

# Terrassement Routière

**Faculté** des sciences de la terre, de la Géographie et de l'Aménagement du territoire

**Département** des Sciences Géographique et Topographie



# Table des matières

## Chapitre 01 Généralités

Introduction :

1- Définition :

2- Classification Administrative de la voirie urbaine :

- ◆ Chemins communaux :

- ◆ Chemins de wilaya :

- ◆ Routes nationales :

- ◆ Autoroutes :

3- Paramètres fondamentaux des projets routiers :

- 3-1- Différentes catégories :

4- Équipements de la route

- 4-1- Dispositifs de retenue

- 4-1-1- Glissières de sécurité

- 4-1-1-1- Glissières métalliques classiques II

- 4-1-1-2- Glissières Gierval

- 4-1-1-3- Séparateurs en béton

- 4-1-2- Dispositifs de retenue frontaux :

- 4-1-2-1- Les musoirs métalliques

- 4-1-2-2- Les atténuateurs de choc

- 4-2- Ralentisseurs :

- 4-2-1- Ralentisseurs de type dos-d'âne

- 4-2-2- Bandes rugueuses

- 4-3- Éclairage

5- Le choix de la vitesse de référence :

6- Distance de visibilité

7- Distance de freinage (d'arrêt) :

8- Méthodes d'implantation des raccordements courbes :

## Chapitre 02 Guide de terrassement routier (GTR)

A- Conditions d'utilisation des matériaux en remblai et en couche de forme

- 1- Conditions météorologiques

- 2- Conditions d'utilisation des matériaux en remblai
- 3- Conditions d'utilisation des matériaux en couche de forme

#### B- Etude du Compactage

- 1- Objectifs du compactage
- 2- Action du compactage
- 3- Loi du logarithme
- 4- Loi du gradient
- 5- Adéquation du compactage

#### C- Les engins de terrassement

- 1- La pelle mécanique :
- 2- L'excavateur à godets multiples et la roue-pelle :
- 3- Les bulldozers, chargeuse, décapeuse et niveleuse

### **Chapitre 03 Les terrassements généraux :**

- 1- Déblais généraux :
- 2- Remblais :
- 3- Contrôle de Qualité des Travaux de Terrassements :

### **Chapitre 04 Documents de base pour le projet de terrassement**

Tracé en plan - Profil en travers - Profil en long

#### 1- Tracé en plan :

1-1-Règles à respecter dans le tracé en plan

#### 2- Profil en travers :

2-1- Les éléments de composition du profil en travers :

#### 3- Profil en long :

3-1- Règles à respecter dans le Tracé du Profil en Long :

3-2- Visibilité au sommet :

3-3- Raccordement parabolique :

## **Objectifs :**

À l'issue de ce cours, vous devez être capable :

- 1- De comprendre les règles permettant d'assurer la qualité de tracé en plan
- 2- De maîtrisé les calculs des éléments du tracé en plan
- 3- De comprendre les principales méthodes utilisées pour implanter des éléments du tracé en plan
- 4- De connaître la nomenclature utilisée dans le cas de profil en travers
- 5- De comprendre les règles à respecter dans le Tracé du Profil en Long
- 6- De comprendre les calculs des éléments du Profil en Long

# Chapitre 01 Généralités

## **Introduction :**

L'idée d'une voie est née dans les temps anciens depuis que les gens se sont mis d'accord spontanément pour emprunter les mêmes parcours pour accomplir leurs activités quotidiennes. Cette idée n'a pas cessé d'évoluer à travers l'histoire compte tenu de l'évolution du mode de vie des usagers. L'apparition des engins mécanique, a donné un grand pas pour la réalisation des voiries, qui à présent fait l'objet de toute une étude technique avant d'entamer les travaux pour sa réalisation.

## **1- Définition :**

La voirie est un réseau constitué d'un espace collectif qui est appelé à couvrir la circulation des différents usagers (Piétons, Véhicules) avec une certaine fluidité.

## **2- Classification Administrative de la voirie urbaine :**

### **◆ Chemins communaux :**

Les chemins communaux constituent un maillon important dans le réseau routier, elles permettent la liaison des villages au réseau principale de routes. Elles peuvent s'étendre sur une ou plusieurs communes, entretenues par les collectivités locales.

### **◆ Chemins de wilaya :**

Les chemins de Wilaya ou Chemin Départementaux relient le réseau de routes communales au réseau national. Ces routes peuvent desservir uniquement la wilaya (le Département) et sont à la charge de celle-ci comme ils peuvent desservie deux Wilayas (Départements) avoisinantes.

### **◆ Routes nationales :**

Les routes nationales sont d'un intérêt commun pour plusieurs Wilayas (départements) ou pour le pays entier. Elles constituent des itinéraires inter-wilayas qui supportent un grand trafic. La construction, l'aménagement, l'entretien et la gestion de ces routes est faite par le budget de l'état.

#### ◆ Autoroutes :

Les autoroutes sont des routes nationales d'une catégorie spéciale, elles sont constituées de deux chaussées unidirectionnelles séparées par terreplein central, ne comportant aucun passage ou carrefour à niveau.

Les autoroutes sont réservées à la circulation mécanique rapide et ne sont accessible qu'à des points spécialement aménagés. Les autoroutes sont réalisées, aménagées, entretenues et gérées le plus souvent sur des capitaux privés ou groupes d'investissement. Les autoroutes offrent :

- Une Grande réserve de capacité.
- Des conditions meilleures de circulation.
- Une sécurité maximum pour les usagers.

### 3- Paramètres fondamentaux des projets routiers :

Les tableaux suivants sont indicatifs et destinés à obtenir des ordres de grandeur dans la recherche d'exemples concrets.

Les routes sont classées en trois catégories (R, T et L) et sept sous-catégories (R 60, R 80, T 80, T 100, L 80, L 100, L 120) qui caractérisent les conditions de site, relief et occupation du sol ainsi que la fréquence et l'importance des points particuliers.

#### 3-1 Différentes catégories :

Les tableaux ci-après donnent les caractéristiques des différentes catégories de routes.

Description	Routes multifonctionnelles (routes et artères inter urbaines)		Transit (routes express à une chaussée).		Liaison (autoroutes).		
	R 60	R 80	T 80	T 100	L 80	L 100	L 120
Cas d'emploi	Relief vallonné	Relief peu vallonné	Relief vallonné	Relief peu vallonné	Sites difficiles	Alternative à L 120.	*
Nb. de chaussées	1	2	1	1	2	2	2
Nb. de voies	1 ou 2	2 ou 3	2 ou 3	2 ou 3	2	2 à 3	2 à 3
Vitesse de référence (km/h)	90 (ou 110)		90		130, 110 ou moins	110 à 130	

**Tableau 01**

\* La catégorie L 120 est réservée aux travaux complémentaires sur les tronçons d'autoroute initialement conçus pour une vitesse de référence de 140 km/h.

Description	Voies rapides urbaines à caractère routier		Autres voies rapides urbaines	
	A80	A100	U60	U80
Catégorie	Relief vallonné	Peu vallonné	Relief vallonné	Peu vallonné
Nb. de chaussées	2	2	2	2
Nb. de voies	2	2	2	2
Vitesse de référence	90 km/h		70 km/h	

