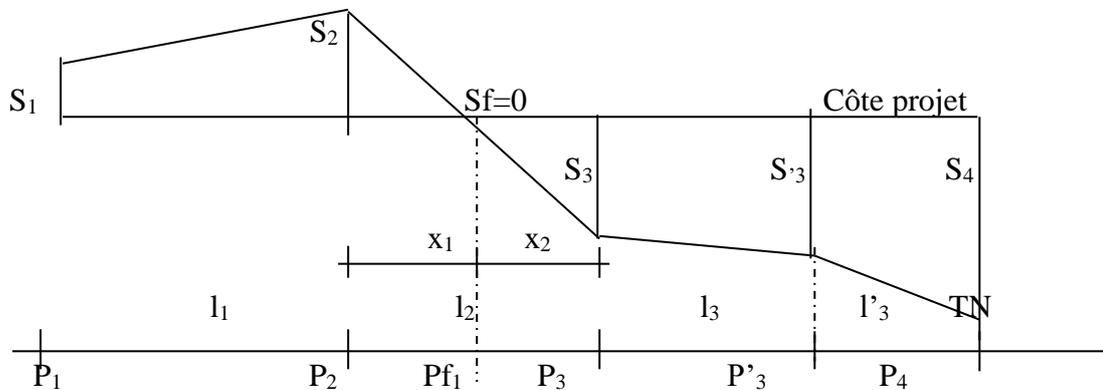


Généralisation.

Pour une suite de profils, on généralise la formule ci-dessus.

Entre le profil P2 déblai et le profil P3 remblai, il existe une ligne de passage que l'on appellera profil fictif (Pf1.) de superficie nulle.

Après avoir calculé la distance horizontale x_1 entre le profil P_2 et le Profil Fictif (voir formulaire profils) appliquer la méthode de la moyenne des aires en considérant qu'au niveau du Pf_1 . se trouve un profil de superficie nulle.



Avec $x_1 = S_2 \cdot l_2 / (S_1 + S_2)$

- entre P_2 et Pf_1 ., le déblai vaut : $V'_2 = x_1(S_2 + 0)/2 = x_1 S_2 / 2$
- de même entre Pf_1 et P_3 , le volume de remblai vaut : $V'_3 = x_2(0 + S_3) = x_2 S_3 / 2$

Ainsi, la méthode s'applique sans interruption à tout un projet, sous réserve de faire intervenir les distances partielles à la ligne de passage (P.F.) quand on passe d'un profil en remblai à un profil en déblai ou inversement

On calcule le volume de mouvement des terres comme suit :

Entre P_1 et P_2 $V_1 = l_1(S_1 + S_2) / 2$

Entre P_2 et P_f $V'_2 = x_1(S_2 + 0) / 2 = x_1 S_2 / 2$

Entre P_f et P_3 $V'_3 = x_2(0 + S_3) / 2 = x_2 S_3 / 2$

Entre P_3 et P'_3 $V_3 = l_3(S_3 + S'_3) / 2$

Entre P'_3 et P_4 $V_4 = l'_3(S'_3 + S_4) / 2$

En additionnant membres à membre ces expressions, on a le volume total des terrassements :

$$V = l_1(S_1 + S_2) / 2 + x_1(S_2 + 0) / 2 + x_2(0 + S_3) / 2 + l_3(S_3 + S'_3) / 2 + l'_3(S'_3 + S_4) / 2$$

$$V = l_1 \cdot S_1 / 2 + (l_1 + x_1) S_2 / 2 + (x_2 + l_3) S_3 / 2 + (l_3 + l'_3) S'_3 / 2 + l'_3 \cdot S_4 / 2$$

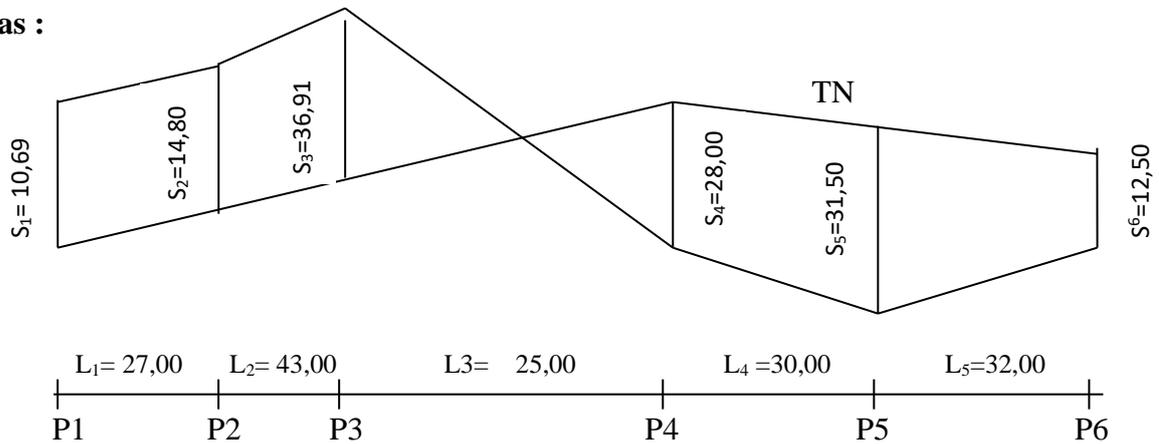
$$V_1 = l_1(S_1 + S_2) / 2 + S_2 \cdot x_1 / 2 + S_3 \cdot x_2 / 2 + (S_3 + S'_3) l_3 / 2 + (S'_3 + S_4) l'_3 / 2$$

Exercice

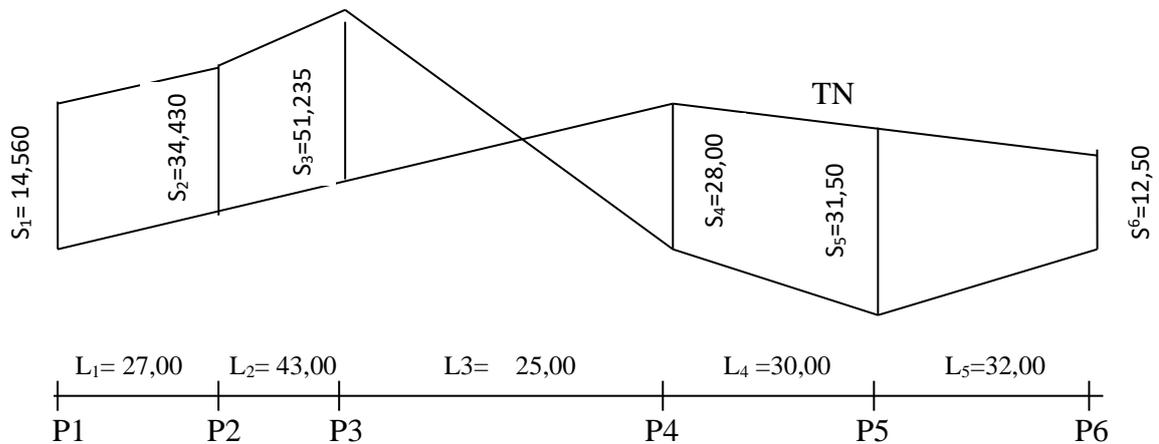
Les caractéristiques d'un tronçon de route sont représentées sur Le schéma ci-dessous selon les deux cas.

On demande de calculer le volume des déblais, des remblais et le volume des terres en excès à transporter si le coefficient de foisonnement des terres de déblai est de 1,25

1^{er} cas :



2^{em} cas :

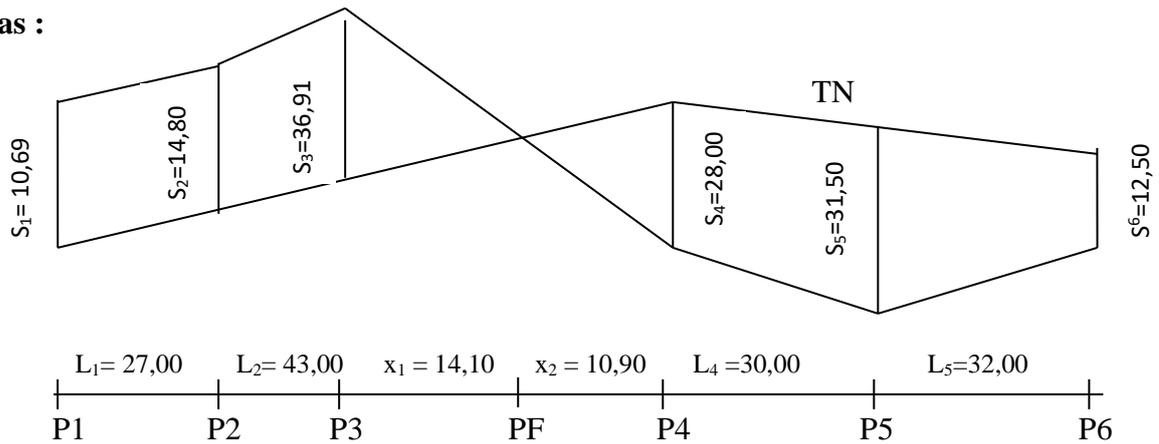


Solution

1^{er} cas :

- On voit qu'entre le profil P3 et P4, il existe un profil fictif qu'on appelle PF
- On calcule la distance entre le profil P3 et PF ainsi que la distance entre PF et P4
- $x_1 = S_3 \cdot l_3 / (S_3 + S_4)$ $x_2 = S_4 \cdot l_3 / (S_3 + S_4)$
- $x_1 = 36,91 \cdot 25,00 / (36,91 + 28,00) = 14,10$ m
- $x_2 = 28,00 \cdot 25,00 / (36,91 + 28,00) = 10,90$ m

1^{er} cas :



Calcul des cubatures

On voit qu'entre le profil P1 et PF le terrain est en déblai et entre le profil PF et P6 le terrain est en remblai.

On applique la méthode des aires moyenne

- Calcul du volume des terres en déblai : $V_{di} = (S_i + S_{i+1}) \cdot l_i / 2$

$$V_{d1} = (S_1 + S_2) \cdot l_1 / 2 = (10,69 + 14,80) \cdot 27 / 2 = 344,115 \text{ m}^3$$

$$V_{d2} = (S_2 + S_3) \cdot l_2 / 2 = (14,80 + 36,91) \cdot 43 / 2 = 1111,765 \text{ m}^3$$

$$V_{d3} = (S_3 + S_{PF}) \cdot x_1 / 2 = (36,91 + 0) \cdot 14,10 / 2 = 260,215 \text{ m}^3$$

Volume total du déblai

$$V_d = V_{d1} + V_{d2} + V_{d3} = 344,115 + 1111,765 + 260,215 = 1716,095 \text{ m}^3$$

- Calcul du volume des terres en remblai : $V_{ri} = (S_i + S_{i+1}) \cdot l_i$

$$V_{r1} = (S_4 + S_5) \cdot x_2 / 2 = (0,00 + 28,00) \cdot 10,90 / 2 = 152,600 \text{ m}^3$$

$$V_{r2} = (S_4 + S_5) \cdot l_4 / 2 = (28,00 + 31,50) \cdot 30,00 / 2 = 892,500 \text{ m}^3$$

$$V_{r3} = (S_5 + S_6) \cdot l_5 / 2 = (31,50 + 12,50) \cdot 32,00 / 2 = 704,400 \text{ m}^3$$

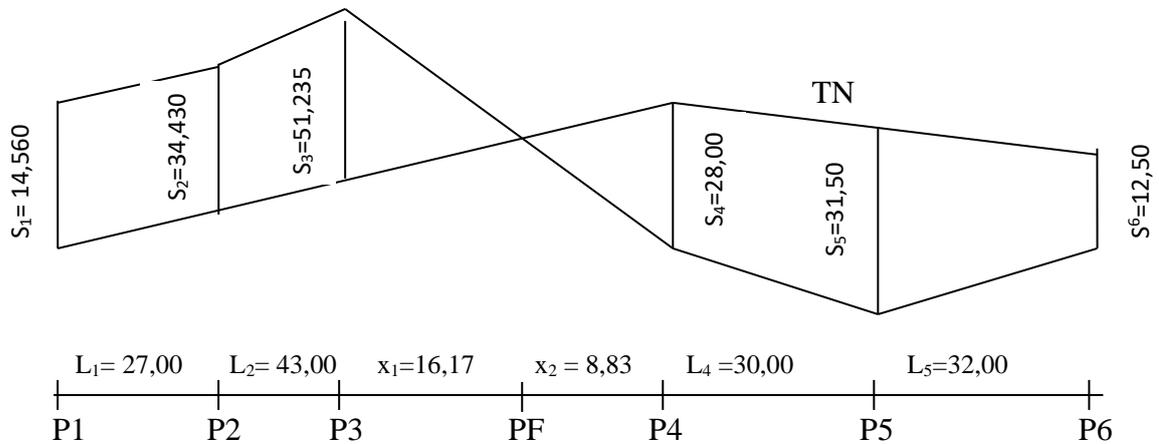
Volume total du remblai

$$V_r = V_{r1} + V_{r2} + V_{r3} = 152,600 + 892,500 + 704,400 = 1749,100 \text{ m}^3$$

Le volume des remblais est inférieur au volume des déblais, il n'y a pas de volume excédentaire à transporter

2^{ème} cas

Maintenant si les profils en travers des sections S_1 à S_3 auront les sections ci-dessous



- Calcul du volume des terres en déblai : $V_{di} = (S_i + S_{i+1}) * l_i / 2$

$$V_{d1} = (S_1 + S_2) * l_1 / 2 = (14,56 + 34,43) * 27 / 2 = 661,365 \text{ m}^3$$

$$V_{d2} = (S_2 + S_3) * l_2 / 2 = (34,43 + 51,235) * 43 / 2 = 1841,798 \text{ m}^3$$

$$V_{d3} = (S_3 + S_{PF}) * x_1 / 2 = (51,235 + 0) * 16,17 / 2 = 414,120 \text{ m}^3$$

Volume total du déblai

$$V_d = V_{d1} + V_{d2} + V_{d3} = 661,365 + 1841,798 + 414,120 = 2917,283 \text{ m}^3$$

Le volume des déblais excédentaires à transporter à la décharge publique avant foisonnement est de:

$$V = V_d - V_r = 2917,283 - 1749,100 = 1168,183 \text{ m}^3$$

Volume foisonné à transporter réellement est de: $1168,183 * 1,25 = 1460,228 \text{ m}^3$

CHAPITRE III

VOIRIES URBAINES

INTRODUCTION

L'a voirie urbaine embrasse l'ensemble des tâches et des problèmes relatifs à l'ouverture, à la construction et à l'entretien des rues d'une ville.

La localisation du tracé d'une rue est généralement imposée par des considérations strictement locales. Les considérations techniques, telles que relief du sol, la nature du sous sol, interviennent très peu pour déterminer l'axe de la nouvelle rue. Ces considérations s'effacent devant la nécessité de desservir certaines habitations, commerces ou industrie

CLASSIFICATION DES VOIRIES

Il existe deux grandes classes de voies urbaines

- Les voies interurbaines qui servent principalement à la circulation de transit.
- Les voies urbaines ou d'intérêt local qui permettent l'accès aux résidences et aux établissements industriels ou commerciaux.

DEFINITION DES DIFFERENTES CATEGORIES DE VIABILITES

Le terme de viabilité recouvre l'ensemble des voiries et réseaux divers dénommés couramment « V .R .D ».