Tableau 02

#### 4- Équipements de la route

##### 4-1- Dispositifs de retenue

##### 4-1-1- Glissières de sécurité

##### 4-1-1-1- Glissières métalliques classiques

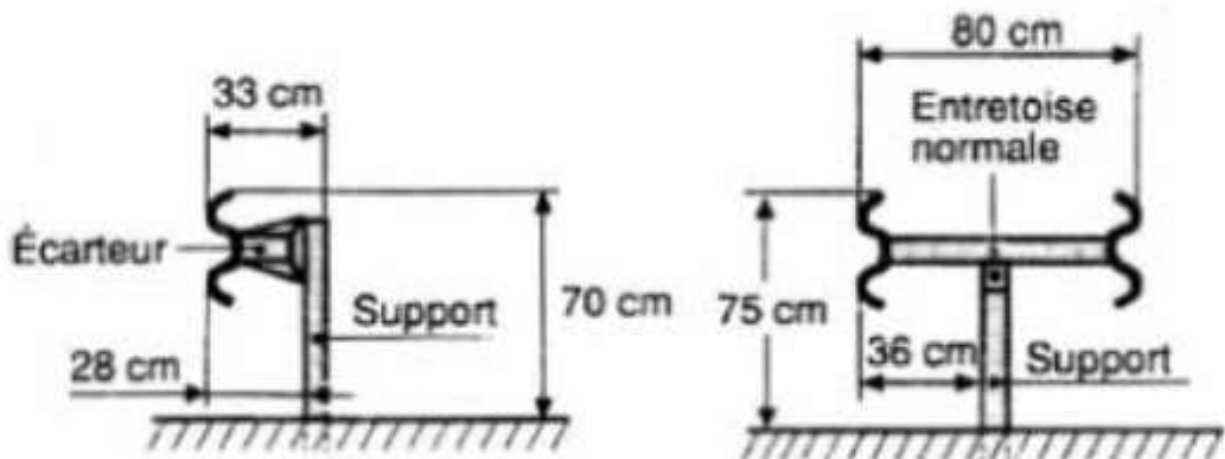


Figure 01 : Séparateurs en béton GBA et DBA

##### 4-1-1-2- Glissières Gierval

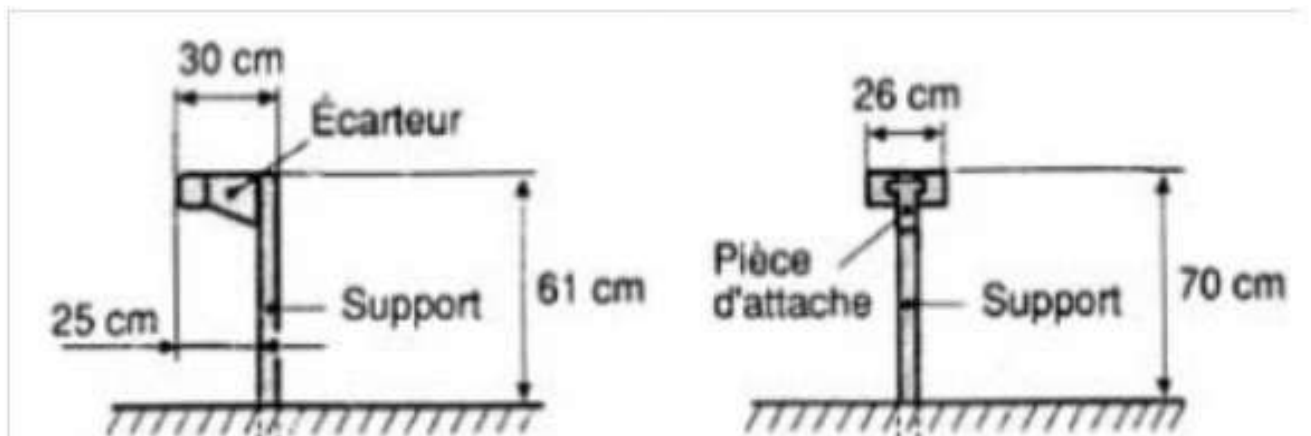


Figure 02 : Glissières Gierval simple et double

### 4-1-1-3- Séparateurs en béton

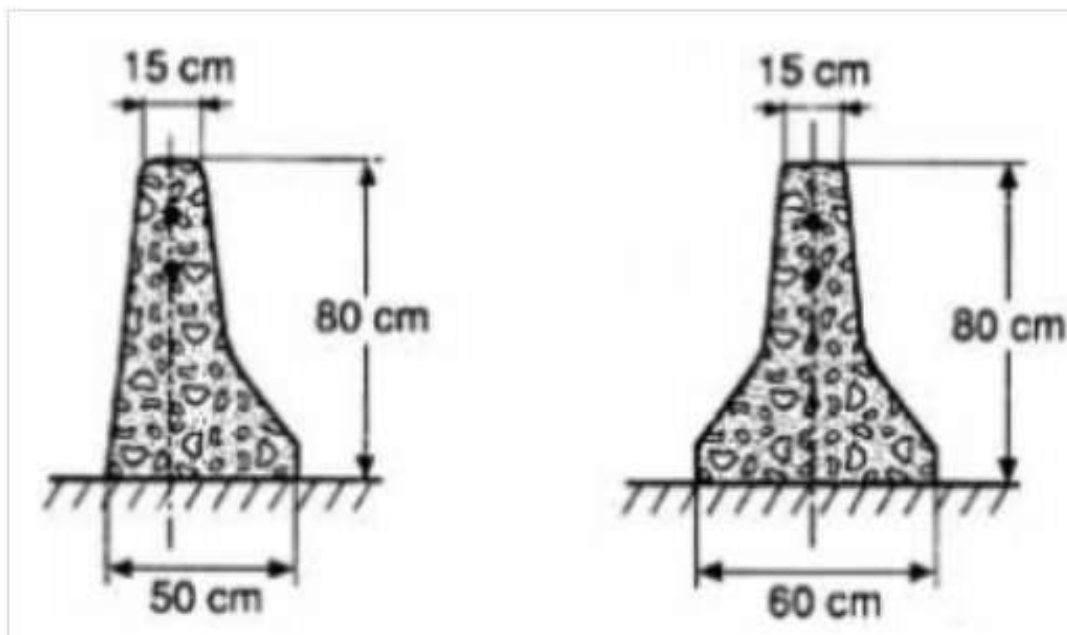


Figure 03 : Séparateurs en béton GBA et DBA

**4-1-2- Dispositifs de retenue frontaux :** Ils permettent d'isoler des obstacles saillants ponctuels et se rangent en deux catégories :

#### 4-1-2-1- Les musoirs métalliques

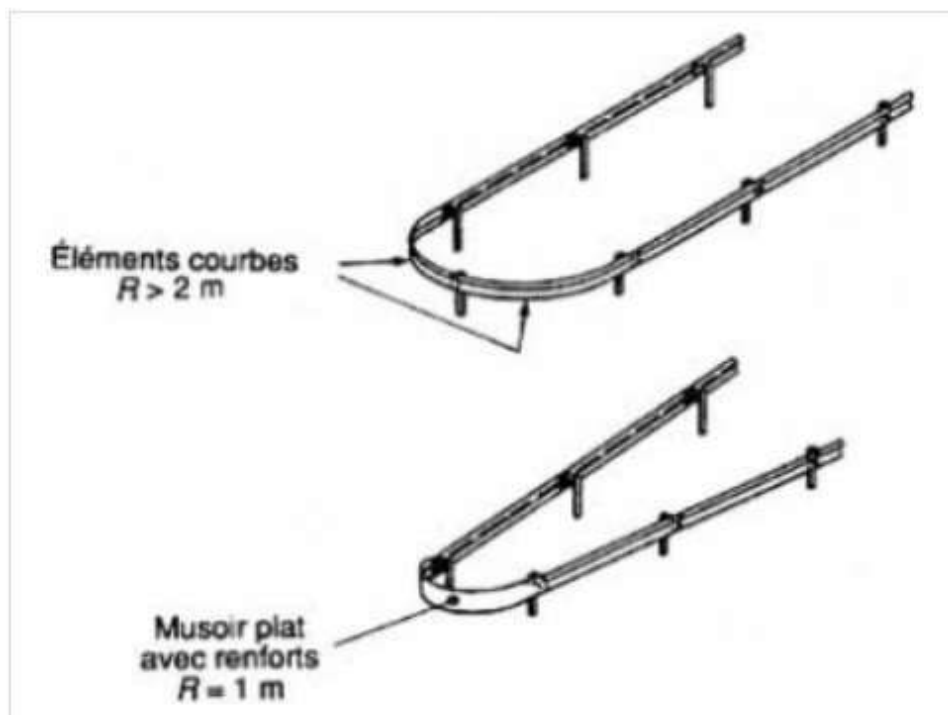


Figure 04 : Dispositifs de retenue frontaux de type musoir métallique



#### 4-1-2-2- Les atténuateurs de choc

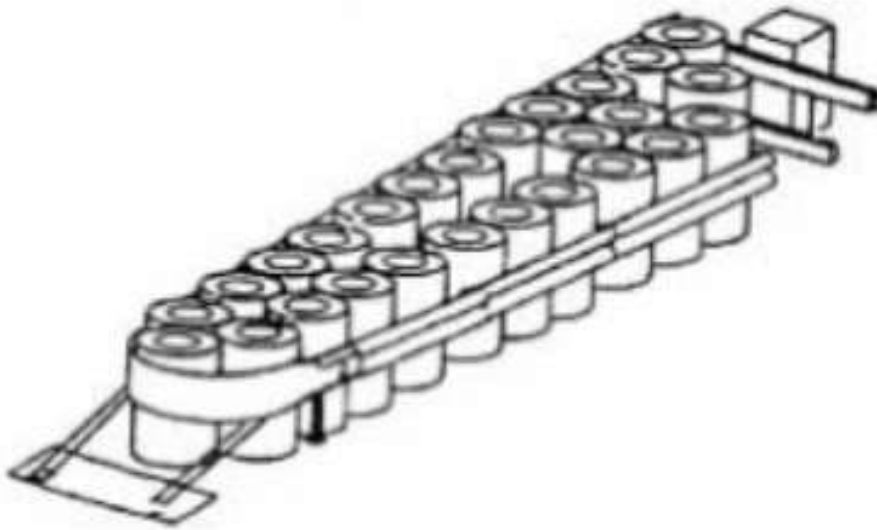


Figure 05 : Atténuateur à déformation métallique

**4-2- Ralentisseurs :** Ils ont pour objet d'inciter les conducteurs à réduire la vitesse de leur véhicule. Deux types de ralentisseurs sont couramment utilisés.