Au cours de cette étude, on s'intéresse aux viabilités tertiaires, secondaires et primaires.

- La viabilité tertiaire ou de desserte ($V < 40$ km/h) est constituée par les équipements de desserte rapprochés des habitations et aires de stationnement. Ils desservent une partie seulement des habitations de la zone.
- La viabilité secondaire, ou de distribution ($V = 40-50$ km/h), zone d'équipement publics de liaison des différents groupes d'habitations entre eux est de ceux-ci avec les équipements primaires ou extérieurs (voies inter quartiers). Ils desservent l'ensemble des habitations de la zone (T entre 1000 à 12000 v/j).
- La viabilité primaire (Voirie Rapide Urbaine (voies structurantes d'agglomération) ou autoroute $V > 80$ km/h) est constituée par les équipements reliant la zone à l'extérieur. Il s'agit de sections de voies le plus souvent situées en entrée/sortie d'agglomération urbanisation très lâche, aménagements de type routier, absence de trottoir

ORDRE D'EXECUTION DES TRAVAUX DE V.R.D.

Lorsque l'aménageur n'est pas lui-même le constructeur des habitations, les travaux d'aménagements doivent être entièrement terminés avant la livraison des parcelles.

On peut conseiller l'ordre suivant :

- Ouverture des fouilles de tous les réseaux ;
- Pose des réseaux, exécution des branchements et remblaiement des fouilles ;
- Fondation des chaussées et accotements ;
- Finition V.R.D : finition des trottoirs et pose des bordures, surface de roulement de la chaussée, pose des candélabres.

Lorsque l'aménageur est en même temps constructeur des habitations, il est recommandé, afin d'éviter la dégradation des voies en cours de chantier, de procéder en deux phases :

- Première phase (avant la construction des bâtiments) ;
 - Pose préalable des réseaux (y compris branchements) ;
 - Fondation des chaussées et accotements de manière à ce que les voies puissent être utilisées sans revêtement superficiel pendant le chantier ;
 - Construction des habitations.
- Deuxième phase (après la construction des bâtiments) :
 - Pose de bordures, caniveau et trottoirs ;
 - Pose de la couche de roulement ;
 - Pose des candélabres ;
 - Mise à niveau définitif des ouvrages de plantation des espaces verts.

En tous les cas les réseaux gravitaires seront posés les premiers.

TERMINOLOGIE

- Emprise: Surface du domaine public affectée à la voie ferrée ou à la route et leurs dépendances, jusqu'aux domaines privés.
- Assiette: Surface du terrain naturel occupée par la voie ferrée ou la route, y compris les talus et les fossés.
- Plate-forme de la route: Surface qui comprend la ou les chaussées, les accotements, les bermes et les terre-pleins.
- Chaussée: Partie aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.

C'est à partir de ces différentes valeurs qu'on détermine la largeur de la chaussée.

Circulation	Stationnement	Chaussée
2 voies de 3.00 m	2 voies de 2.25 m	10.50 m
4 voies de 3.50 m	2 voies de 2.50 m	19.00 m
6 voies de 3.50 m	2 voies de 3.00 m	27.00 m

La largeur des trottoirs est fonction du nombre de piétons. Une personne en mouvement a besoin d'une largeur de 0.75m. La largeur minimale d'un trottoir est donc de 1.50m. Un trottoir peut desservir de 20 à 25 personnes/min sur une largeur de 1.00 m. Dans les rues commerciales, il faut ajouter au moins 1.00 m à la largeur du trottoir pour desservir les personnes sortant des édifices ou léchant les vitrines.

Pour qu'une voie soit classée dans le domaine public nécessite une largeur de chaussée de 5 m au minimum. Elle est admise jusqu'à 250 véhicules par jour, pour une voie à double sens sans stationnement.

Si le stationnement est envisagé en bordure, il faut prévoir une surlargeur de 2 m par file.

CAPACITE :

La capacité d'une route (voie) est le nombre de véhicules qui peuvent raisonnablement passer sur une section donnée d'une voie (ou d'une chaussée) dans une direction (ou dans les deux directions) avec des caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propres durant une période de temps déterminée. La capacité s'exprime sous la forme d'un débit horaire.

Les caractéristiques géométriques de la chaussée jouent sur la capacité et sur la vitesse du véhicule par les paramètres suivants :

- ✓ Largeur de la chaussée
- ✓ Les accotements (trottoir)
- ✓ Les obstacles latéraux
- ✓ Le type de topographie
- ✓ L'état de la surface de la chaussée

CHAUSSEES, AIRES DE STATIONNEMENT ET TROTTOIRS

DEFINITION :

Le rôle de la chaussée est de transmettre au sol de fondation les efforts résultant de la circulation :

- efforts verticaux, dus à la charge des véhicules ;
- efforts horizontaux, dus au freinage et à l'accélération des véhicules ;

Pour remplir ce rôle une chaussée composée de plusieurs couches de matériaux, généralement de plus en plus élaborés et performants, au fur et à mesure que l'on se rapproche de la surface.

LES DIFFERENTES CATEGORIES DE CHAUSSEES

On distingue trois catégories de chaussées :

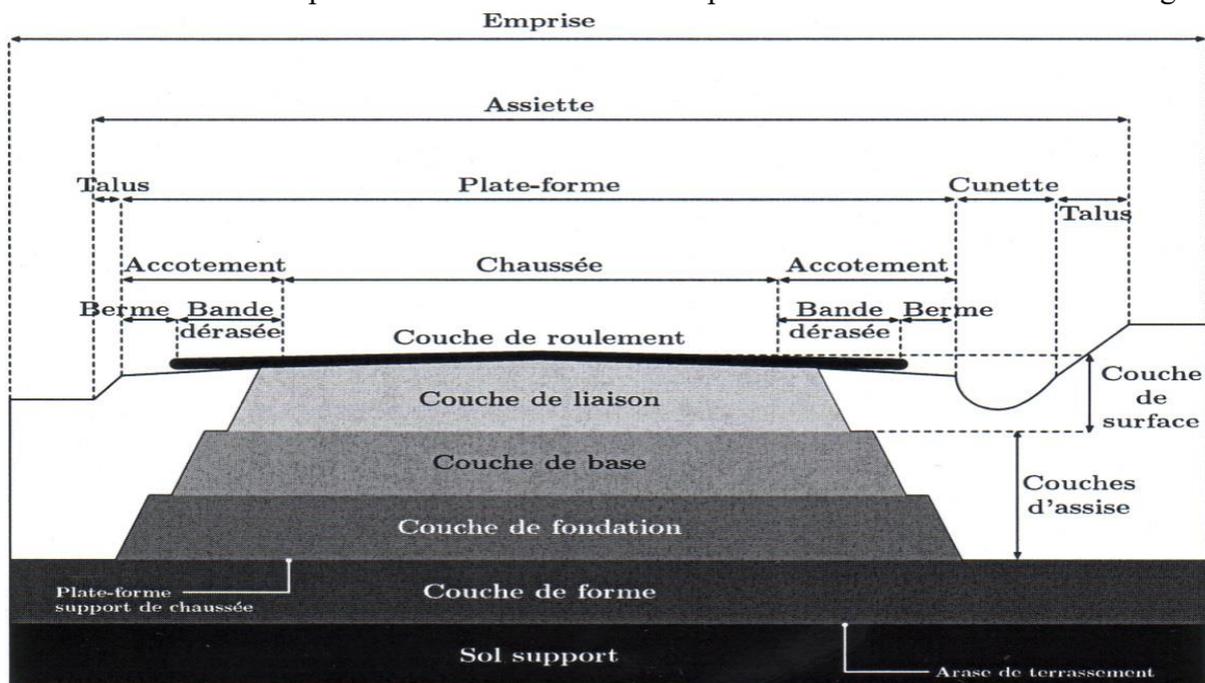
- les chaussées souples, constituées de matériaux traités ou non traité avec liants hydrocarbonés (grave bitume, par exemple) d'épaisseur entre 30 et 60 cm.
- les chaussées semi rigides, constituées tout ou partie de matériaux traité au liants hydrauliques (ciment, laitier granule, par exemple)
- les chaussées rigides, constituées de dalles de béton,

STRUCTURE DE CHAUSSEES

Un corps de chaussée se compose dans le cas le plus général :

- d'une couche de fondation ;
- d'une couche de base ;
- d'une couche de roulement

Lorsque le terrain formant l'assise de la fondation est très argileux, il peut être utile de disposer entre celui-ci et la couche de fondation une couche « anticontaminante » qui a pour but d'éviter la pollution des couches supérieures des remontées d'argile.