#### 4-2-1- Ralentisseurs de type dos-d'âne

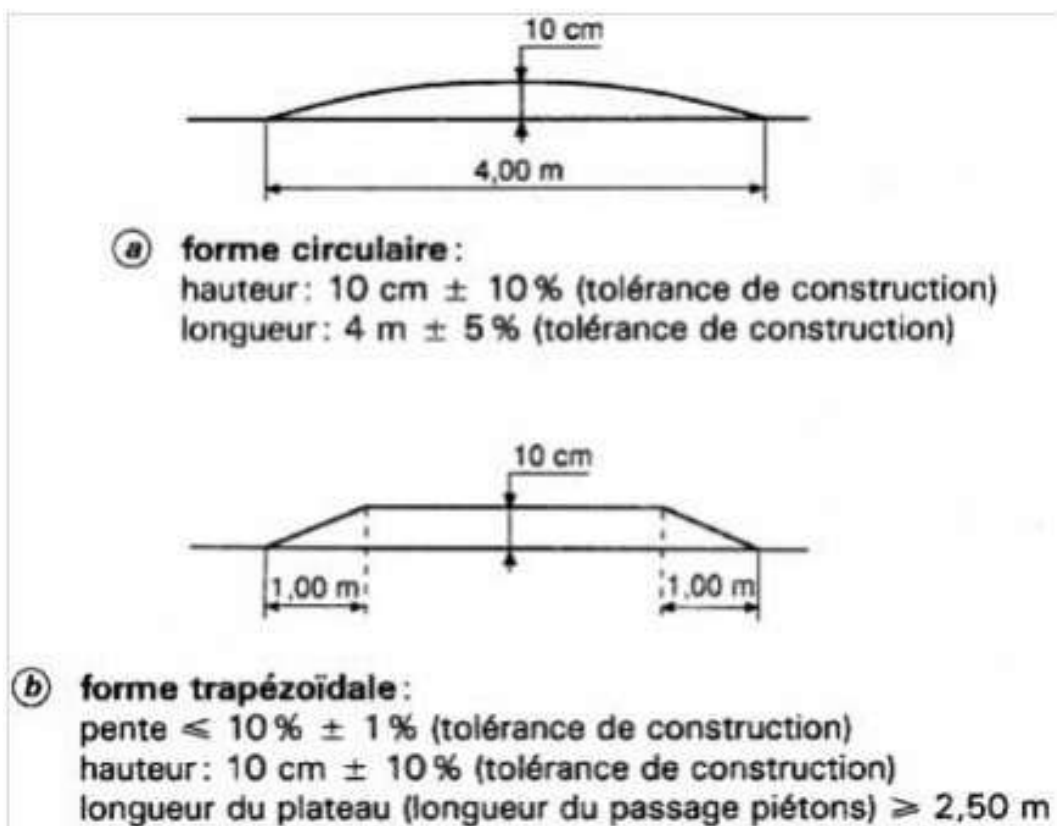
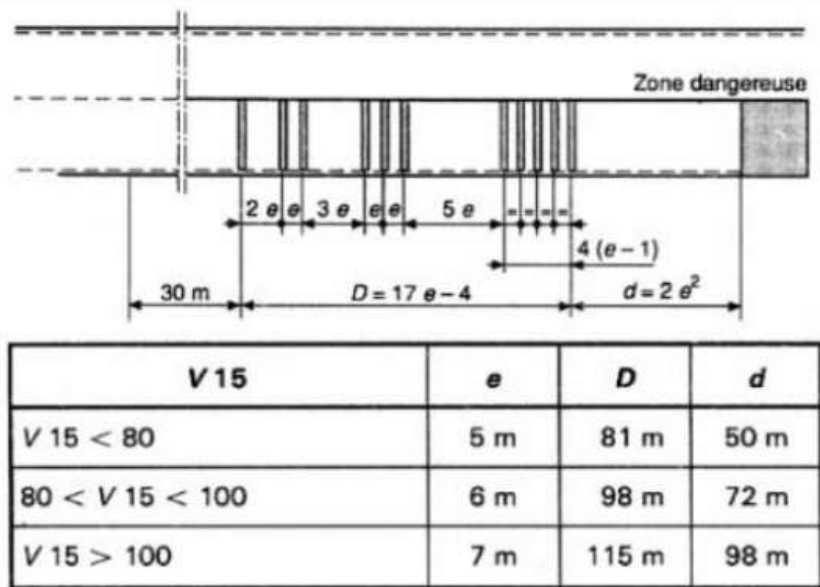


Figure 06 : Ralentisseurs de type « dos-d'âne »

#### 4-2-2- Bandes rugueuses



V 15 : vitesse dépassée par 15 % des véhicules

**Remarque :** toutes les bandes ont une largeur égale à 0,50 m. Le dispositif doit être bordé sur toute sa longueur par une ligne blanche continue prolongée d'environ 30 m en amont.

Figure 07 : Dispositif d'alerte à base de bandes rugueuses

#### 4-3-Éclairage

L'éclairage des routes de rase campagne est un élément de confort pour la conduite en même temps qu'un facteur de sécurité. Compte tenu de son coût d'investissement et de fonctionnement, il ne peut cependant être utilisé que pour les routes très circulées ainsi que dans toutes les zones où sa présence est susceptible d'améliorer de façon importante la sécurité.

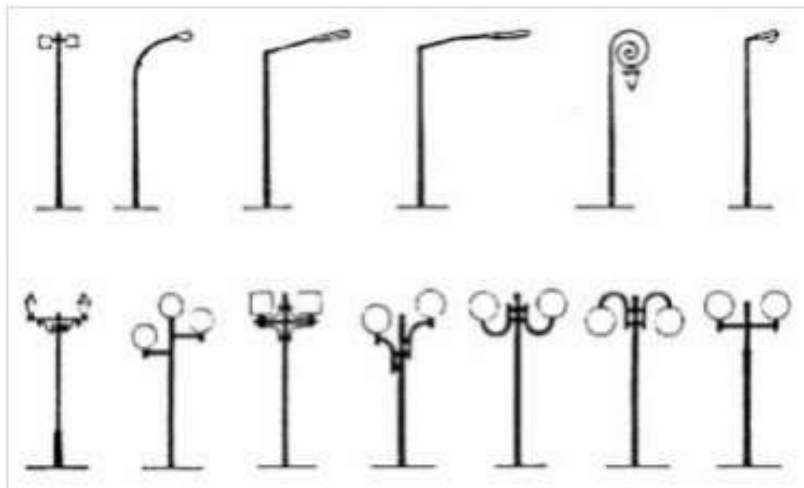


Figure 08 : Quelques silhouettes de candélabres

### 5- Le choix de la vitesse de référence :

Plusieurs paramètres influent sur le choix de l'emplacement horizontal et vertical d'une route. Le plus important est la vitesse de référence (de base). Elle devrait être choisie en fonction de la topographie, de l'exploitation des terrains adjacents et de la fonction de la route. Le concepteur devrait tenter d'établir une vitesse de base la plus élevée possible pour permettre le degré de sécurité, de mobilité et d'efficacité désiré, tout en tenant compte de la qualité de l'environnement, des facteurs économiques et esthétiques ainsi que des impacts sociaux.

	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Cat. 4	Cat. 5
Environnement facile	40/35/30	40/35/30	35/30/25	30/25/20	✘
Environnement moyen	35/30/25	35/30/25	30/25/20	25/20/★	✘
Environnement difficile	30/25/20	30/25/20	25/20/10	20/★	✘

Tableau 03

X dans ce cas de figure, aucune vitesse de référence n'est imposée

### 6- Distance de visibilité

**Exemple :** La distance de visibilité en angle saillant

La visibilité dépend de la hauteur de l'œil  $h_o$  et de la hauteur visée  $h_v$ .

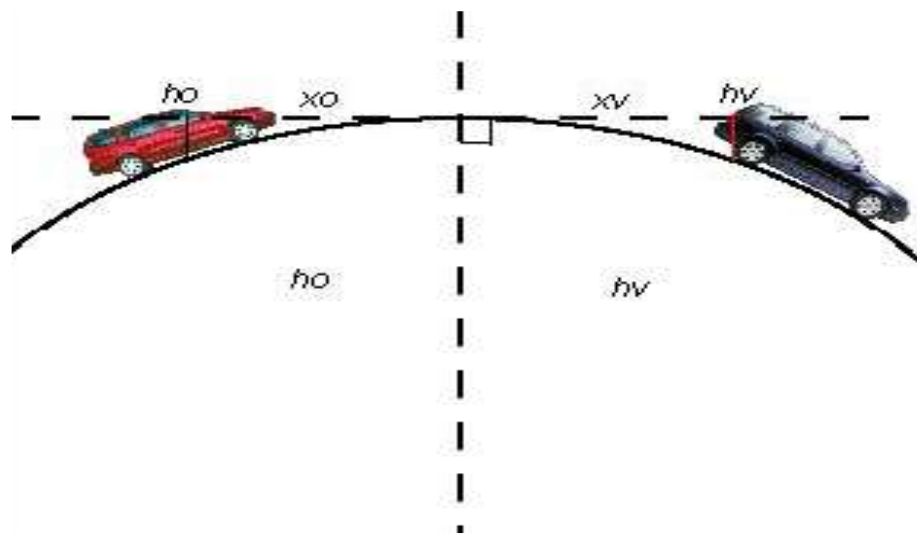


Figure 09

## 7- Distance de freinage (d'arrêt) :

La distance parcourue par le conducteur entre le moment où l'œil du conducteur aperçoit l'obstacle et l'arrêt effective du véhicule est désigné sous le nom de distance d'arrêt ( $d_a$ ).

$$d_a = d_0 + d_1$$

$d_0$  : distance de freinage

$d_1$  : distance de réaction et de perception

$d_a$  : distance d'arrêt du véhicule Les distances  $d_0$ ,  $d_1$  et  $d_a$  sont exprimées en mètre (m).