CONSTITUTION DES CHAUSSEES

- La constitution des chaussées dépend à la fois des caractéristiques du sol et du choix des matériaux mis en œuvre.
- La règle générale à respecter lors de la conception et la construction de la chaussée est de s'assurer de l'utilisation optimale des matériaux : chaque couche doit pouvoir permettre la mise en œuvre correcte de celle du dessus (problème de compactage sur une couche molle).

a) CHOIX DES MATERIAUX CONSTITUANTS

Le choix des matériaux tiendra compte :

- 1-du coût des matériaux
- 2-du coût des transports
- 3-de la proximité de centrale de fabrication.

Exemple de matériaux fréquemment utilisés

- Couche anticontaminanteSable fin
- Couche de fondation et couche de base

matériaux non traitéstout venant de carrière ou—,
tout venant d'oued- Empierrement

Matériaux traités Graves traités au bitume, au laitier
granulé, au ciment, à la chaux ...

- Couche de roulement enrobés, enduits superficiels
-

CHOIX DES EPAISSEURS DES DIFFERENTES COUCHES

Il est assez difficile de donner une méthode de dimensionnement qui soit à la fois simple est précise. A titre indicatif, il est donné ci-dessous un procédé sommaire de dimensionnement.

Ce procédé consiste à établir une classification du sol de fondation, à choisir à priori des épaisseurs de matériaux, et à vérifier, à l'aide d'un calcul simple, que les épaisseurs sont bien adaptées.

Classification du sol de fondation

Désignations	Classe du sol
Les argiles - les marnes – craie - Sables argileux assez plastiques	S1
Sables argileux peu plastiques - Graves argileuses - Sables limoneux Graves limoneuses assez plastiques	S2
Graves limoneuses peu plastiques - Sable propre	S3
Graves propres mal gradué – rocher - Grave limoneux bien gradué	S4

VERIFICATION DU CORPS DE CHAUSSEES

Chaque type de corps de chaussée à étudié sera classé selon l'épaisseur et la nature des différentes couches qui le constituent. Pour cela on calcule une épaisseur équivalente U en affectant un coefficient approximatif d'équivalence à chaque matériau.

Désignations	Coefficient applicable (a_i)	Epaisseur minimale réelle après compactage
Sable, mâchefer, scories, sablon	0,5	5
Grave naturel bien gradue Roulée (TVO, tuf)	0,8	15
Grave naturelle reconstitué	1	15
Grave ciment	1,3	12
Grave laitier – Grave bitume	1,5	12
Sable bitumineux	1,6	6
Sable ciment ou sable laitier – grave émulsion	1,2	15
Grave bitume	2	8
Béton bitumineux, enrobés denses	2,2	3

Pour le calcul de l'épaisseur équivalente U de la chaussée, il suffira, pour chaque projet, de remplir le tableau suivant :

Désignations	Matériaux	Coef d'équivalence (a_i)	épaisseur de la chaussée (e_i)	ép.coef $U_i = a_i \cdot e_i$
Anti-contaminante				U_0
Fondation				U_1
Base				U_2
Revêtement				U_3
	$U = U_0 + U_1 + U_2 + U_3$			

Classe du trafic et épaisseur équivalente selon S et T :

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 et de l'épaisseur équivalente (voir tableau ci-dessous):

Epaisseur	T1(15000>T> 6000)	T2 (6000>T> 3000)	T3 (3000 > T > 750)	T4 (750 > T > 200)
S1	1,10 – 0,90	0,95 – 0,75	0,70 – 0,60	0,60 – 0,50
S2	0,95 – 0,75	0,75 – 0,60	0,60 – 0,45	0,45 – 0,35
S3	0,75 – 0,65	0,65 – 0,50	0,50 – 0,40	0,40 – 0,30
S4	0,60 – 0,50	0,50 – 0,40	0,40 – 0,30	0,30 – 0,20

CHOIX DEFINITIF :

La compatibilité du corps de la chaussée avec la qualité du sol de fondation est obtenue suivant le tableau ci-après :

Valeur de U Sol de fondation	U>50	50>U>40	40>U>30	30>U>20	U<20
	S1	BON	X	X	X
S2	BON	BON	X	X	X
S3	X	BON	BON	X	X
S4	X	X	BON	BON	X

Exemple :

Pour le calcul de l'épaisseur équivalente U de la chaussée, il suffit pour chaque projet de procéder de la façon suivante à l'aide du tableau ci-dessous:

Désignations	Matériaux	Coef d'équivalence (a _i)	épaisseur de la chaussée (e _i)	ép.coef U _i = a _i .e _i
Anti-contaminante				U ₀
Fondation	Grave naturelle	1	25	U ₁ = 25
Base	Grave bitume	2	8	U ₂ = 16
Revêtement	Enrobé	2,2	5	U ₃ = 11
U= U ₀ + U ₁ + U ₂ + U ₃				U = 52

Epaisseur totale de la chaussée U

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = 25.1 + 8.2 + 5.2,2 = 25 + 16 + 11 = 52 \text{ cm}$$

Dans l'exemple on voit que l'épaisseur $U > 50 \text{ cm}$, ce corps de chaussée serait applicable au cas d'un sol S_1 ou S_2

Exemple :

Connaissant la fourchette de l'épaisseur équivalente au moyen de la classe du trafic et la classe du sol, déterminer les épaisseurs des couches des matériaux.

Soit U l'épaisseur totale de la chaussée lue dans le tableau ci-dessus, on aura donc :

$$U = \sum a_i h_i$$

Avec : a_i : coefficient d'équivalence de la couche i

h_i : épaisseur de la couche i

Application :

- trafic journalier 2000 veh / j => T3

- nature du sol craie et marnes => S1

$$T3 \} \Rightarrow U = 0,70 - 0,60 \text{ (m)}$$

S1 }

On prévoit :

Une couche de béton bitumineux d'épaisseur : H_1 $a = 2.2$

Une couche de grave ciment d'épaisseur : H_2 $a = 1,5$

Une couche de grave naturel (TVO) d'épaisseur : H_3 $a = 0,75$

On prend $U = 0,70 \text{ m}$ $U = \sum a_i h_i$ $U = a_1 h_1 + a_2 h_2 + a_3 h_3$

$$0,7 = 2.2h_1 + 1,5h_2 + 0,75h_3$$

Si $h_1 = 0,04 \text{ m}$ } $\Rightarrow h_3 = 0,316 \approx 0.32 \text{ m}$

$h_2 = 0,25 \text{ m}$ }

Donc l'épaisseur réelle de la chaussée est :

$$U = 0,04 + 0,25 + 0,32 \Rightarrow U = 0,61 \text{ m}$$

Maintenant si on prend $h_1 = 0.05 \text{ m}$ $h_2 = 0.15 \text{ m}$

on trouve $h_3 = 0.7 - 2.2*0.05 - 1.5*0.15 = 0.486 \approx 0.49 \text{ m}$

donc l'épaisseur totale de la chaussée est :

$$U = 0,05 + 0,15 + 0,49 \Rightarrow U = 0,69 \text{ m}$$

Méthode C.B.R :

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support.