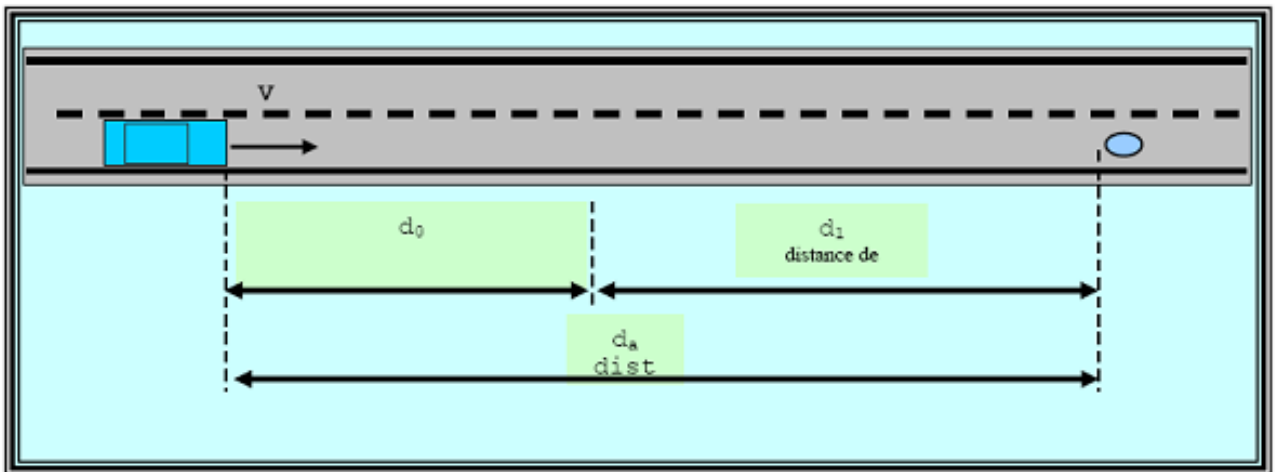


Figure 10 : Distance d'arrêt d'un véhicule

La distance d'arrêt exprimée en mètres est donnée par :

$$d_a = \frac{4}{1000} \frac{V^2}{(f_{rt} \pm e)} + \frac{V}{3,6} t_{rp}$$

$V$  : Etant la vitesse de référence de la route exprimée en Km/h,

$f_{rt}$  : Le coefficient de frottement longitudinal correspondant à

$t_{rp}$  : Le temps de perception et de réaction exprimé en secondes.

$e$  : La déclivité de la route exprimée en %

## 8 Méthodes d'implantation des raccordements courbes :

L'implantation des courbes en plan s'effectue à l'aide de piquetage des points le long de la développée, la distance entre deux points successifs est toujours maintenue inférieure ou égale à 25 mètres. Les méthodes de piquetage (méthodes d'implantation des courbes) sont nombreuses, les méthodes de piquetage les plus utilisées sont :

- Méthode d'implantation par rayonnement classique,
- Méthode d'implantation par abscisses et ordonnées sur la tangente.

➤ Méthode d'implantation par abscisses et ordonnées sur la corde,

Les données sont le rayon horizontal  $R_h$ , la longueur du raccordement circulaire (La développée  $D$ ) et l'angle de changement de direction  $\pi - \Phi$ .

On recherche le piquetage des points partiels situés à une distance  $D_i$  du début de virage, les distances partielles sont égales à  $D_i$ , et la distance  $D_i$  est inférieure à 25 mètres.

L'angle  $\gamma$  sépare deux points successifs.

$$D_1 = \frac{\pi R}{200} \quad \text{Soit} \quad \gamma = \frac{200 D_1}{\pi R}$$

## Chapitre 02 Guide de terrassement routier (GTR)

### A- Conditions d'utilisation des matériaux en remblai et en couche de forme

**1- Conditions météorologiques :** Situation météorologique durant l'extraction et la mise en remblai

++ **Pluies fortes** : augmentation importante de la teneur en eau

+ **Pluies faibles** : augmentation de la teneur en eau

= **Ni pluie, ni évaporation importante** : teneur en eau stable

- **Evaporation importante** : diminution de la teneur en eau (température élevée ou temps sec ou vent)

Ces symboles ne correspondent pas à des seuils quantifiables décrivant la situation météorologique (hauteur ou intensité de pluie par exemple) car les effets de la pluie ne sont pas indépendants du vent, de la température et du sol lui-même. C'est au géotechnicien du chantier qu'il appartient de caractériser la situation météorologique au moment de la mise en œuvre avec tout le « métier » qui s'impose.

**2- Conditions d'utilisation des matériaux en remblai :** Les conditions d'utilisation des matériaux en remblai sont définies en 07 rubriques :

E : Extraction

G : Action sur la granularité

W : Action sur la teneur en eau

T : Traitement

R : Réglage

C : Compactage

H : Hauteur de remblai

**1- E : Extraction :** Le mode d'extraction des déblais peut interférer sensiblement sur la qualité des remblais.



**Figure 11 :** Extraction frontale (source : SETRA)

**Extraction en couche :** L'extraction en couche (épaisseur 0,1 à 0,3 m) permet une bonne fragmentation et un tri relatif des différentes couches de matériaux.



**Figure 12 :** Extraction frontale (source : SETRA)

**Extraction frontale :** Pour l'extraction frontale, on observe des effets exactement opposés. Elle offre en plus la possibilité dans des formations stratifiées, de sélectionner le niveau présentant la meilleure portance pour le réserver à la circulation des engins de transport.

2- **G : Action sur la granularité :** On distingue deux actions qui permettent d'agir sur la granularité :

- **élimination des éléments :**

**> 800 mm :** Cette valeur constitue une limite maximum des blocs admissibles dans le corps d'un remblai compte tenu des performances des compacteurs les plus puissants actuellement.

**< 250 mm :** Cette valeur constitue la dimension maximale des blocs permettant encore un malaxage du sol avec un agent de traitement



**Figure 13 :** Criblage (source SETRA)

- **Fragmentation complémentaire après extraction :** Cette modalité s'applique aux matériaux rocheux évolutifs.



**Figure 14 :** Criblage (source SETRA)

Les moyens utilisables pour agir sur la granularité sont variés : pétardage, concassage, utilisation d'engins spéciaux.

Pétardage = fragmentation de rochers par des charges explosives

3- **W : Action sur la teneur en eau :** 2 grands principes :

- **l'aération :**





**Figure 15 : Aération (source SETRA)**

- l'humidification



**Figure 16 : Traitement à la chaux (source CETE)**

4- T : Traitement : Le traitement s'effectue :

- avec de la chaux



**Figure 17 :** Traitement à la chaux (source CETE)

- avec d'autres réactifs (ciments, laitiers ou autres sous-produits industriels)



**Figure 18 :** Traitement réactifs (source SETRA)

Le traitement d'un sol consiste à mélanger différents produits tels que la chaux (éventuellement sous forme de lait de chaux), des liants hydrauliques (ciment, laitiers, ..... ) ou des correcteurs granulométriques, pour conférer aux matériaux des performances mécaniques supérieures à celles qu'ils possèdent à l'état naturel, et

durables tout au long de la vie de l'ouvrage. Dans le cas du traitement avec de la chaux ou des liants hydrauliques, il convient :

- De déterminer par une étude de laboratoire le choix du produit de traitement, les dosages nécessaires, pour atteindre les performances mécaniques recherchées et la plage de teneur en eau du mélange sol-liant.
- De s'assurer de la pérennité des liaisons engendrées par le traitement
- Les modalités de traitement pour une couche de forme seront beaucoup plus rigoureuses que celles acceptables pour un traitement en remblai

5- **C : Compactage** : Il s'agit d'une donnée qualitative sur le niveau de compactage requis par les différents matériaux.



3 niveaux  
d'énergie :

- Faible
- Moyen
- Intense

**Figure 19** : Compactage (source : SETRA)

6- **H : Hauteur du remblai** : L'utilisation des matériaux est fonction de la hauteur du remblai.



On considère les emblais :

- de faibles hauteurs, limitées à 5 m
- de hauteur moyenne, limités à 10 m
- de grande hauteur, supérieurs à 10m

**Figure 20 : Hauteur du remblai (source SETRA)**

Rubrique	Code	Conditions d'utilisation
Extraction	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Extraction en couches (0,1 à 0,3m)
	2	Extraction frontale (pour un front de taille > 1 à 2m)
Action sur la granularité	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Elimination des éléments > 800mm
	2	Elimination des éléments > 250 mm pour traitement
	3	Fragmentation complémentaire après extraction
Action sur la teneur en eau	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Réduction de la teneur en eau par aération
	2	Essorage par mise en dépôt provisoire
	3	Arrosage pour maintien de l'état
	4	Humidification pour changer d'état
Traitement	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Traitement avec un réactif ou un additif adaptés
	2	Traitement à la chaux seule
Régilage	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Couches minces (20 à 30 cm)
	2	Couches moyennes (30 à 50 cm)
Compactage	1	Compactage intense
	2	Compactage moyen
	3	Compactage faible
Hauteur des remblais	0	Pas de condition particulière à recommander
	1	Remblai de hauteur faible ( $\leq$ 5m)
	2	Remblai de hauteur moyenne ( $\leq$ 10m)

**Tableau 04 : Tableau récapitulatif**

**Exemple :** Exemple illustrant les conditions d'utilisation des matériaux en remblais pour un sol de classe A2 (classification GTR)