Pour que la chaussée tienne, il faut que la contrainte verticale répartie suivant la théorie de **BOUSSINESQ** soit inférieure à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice C.B.R.

L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

$$e = \frac{100 + 150\sqrt{p}}{I_{CBR} + 5}$$

En tenant compte de l'influence du trafic, la formule sera

$TJMA = Th \times \% PL$.

P : charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t)

Log : logarithme décimal

I_{CBR} : indice CBR

$$e = \frac{100 + [\sqrt{p}(75 + 50 \log \frac{TJMA}{10})]}{I_{CBR} + 5}$$

L'épaisseur totale à donner à la chaussée est

$$e = a_1 x e_1 + a_2 x e_2 + a_3 x e_3$$

$a_1 x e_1$: couche de roulement

$a_2 x e_2$: couche de base

$a_3 x e_3$: couche de fondation

CHAPITRE III

BORDURES DE TROTTOIRS

Les bordures sont généralement en béton moulé.

Elles sont posées sur une semelle de béton de manière à obtenir une saillie par rapport au fond du caniveau, variable selon le type de la bordure.

Pour les catégories de bordures normalisées, on recommande l'emploi des bordures suivantes :

- La bordure basse franchissable type A1 – A2 ;
- La bordure caniveau type AC1 et AC2 ;
- La bordure simple T1 et T2 ;
- La bordure caniveau technique

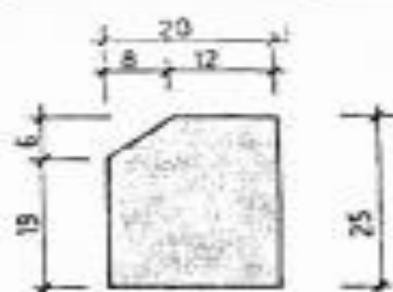
Le choix du type de bordure et fonction de la protection à assurer et du caractère du groupe de logements (urbain ou rural).

ACCESSIBILITE AUX HANDICAPES PHYSIQUES

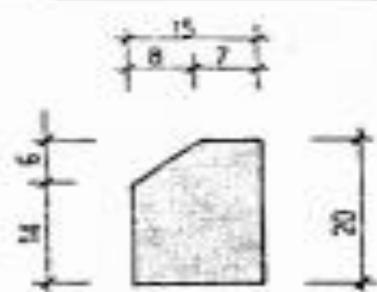
Le cheminement des handicapés physiques en fauteuil roulant sera facilité par une implantation judicieuse des bâtiments en particulier en face des passages piétons près des accès aux immeubles.

Dans ce but, les ouvrages auront des caractéristiques et dimensions suivantes :

- Pentes $\leq 5\%$;
- Devers $\leq 1.5\%$;
- Seuils raccord : $2 \text{ cm} \pm 2$;

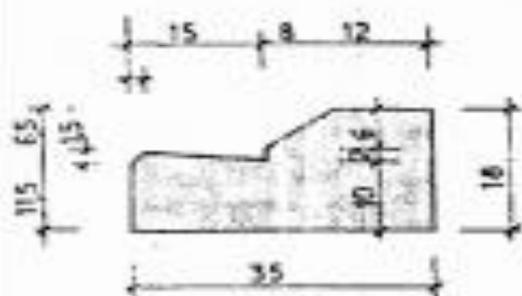


A 1

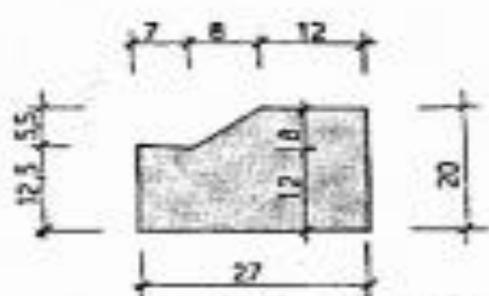


A 2

Fig: 1

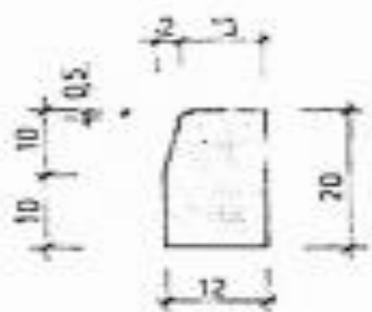


AC 1

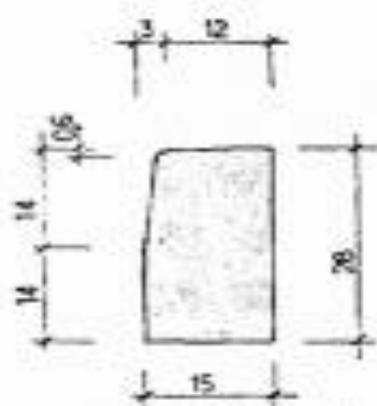


AC 2

Fig: 2



T 1



T 2

Fig: 3

LE STATIONNEMENT

GENERALITE

Le stationnement est une source d'accident à cause, de l'espace requis pour la manœuvre

Un parc de stationnement, pour être efficace, ne devrait pas être à plus de 150 m des édifices qu'il dessert.

Si pour des raisons d'ordre technique, urbanistique ou architectural, il s'avère impossible de réaliser les aires de stationnement prévues ci-dessus, le constructeur peut être autorisé :

- Soit à réaliser ces aires sur un terrain lui appartenant et situé dans un rayon de 300 mètres du premier.
- Soit à acquérir les pièces manquantes dans un parc privé situé dans un rayon de 300 mètres du premier.

Les principaux types de stationnement sont le stationnement en bordure de rue, le stationnement dans les parcs (parking) extérieurs et le stationnement dans un garage à multiples étages, qu'il soit souterrain ou doté d'une rampe d'accès mécanisé (ascenseur) ou non.

Les caractéristiques du stationnement dépendent de la grandeur et de l'importance du centre ville, du nombre des stationnements privés et publics, de la durée du stationnement de la rotation des véhicules, de l'accumulation des véhicules aux heures de pointe, de la distance de marche et du but des voyages.

Les éléments qui ont un effet sur la demande de stationnement sont la densité de la population, les revenus des gens et le niveau de vie de la population.

REGLES RELATIVES AU CALCUL DES PLACES DE STATIONNEMENT

HABITAT :

Appartement en immeuble collectif :	
Logement d'une surface de plancher < 60 m ²	1 place/logement
Logement d'une surface de plancher > 60 m ²	2 place/logement
Pour une surface de plancher > 100 m ²	1 pl. de stationnement supplémentaire par tranche 100 m ² (3 places pour 200m ²)
Maisons individuelles hors lotissement :	
Maison d'une surface de plancher < 60 m ²	1 place/logement
Maison d'une surface de plancher > 60 m ²	2 place/logement
Pour une surface de plancher > 100 m ²	1 pl. de stationnement supplémentaire par tranche 100 m ²

ACTIVITE ET SERVICE :

Appartement en immeuble collectif : Petites salles de sport de proximité, salle de réunions, fêtes • Camping, HLL, PRL, résidence mobile de loisirs • Etablissement industriel ou artisanale, entrepôt • Commerces et autres services - Moins de 200 m ² • Bureau – services ouverts au public • Bureaux non ouverts au public • Activités libérales autres que bureau • Hôtel – restaurant • Lieu de culte	 1.5 pl. pour 8 personnes accueillies • 1.5 pl. pour 8 personnes accueillies • 1.5 pl. pour 2 employés • 1.5 pl./40 m ² de surface de vente – 2 places minimum • 1.5 pl./20 m ² de surface utile – 2 places minimum • 1.5 pl./30 m ² de surface – 2 places minimum • 1.5 pl./30 m ² de surface – 3 places minimum • 1.5 pl./6places à table – 2 places pour 3 chambres • 1 place pour 15 personnes
---	--

STATIONNEMENT EN BORDURE DE RUE

La largeur minimale de chacune des cases est de 2.5 m et la largeur souhaitable est de 2.6.