<b>CONDITIONS D'UTILISATION DES MATERIAUX EN REMBLAI</b>														
<b>A<sub>1</sub> (états s et ts), A<sub>2</sub> (états th et h)</b>														
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>												
<b>Sol</b>	<b>Observations générales</b>	<b>Situation météorologique</b>	<b>Conditions d'utilisation en remblai</b>	<b>Code</b>										
<b>A<sub>2</sub>h</b>	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible. La mise en dépôt provisoire et le drainage préalable ne sont habituellement pas des solutions envisageables dans le climat français moyen. Le matelassage est à éviter au niveau de l'arase-terrassement.	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">+</td> <td>pluie faible</td> <td rowspan="2">Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes</td> <td rowspan="2" style="text-align: center;">NON</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">-</td> <td>ni pluie, ni évaporation importante</td> </tr> </table>	+	pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON	-	ni pluie, ni évaporation importante	E G W T R C H					
+	pluie faible	Situation ne permettant pas la mise en remblai avec des garanties de qualité suffisantes	NON											
-	ni pluie, ni évaporation importante													
	évaporation importante	<table border="1"> <tr> <td colspan="2"><b>Solution 1 : traitement</b> T : traitement à la chaux C : compactage faible</td> <td rowspan="2">0 0 0 2 0 2 0</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Solution 2 : utilisation en l'état</b> C : compactage faible H : remblai de faible hauteur (≤ 5 m)</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Solution 1 : aération</b> E : extraction en couches W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)</td> <td>1 0 1 0 1 2 2</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Solution 2 : traitement</b> T : traitement à la chaux C : compactage moyen</td> <td>0 0 0 2 0 2 0</td> </tr> </table>	<b>Solution 1 : traitement</b> T : traitement à la chaux C : compactage faible		0 0 0 2 0 2 0	<b>Solution 2 : utilisation en l'état</b> C : compactage faible H : remblai de faible hauteur (≤ 5 m)		<b>Solution 1 : aération</b> E : extraction en couches W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)		1 0 1 0 1 2 2	<b>Solution 2 : traitement</b> T : traitement à la chaux C : compactage moyen		0 0 0 2 0 2 0	
<b>Solution 1 : traitement</b> T : traitement à la chaux C : compactage faible		0 0 0 2 0 2 0												
<b>Solution 2 : utilisation en l'état</b> C : compactage faible H : remblai de faible hauteur (≤ 5 m)														
<b>Solution 1 : aération</b> E : extraction en couches W : réduction de la teneur en eau par aération R : couches minces C : compactage moyen H : remblai de hauteur moyenne (≤ 10 m)		1 0 1 0 1 2 2												
<b>Solution 2 : traitement</b> T : traitement à la chaux C : compactage moyen		0 0 0 2 0 2 0												

**Tableau 05 :** Exemple de conditions d'usage (Source : SETRA)

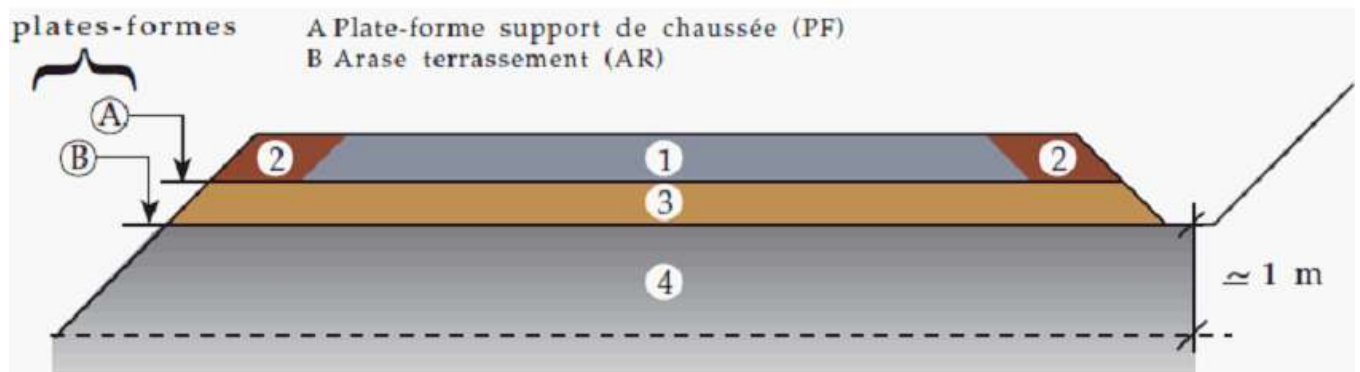
Le guide technique GTR présente sous la forme de 3 colonnes :

1. les conditions météorologiques durant l'extraction et la mise en en remblai
2. les conditions d'utilisation du remblai
3. les codes correspondants

### 3- Conditions d'utilisation des matériaux en couche de forme

#### Conception de la couche de forme

#### Structure de chaussée ;



**Figure 21** : Structure de chaussée (source SETRA)

1. Chaussée (couches de roulement, base et fondation)
2. Accotements
3. Couche de forme
4. Partie supérieure des terrassements PST : épaisseur d'environ 1m de sol naturel (section en déblai) ou de matériau rapporté (section en remblai) située sous la couche de forme.

**Définition : Couche de forme** : La couche de forme est une structure permettant d'adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou du terrain en place, aux caractéristiques mécaniques, géométriques, hydrauliques et thermiques prises comme hypothèses dans la conception de la chaussée.

**Fonctions de la couche de forme** : La couche de forme répond à la fois à des objectifs :

- à court terme (vis-à-vis de la phase de réalisation de la chaussée)
- à long terme (lorsque l'ouvrage est en service).

Selon le cas de chantier, on cherchera à assurer, avec la couche de forme, l'ensemble ou certaines des fonctions suivantes :

Fonctions à court terme :

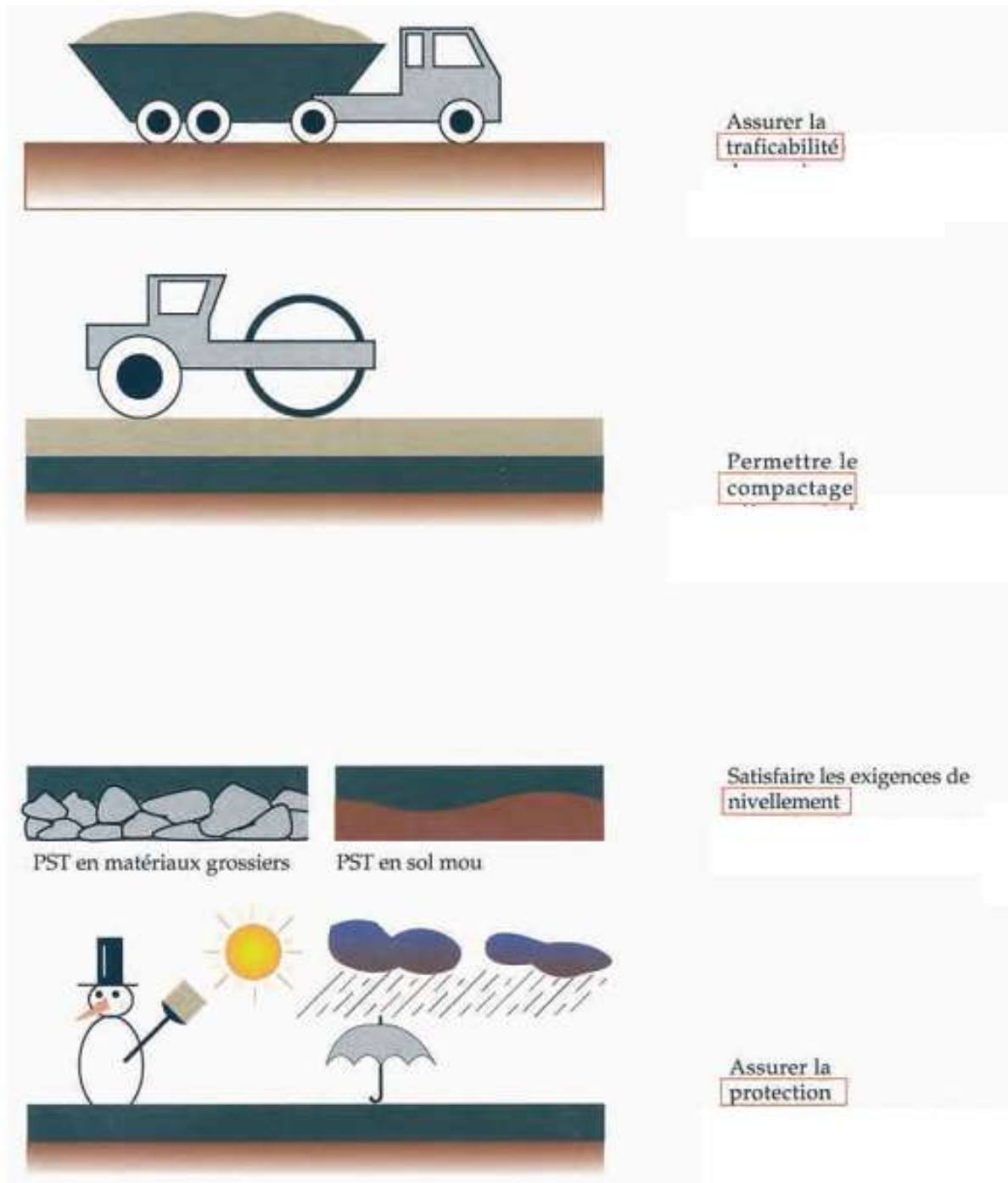


Figure 22 : Coupe type chaussée (SETRA)

Fonctions à long terme :

- homogénéiser la portance du sol : ... permettant ainsi de concevoir des chaussées d'épaisseur constante

- assurer le maintien dans le temps : ... en dépit des fluctuations de l'état hydrique des sols supports sensibles à l'eau
- améliorer la portance de la plate-forme : ... afin d'optimiser le coût de l'ensemble "couche de forme structure de chaussée"
- assurer la protection thermique des sols supports gélifs
- contribuer au drainage de la chaussée

Les conditions d'utilisation des matériaux en couches de forme se rangent en quatre rubriques :

1. G : Action sur la granularité
2. W : Action sur l'état hydrique
3. T : Traitement
4. S : Protection superficielle

1. G : **Granularité** : Les actions envisageables sur la granularité sont :

- élimination de la fraction grossière
- élimination à la fois de la fraction fine sensible à l'eau et de la fraction grossière
- fragmentation de la fraction grossière pour produire une certaine quantité d'éléments fins



**Figure 23** : Criblage (source SETRA)



2. **W : Etat hydrique** : Les actions envisageables sur l'état hydrique sont :

- un arrosage (superficiel)
- une humidification (changement d'état hydrique)

3. **T : Traitement** : Les traitements envisageables sont :

- liant hydraulique
- chaux
- correcteur granulométrique
- mixte

Le traitement des sols constitue une technique attrayante pour constituer des couches de forme performantes à condition de "réaliser le traitement selon des modalités beaucoup plus rigoureuses que celles acceptables pour un traitement en remblai".



**Figure 24** : Traitement (source SETRA)

4. **S : Protection superficielle** : Suivant les matériaux de couche de forme utilisés, les techniques de protection superficielle pouvant être appliquées sont :

- réalisation d'un enduit de cure gravillonné ou éventuellement clouté
- réalisation d'une couche de fin réglage



**Figure 25** : Protection superficielle (source SETRA)

## B- Etude du Compactage

### 1- Objectifs du compactage

Trois objectifs principaux sont poursuivis lors de la réalisation des travaux routiers

Supprimer les déformations ultérieures	Augmenter les caractéristiques mécaniques	Assurer l'imperméabilité
Tassements du remblai Tassements différentiels Déformations de chaussées Orniérage de couche de surface	Augmenter la portance et la traficabilité des couches de forme ou de remblai.  Augmenter le module des assises non traitées  Augmenter la résistance des assises traitées et des couches de roulement  Permettre aux matériaux de résister au trafic routier	Le compactage est la première des protections contre l'agression de l'eau.  Objectif important pour la couche de roulement, évitant les désordres sur les couches inférieures

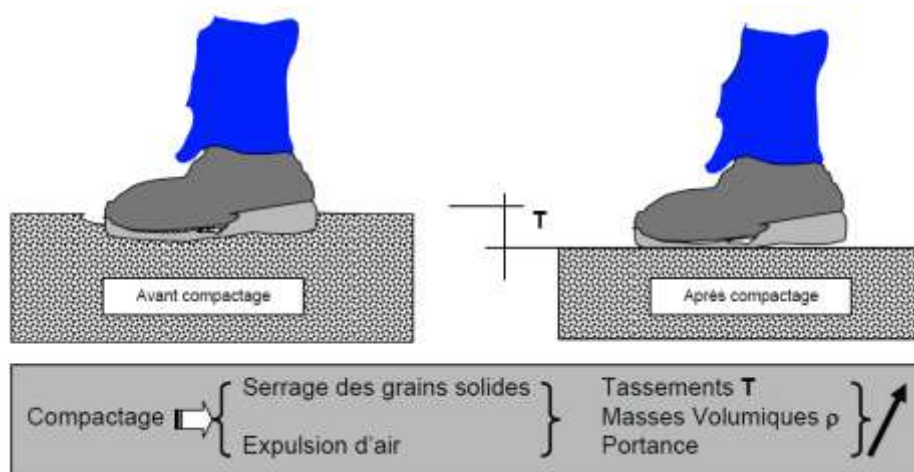
### 2- Action du compactage

Les sols et les matériaux routiers sont constitués

- de solides (grains de sol, granulats, sable....)
- de liquide (eau, bitume, émulsion....)
- d'air (emprisonné entre solides et liquides)

L'action du compactage se traduit par

- un rapprochement des grains du sol entre eux (tassement **T**)
- une expulsion d'air



**Figure 26 : Source SETRA**

### 3- Loi du logarithme

L'action du compactage est transmise en réalisant plusieurs passages de compacteur sur le matériau à compacter. Au fur et à mesure que le nombre de passes augmente, la masse volumique du matériau augmente linéairement suivant la loi logarithmique de la forme :

$$\rho = a \log n + b$$

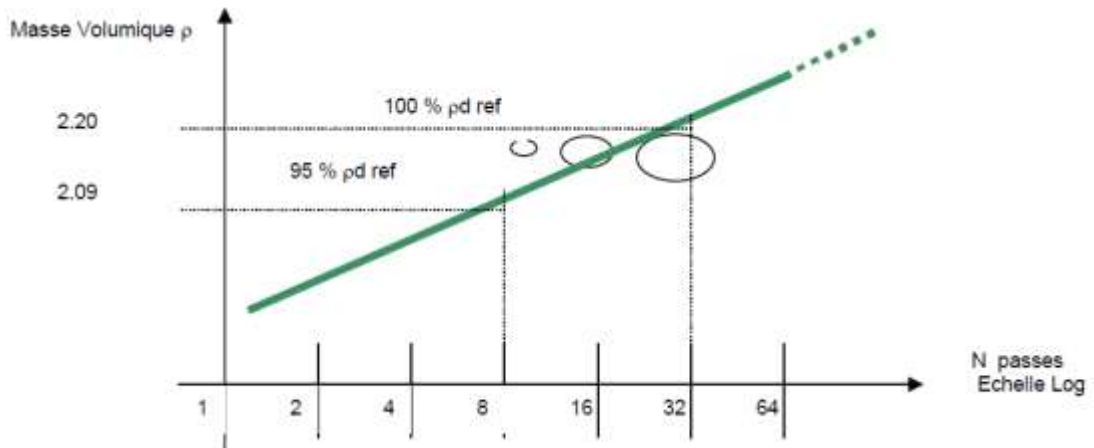


Figure 27 : Source SETRA

### 4- Loi du gradient

La répartition de la masse volumique du matériau, à un état de compactage donné, montre que la masse volumique du matériau varie avec la profondeur suivant la courbe