La largeur dans un parc desservant des magasins devrait être de 3.0 m à cause des colis que les usagers transportent.

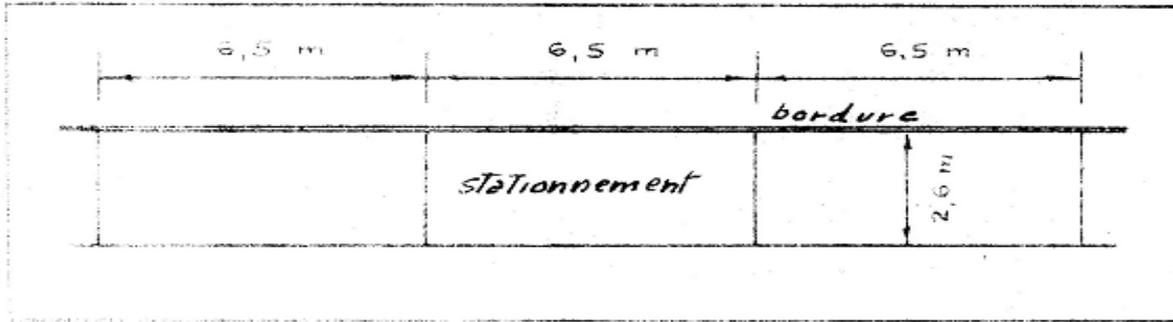
Dimensions des places :

- longueur utile : 5.00 mètres
- largeur utile : 2.50 mètres
- dégagement utile : 6.00 mètres.

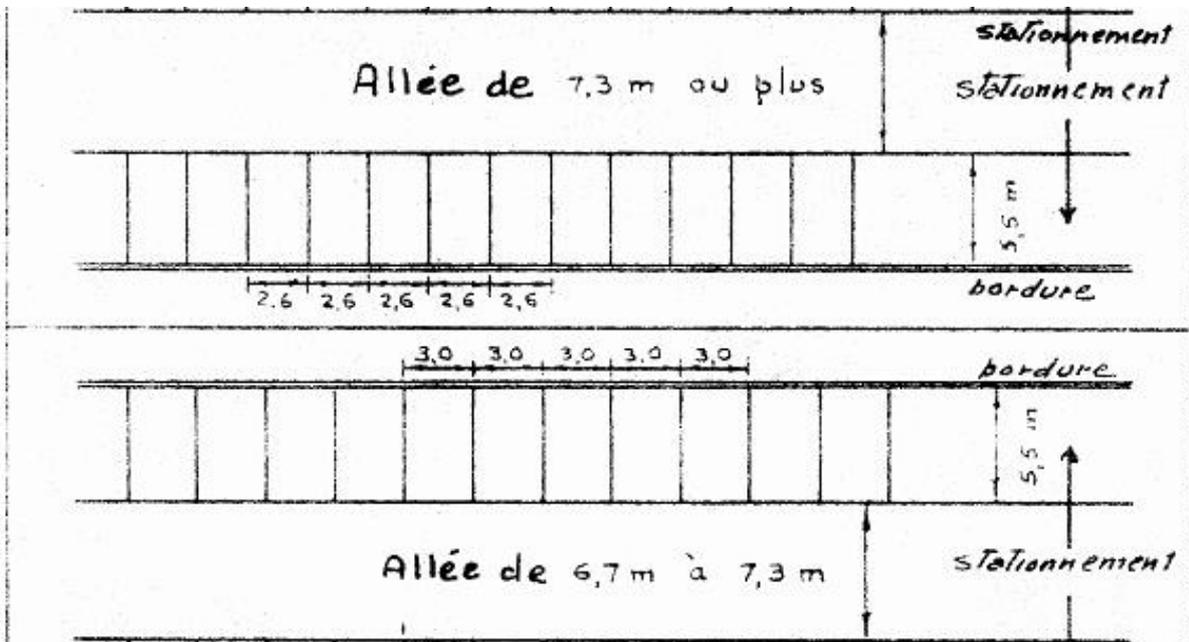
Accès et rampes :

- sens unique : 3.00 mètres
- double sens desservant jusqu'à 30 véhicules : 3.50 mètres
- double sens desservant plus de 30 véhicules : 6.00 mètres

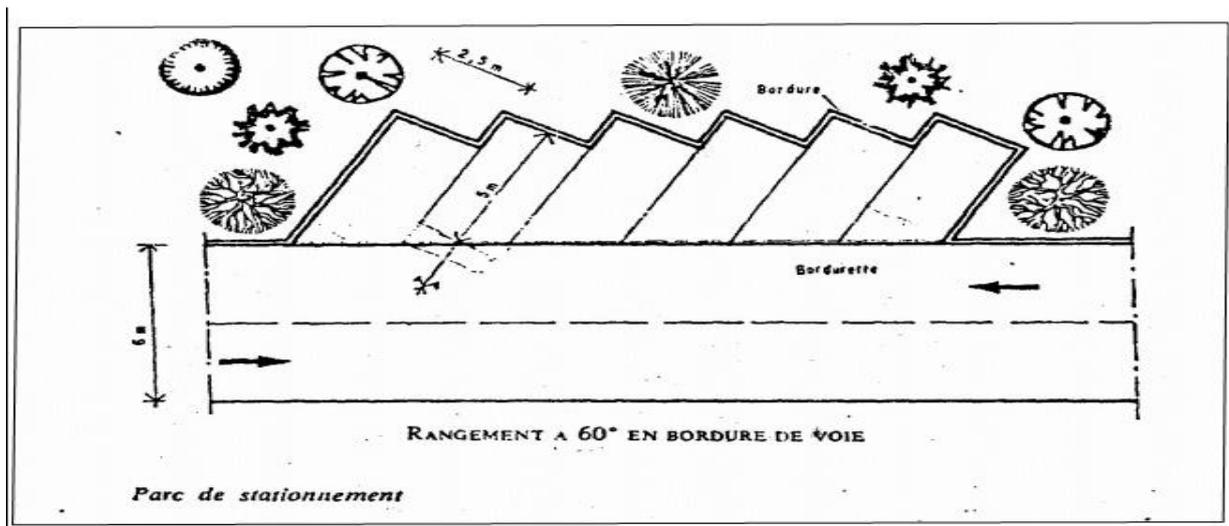
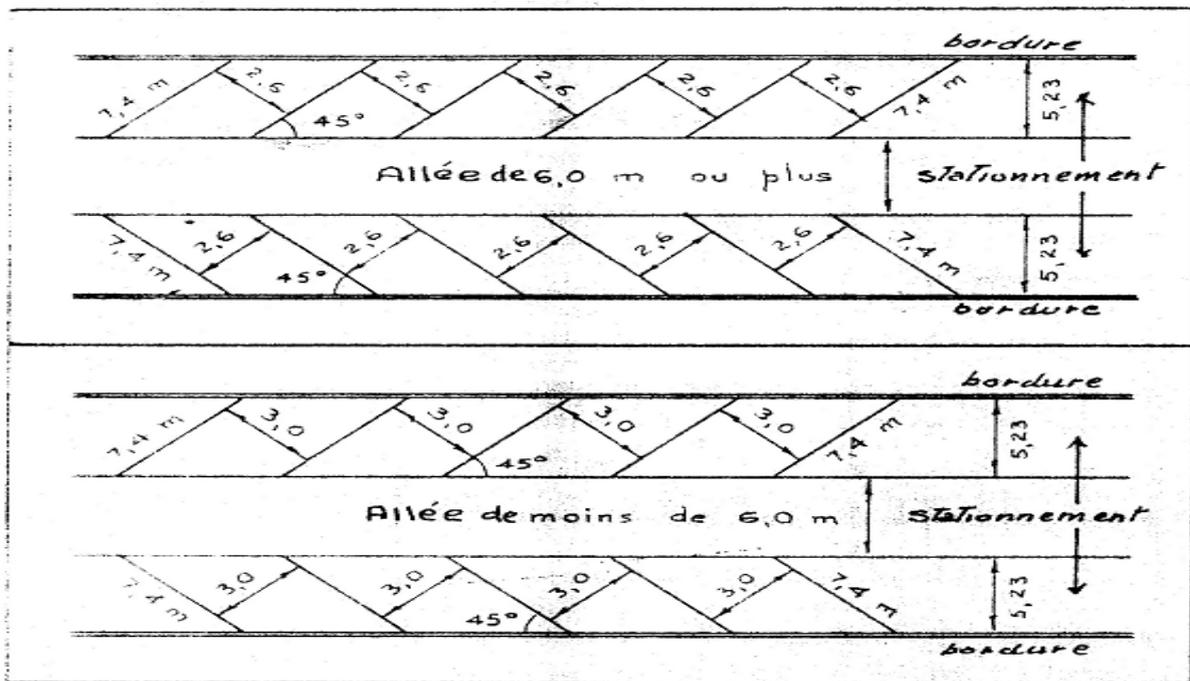
- Lorsque les cases sont parallèles à la bordure, elles devraient avoir une longueur minimale de 6.10, mais une largeur de 6.5 m est préférable.