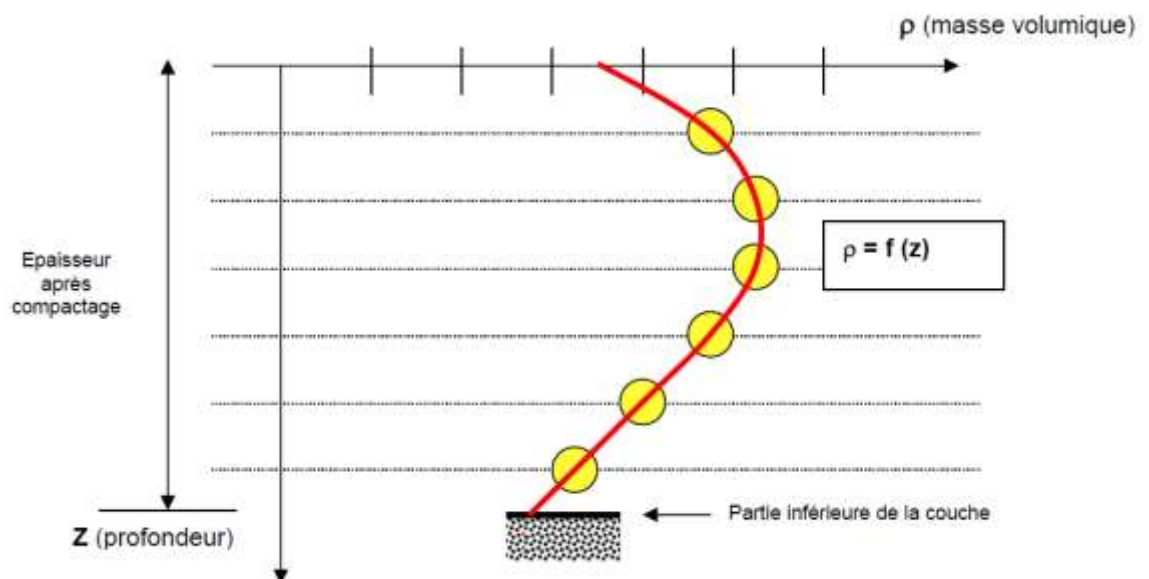


Figure 28 : Source SETRA

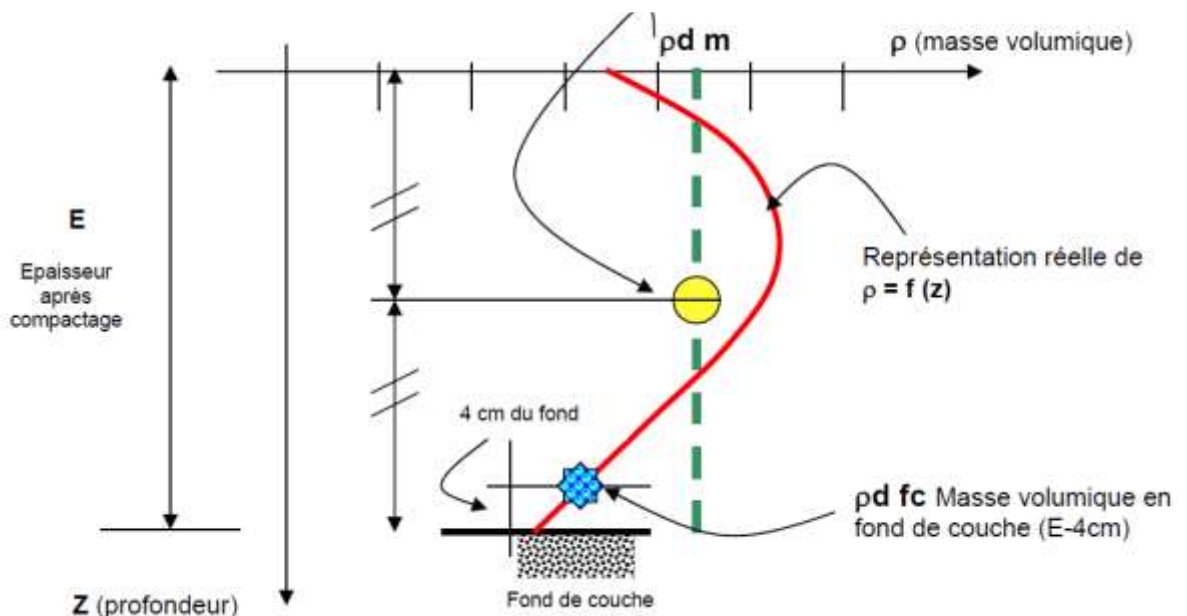
**Constats** : Les minimums de densification se situent :

- en surface
- à la partie inférieure de la couche (appelée masse volumique de fond de couche)  $\rho_{dfc}$

Le compactage n'est pas toujours uniforme sur toute l'épaisseur de la couche compactée

Dans la recherche d'un compactage optimal on va s'intéresser en termes de densification à 3 facteurs :

- $\rho_{dm}$  : La masse volumique sèche moyenne sur l'épaisseur de la couche compactée
- $\rho = f(Z)$  : La répartition de la masse volumique sur l'épaisseur compactée
- $\rho_{dfc}$  : La masse volumique sèche à l'inférieur de la couche compactée



**Figure 29** : Source SETRA

**Attention** : Ne pas se limiter à cette étude seulement !!!

Comparons le compactage réalisé par deux compacteurs différents

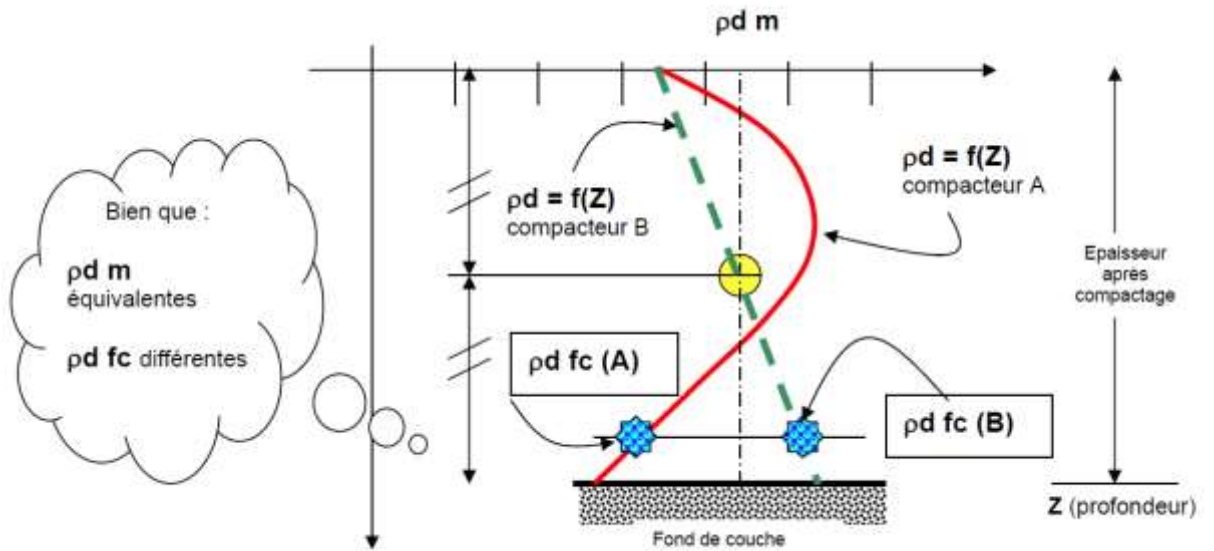


Figure 30 : Source SETRA

Une appréciation de la qualité du compactage réalisé ne pourra être correcte qu'en examinant ou en contrôlant les 2 facteurs  $\rho_d m$  et  $\rho_d fc$

**Le niveau de qualité du compactage dépend**

**Du rôle et de la destination de la couche à compacter**

- base
- fondation
- remblai
- couche de forme..

On fixe les valeurs de densification à partir d'essais  $\rho_{dm}$  et  $\rho_{dfc}$

**Essai de laboratoire**

- Proctor
- Duriez
- Marshall
- PCG

**Du type de matériau à compacter**

- grave naturelle
- grave traitée
- enrobé

On fixe les valeurs de - sable....

## Cas des assises de chaussées et de terrassements

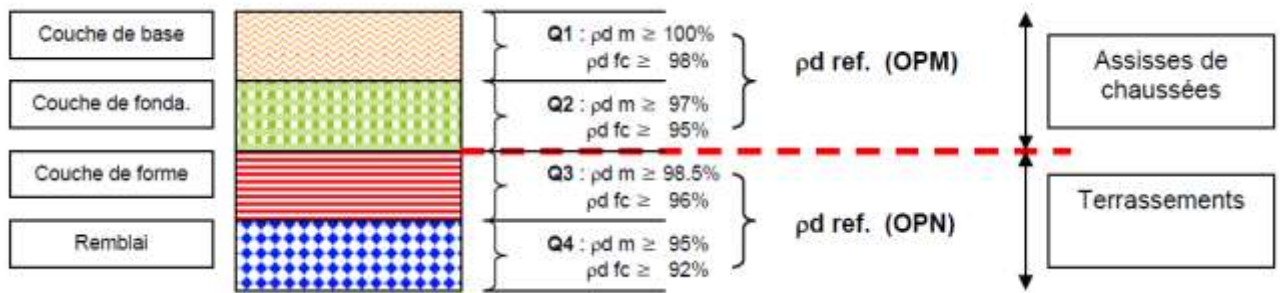


Figure 31 : Source SETRA

On peut observer que plus on se rapproche de la surface de la chaussée, plus les exigences sur la qualité sont sévères

### 5- Adéquation du compactage

Cette relation prendra en compte :

- la diversité des sols et des matériaux utilisés en construction routière
- la diversité des matériels de compactage et leur efficacité
- les objectifs de qualité différents suivant le rôle de la couche à compacter
- le niveau de la couche dans la structure de chaussée

Il sera nécessaire :

- d'identifier les caractéristiques des sols et matériaux
- d'étudier leur aptitude ou leur comportement au compactage
- de connaître les compacteurs
- leur classification, leur efficacité, leur

## Les engins de terrassement

**1- La pelle mécanique :** La pelle mécanique sert à l'extraction et au transport de tous types de matériaux. Les modèles les plus récents sont mus par un moteur diesel associé à une transmission hydraulique. Généralement, la pelle mécanique sur chenilles convient aux gros terrassements en continu, et les pelles sur pneus pour les excavations de moindre importance sur un terrain de bonne tenue. On distingue différentes variantes de pelles suivant le godet qui les équipe. Le godet le plus couramment utilisé a une capacité maximum de 1,5 m<sup>3</sup>.

**1-1- La pelle en rétro** (figure 32.1) : La pelle est dite en rétro lorsque son godet est disposé l'ouverture vers le bas. L'équipement rétro permet, entre autres, de creuser des tranchées étroites, des canaux ainsi que le curage de fossés.

**1-2- La pelle en butte** (figures 32.2 et 32.3) : La pelle est dite en butte lorsque son godet est disposé l'ouverture vers le haut. Permettant la prise frontale et admettant un mouvement de remontée, elle se prête à l'excavation de parois verticales et de tas très compacts.

### Types de pelle moins courants :

- **La pelle en benne preneuse :** La pelle en benne preneuse sert au creusement de tranchées verticales étroites et à la manipulation de gros blocs de matériaux.
- **La dragline :** La dragline agit par raclage du terrain au moyen d'un godet traîné par un câble.
- **La tractopelle** (figure 32.4) : Très souple d'emploi, la tractopelle associe, sur un châssis de tracteur, un godet de chargeuse et une pelle en rétro. Cela en fait un engin universel, qui se prête particulièrement bien aux petits travaux de terrassement et au creusement de tranchées destinées à la pose de conduites.