- Lorsque les cases sont aménagées perpendiculairement à la bordure, Chaque case devrait mesurer au moins 2.6 m de largeur sur 5.5 m de longueur si la largeur de l'allée d'accès mesure 7.3 m ou plus et 3.0 m de largeur sur 5.5 m de longueur si la largeur de l'allée d'accès mesure entre 6.7 et 7.3 m. On considère que 6.7 m est la longueur minimale pour une allée d'accès.



- Lorsque les cases font un angle de 45° avec la bordure, chaque case devrait mesurer au moins 2.6 m de largeur sur 7.4 m de longueur si la largeur de l'allée mesure 6.0 m ou plus et 3.0 m de largeur sur 7.4 m de longueur si la largeur de l'allée d'accès mesure moins de 6.0 m. on considère que 4.6 m est la largeur minimale pour une allée d'accès.



Les places de stationnement des automobiles réservées aux personnes à mobilité réduite

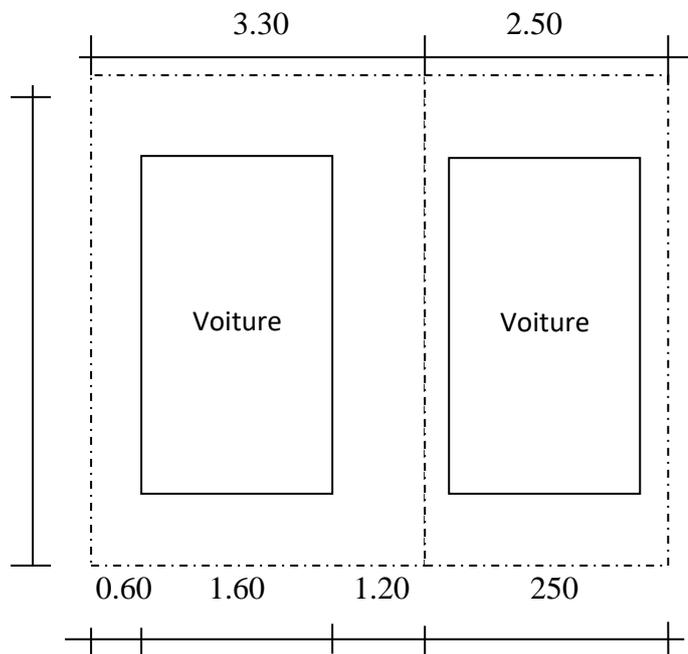
Un emplacement de stationnement est réputé aménagé lorsqu'il comporte une bande d'accès latérale :

- * d'une largeur de 0.80m,
- * libre de tout obstacle,
- * protégée de la circulation,
- * sans que la largeur totale de l'emplacement ne puisse être inférieure à 3.30 mètres.

Les emplacements réservés sont signalés.

Le nombre de places est de 1 par tranche de 50 places,

Le pourcentage minimum des places de stationnement qui doivent être accessibles aux personnes handicapées, est fixé à 5%, avec un minimum de 1 place.



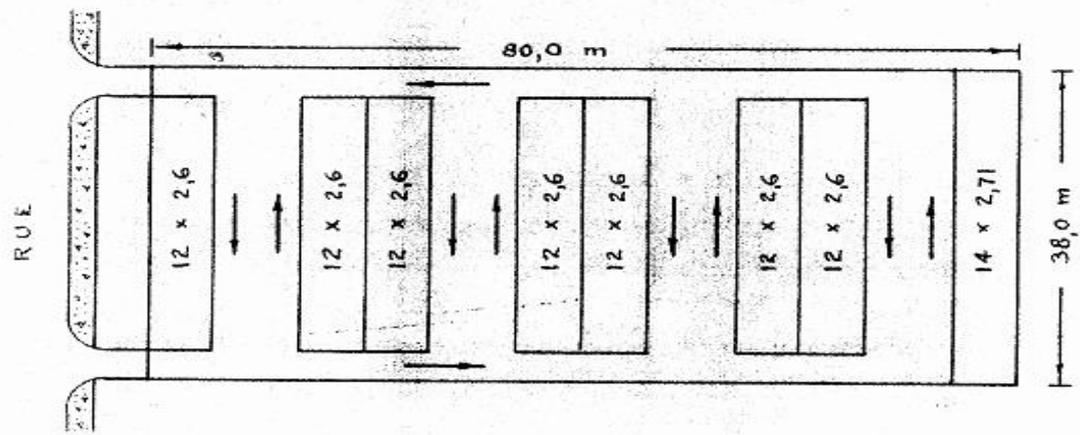
EXEMPLE :

On peut parfois augmenter la capacité d'un parc de stationnement par un réaménagement différent des cases. La figure ci-dessous représente deux types d'aménagements.

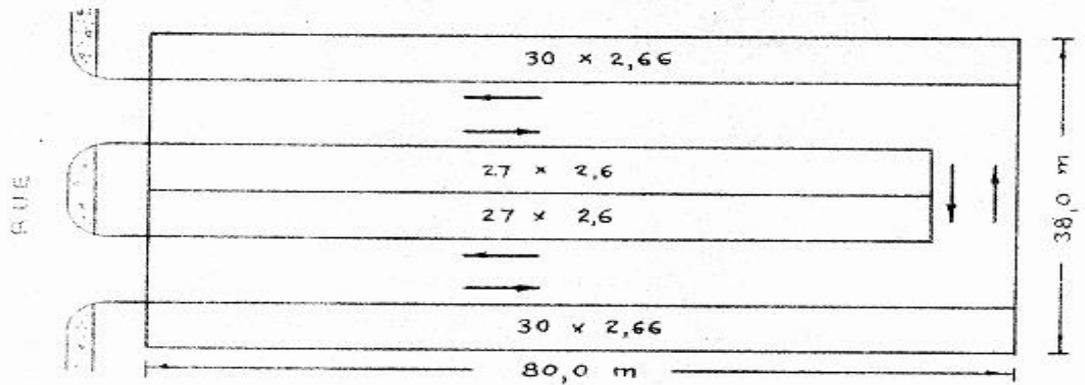
Dans le premier aménagement, on peut obtenir que 98 cases, même si les voies d'entrée et de sorties sont à sens unique.

Dans le deuxième aménagement, on réussit à placer 114 cases, et la disposition permet une recherche plus facile d'une place libre.

Premier aménagement



Deuxième aménagement



CHAPITRE IV

RESEAUX TECHNIQUES ET SPECIFICATION DE PROGRAMMATION ET D'AMENAGEMENT

ASSAINISSEMENT

L'assainissement est l'un des éléments les plus contraignants de la conception des V.R.D. Une attention particulière doit être apportée.

Conception

Un bon assainissement doit répondre aux trois critères suivants :

- Collecte complète des eaux usées et pluviales
- Traitement des eaux usées
- Evacuation des eaux usées traitées et des eaux pluviales.

Collecte des eaux usées et pluviales

Il convient de rappeler que :

- Les eaux pluviales ne nécessitent généralement pas de station de traitement avant rejet. Elles sont généralement caractérisées par de forts débits intermittents (orages)
- Les eaux usées impliquent nécessairement un traitement avant rejet. Elles sont caractérisées par de faibles débits relativement réguliers.

Deux systèmes de collectes sont utilisés :

- La collecte unitaire : consiste à recueillir dans un regard unique, la totalité des eaux pluviales et usées (ménagères et vannes) de chaque immeuble.
- La collecte séparative: consiste à séparer les eaux pluviales, d'une part, les eaux usées (ménagères et vannes), d'autre part. Cette collecte séparative peut déboucher sur deux types de réseaux :
 - Les réseaux séparatifs constitué de canalisation de faible diamètre transitant les eaux usées vers une station de traitement, et de canalisation de fort diamètre d'écoulement de surface (caniveaux ou fossés) transitant les eaux à l'air libre.
 - Le réseaux pseudo-séparatif constitué de canalisation relativement de faible diamètre transitant les eaux usées et les eaux de ruissellement des toitures d'immeubles vers une station de traitement, et de canalisation de fort diamètre d'écoulement de surface (caniveaux ou fossés) vers un exutoire naturel.
 -

PRINCIPE A RESPECTER POUR LE TRACE DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT

Ces principes sont les suivants :

- Desservir chaque immeuble à une profondeur suffisante pour permettre de recueillir les eaux collectées au niveau du rez de chaussée ou du sous- sol ;
- Coller au plus près au relief du terrain afin d'éviter les fouilles trop importantes ;
- Suivre une pente suffisante pour permettre l'autocurage des canalisations
- Etre composé de sections rectilignes (chaque changement de direction implique la présence d'un regard) ;
- Eviter les obstacles tels que gros arbres, dépressions naturelles au sol.

IMPLANTATION ET MISE EN PLACE DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENTS

Les réseaux d'assainissement doivent être placés de préférence sous accotements ou trottoirs. A défaut de place, ils peuvent être implantés sous la chaussée ou les espaces verts.

La distance entre regard doit être définie en fonction du tracé, de la pente, du diamètre des canalisations et des moyens d'entretien ultérieur du réseau.

La distance courante est de 50 à 70 m, elle peut atteindre et même dépasser 100 m dans des conditions favorables (rectiligne et bon entretien).

La pente sera toujours constante entre deux regards.

Dans le cas où les deux canalisations « eaux usées et eaux pluviales seraient parallèles et dans la même tranchée, on décalera la canalisation « eaux usées » de 30 cm environ au dessous de la canalisation « eaux pluviales »

EAUX POTABLES ET INCENDIE

1- Les réseaux de distribution publique d'eau potable doivent assurer :

- La fourniture de l'eau potable pour les usages domestiques ;
- L'arrosage des espaces verts et jardin ;
La desserte des équipements collectifs comme les bouches d'arrosage ou de nettoyage ;
- La fourniture de l'eau nécessaire à la défense contre l'incendie.

2- Facteurs déterminants

Le réseau de distribution d'eau potable d'un groupe nouveau d'habitation est principalement fonction :

- Du débit à assurer. Celui-ci est lui-même fonction de l'option adoptée :
 - Soit un réseau unique assurant tous les services ;
 - Soit deux réseaux distincts, le premier assurant la défense contre l'incendie, le second assurant les autres services ;
- Les possibilités du réseau existant sur lequel peut se raccorder le réseau du groupe nouveau ;
- De la configuration du terrain ainsi que du climat.

Recommandations pour la conception des réseaux d'eau

Un réseau de distribution d'eau potable doit être conçu et calculé pour assurer le débit nécessaire à chaque abonné avec une pression de service minimale de 01 bar au robinet le plus élevé.

Autant que possible un réseau doit être maillé afin de permettre la continuité de la distribution en cas d'avaries

Possibilité du réseau existant

Le réseau du groupe d'habitation étudié sera dans la plupart des cas raccordé à un réseau public existant.

Toutefois, avant de prévoir ce raccordement, le responsable de projet devra s'assurer auprès du service gestionnaire du réseau public, des conditions dans lesquelles ce raccordement peut être effectué, notamment si l'alimentation de la nouvelle zone pose des problèmes de renforcement des installations existantes.

ELECTRICITE :

Le responsable de projet devra dès le début de l'étude, prendre contact avec les services locaux de distribution afin de connaître les possibilités d'alimentation en énergie électrique ainsi que les conditions de répartition des charges financière d'investissement.

Le réseau de distribution d'énergie électrique doit permettre de satisfaire :

- Les besoins nécessaires par l'éclairage et l'appareillage électro-domestique de chacun des logements ;
- Les besoins des parties communes : éclairage, ascenseurs, chaufferies collectives, station d'eau chaude, extracteurs mécaniques, etc ; ;
- Les besoins dûs éventuellement au chauffage électrique.

DIFFERENTS TYPES DE RESEAUX

Il existe deux types de réseaux de distribution basse tension :

- La distribution par câble aérien ;
- La distribution par câble souterrains.
 - En pleine terre
 - En ouvrage technique de surface (bordure de trottoir ou de caniveau).

GAZ

Le responsable de projet devra dès le début de l'étude, prendre contact avec les services locaux de distribution afin de connaître les possibilités d'alimentation en gaz ainsi que les conditions de répartition des charges financière d'investissement (Sonelgaz).

Rôle du gaz dans les logements

Le gaz peut avoir trois usages dans les logements :

- Usage domestique
- Usage pour la production individuelle d'eau chaude
- Usage pour le chauffage, au moyen d'installations individuelles ou collectives.

Conditions de création d'un réseau de distribution de gaz

La décision de créer une distribution de gaz doit être prise en accord avec le concessionnaire local.

Cette décision est assujettie à deux impératifs :

- ✓ Possibilité d'alimentation :

Un réseau de distribution de gaz pourra être alimenté :

- Soit par un réseau déjà existant, s'il est de capacité suffisante et à proximité ;
- Soit par un réservoir permettant d'effectuer un stockage d'hydrocarbure liquéfié sous couvert d'une compagnie pétrolière.

TRACE DU RESEAU

Il est recommandé de placer les tuyauteries enterrées sous les trottoirs, les accotements, les axes des allées de jardin.

- Il est interdit de les placer sous les chaussées, sous les réseaux d'eaux usées ou pluviales, sous les plantations, sous les bordures de trottoirs.
- Il est interdit réglementairement sous les locaux privés ou de service, à l'intérieur d'un égout.
- Il est possible de placer le réseau de gaz dans une galerie technique ventilée.
- Il est nécessaire de respecter les interdictions réglementaires avec les autres réseaux.
- Au voisinage avec la canalisation d'eau potable. L'axe de la canalisation de gaz ne doit pas être placé à moins de 0,50 m de celui de la canalisation d'eau la plus proche et au minimum de 0,20 m au dessus
- Au voisinage avec les câbles électriques ou téléphoniques, la canalisation de gaz ne doit pas être placée à moins de 0,20 m en parcours parallèle ou en croisement.

TELEPHONE

Le responsable de projet devra dès le début de l'étude, prendre un contact préliminaire avec la direction des télécommunications afin de faire connaître ses besoins et d'examiner les possibilités de raccordement.

- Cas d'accotement de largeur cumulée supérieure à 3 m, on recommande de placer l'ensemble des réseaux sous les accotements en fonction de la largeur respective des accotements.