**2- L'excavateur à godets multiples et la roue-pelle :** L'excavateur à godets multiples et la roue-pelle unissent les avantages de la pelle à godet en butte et de la dragline. Il s'agit d'engins spéciaux de haut rendement. Leur déplacement et leur installation sur le site étant très onéreux, ils sont réservés de préférence à l'excavation dans des exploitations à ciel ouvert. La grande vitesse d'excavation de ces engins est directement liée à leur énorme taille et à leur capacité à travailler en continu.

**2-1- L'excavateur à godets multiples** (figure 32.5) : L'excavateur à godets multiples est principalement affecté au travail dans les gravières et pour le creusement de canaux.

**2-2- La roue-pelle** (figure 32.6) : La roue-pelle est employée pour l'extraction à ciel ouvert de lignite ou de schiste houiller ou bitumineux. Certains modèles spéciaux d'environ 13 000 t et de 80 m de haut donnent un rendement journalier de l'ordre de 200 000 m<sup>3</sup>. Les roues-pelles de plus petite taille sont destinées aux terrassements de grande envergure.

**2-3- Le convoyeur de déblais** (figure 32.7) : Le convoyeur de déblais (ou sauterelle) est un appareil de manutention constitué d'une bande transporteuse. Il sert au transport, au chargement, à la mise au tas de déblais.

Outre la détérioration ou la perte totale due aux risques naturels, ce type d'engin court surtout le danger de se renverser. Ce genre d'accident arrive si l'aire de travail s'éboule ou cède sous le poids de l'engin.

La durée de vie d'un gros engin peut dépasser dix ans.

### **3- Les bulldozer, chargeuse, décapeuse et niveleuse**

**3-1- Le bulldozer** (figure 32.8) : Le bulldozer (ou boteur) est un puissant engin d'excavation et de refoulement de terre et de roche sur une distance allant jusqu'à 100m et dont la lame peut mesurer 5 m de large. Un scarificateur (sorte de soc) peut être fixé à l'arrière de l'engin en vue de désagréger les sols compacts.

**3-2- La chargeuse sur pneus** (figure 32.9) : La chargeuse sur pneus est essentiellement affectée au chargement sur camions-bennes, mais convient aussi à l'excavation et aux déplacements de terre sur une distance allant jusqu'à 200 m. La capacité maximale du godet est de 6 m<sup>3</sup>.

**3-3- La chargeuse sur chenilles** (figure 32.10) : La chargeuse sur chenilles allie la robustesse des chenilles aux possibilités de la chargeuse sur pneus. Étant généralement de taille moindre, elle est toutefois moins performante.

**3-4- La décapeuse** (figure 32.11) : La décapeuse (ou scraper ou grattoir) est employée pour le raclage de minces couches de terre, le chargement, le transport et le déversement de déblais sur une distance de 2 km, de même que pour l'épandage de grosses masses de terre. D'une



capacité maximum de 25 m<sup>3</sup>, la décapeuse peut rouler à plus de 50 km/h. Sur les terrains compacts, la décapeuse nécessite une poussée de renfort à l'arrière exercée soit par un pousseur (ou pusher ou pushdozer) soit par un bulldozer.

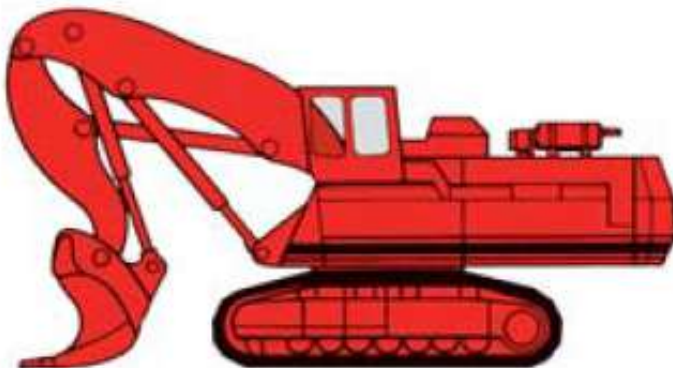
**3-5- La niveleuse** (figure 32.12) : Comportant une lame orientable en tous sens, la niveleuse est équipée pour le décapage et le nivellement de terres.

Les plus grands dangers que courent les bulldozers et les chargeuses sur pneus ou sur chenilles proviennent des éboulements. Les engins risquent alors de se renverser ou de s'écraser au fond du talus. Pour la plupart, les accidents de ce type sont dus à une fausse manœuvre.

Quant aux chargeuses sur chenilles, décapeuses et niveleuses, elles sont exposées au danger de collision avec d'autres engins de chantier.



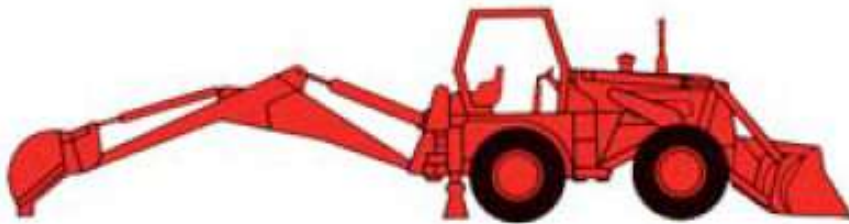
**1 Pelle hydraulique sur pneus, avec godet en rétro.**



**2 Pelle hydraulique sur chenilles, avec godet en butte.**



3 Pelle mécanique sur chenilles, avec godet en butte.



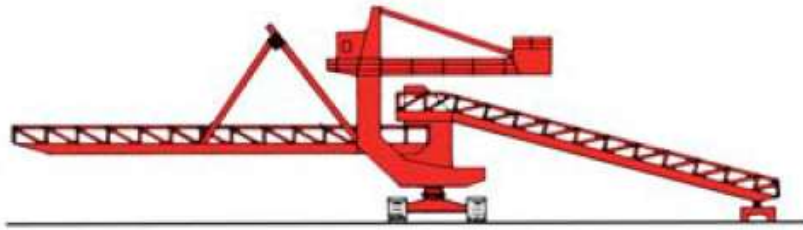
4 Tractopelle hydraulique.



5 Excavateur à godets multiples.



6 Roue-pelle.



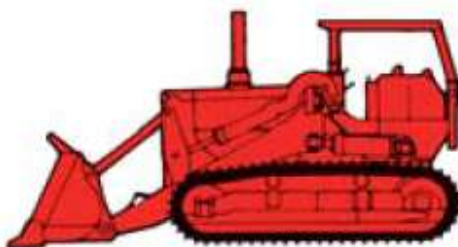
7 Convoyeur de déblais.



8 Bulldozer.



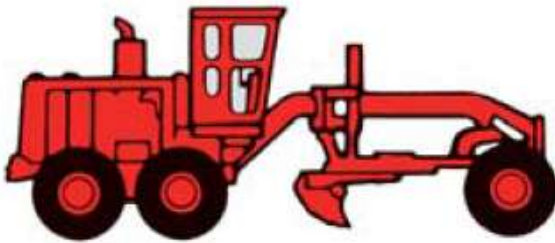
9 Chargeuse sur pneus.



10 Chargeuse sur chenilles.



11 Chargeuse sur chenilles (scraper).



12 Niveleuse.

Figure 32 :

## **Chapitre 03 Les terrassements généraux :**

Les opérations de terrassements généraux (déblais, remblais), de réalisation de la route devront être conduites conformément au GTR.

**Déblais généraux :** Déblais en pleine masse des matériaux et la mise en remblais conformément au GTR sur le site pour la réalisation des terrassements généraux et la construction des plates-formes de chaussées. Les matériaux extraits seront, après leur tri, soit utilisés en remblai, soit mis en dépôt définitif pour constituer des modelés paysagers ou en stocks provisoires, soit évacués en décharge en fonction de leur nature et après accord du représentant du Maître d'Œuvre. Les Déblais des matériaux impropres, excédentaires ou rocheux, sera à évacuer aux décharges publiques. Dans le cas particulier de déblais en sols sensibles, la cote des terrassements sera arrêtée 0,50 m au-dessus de la cote théorique du fond de forme avec une pente transversale de 5%. Ces dispositions seront maintenues jusqu'à la réalisation définitive de la couche de forme. Les talus des déblais présenteront une pente conforme aux profils du marché.

**Remblais :** Les remblais d'apport devront être conformes au GTR. Ils seront soumis au visa de la Maîtrise d'œuvre. Il pourra être réalisés, sous réserve d'accord de la Maîtrise d'œuvre, des traitements éventuels des remblais à la chaux, de l'arase terrassement ou de l'arase sous remblais.

Lorsque les sols au niveau de l'arase des terrassements seront constitués localement de matériaux sensibles à l'eau, il sera procédé à des substitutions ou à un traitement d'arase préférentiellement à la chaux, au ciment ou aux liants hydrauliques de façon à améliorer la qualité du sol support de la couche de forme. L'épaisseur de traitement des arases sera de 35 cm minimum. Les zones à traiter seront soumises au visa du Maître d'œuvre. L'entrepreneur effectuera les purges éventuelles, nécessaire à la réalisation d'un support correct d'arase sous remblais, après approbation de la Maîtrise d'Œuvre Les talus des remblais présenteront une pente conforme aux profils du marché. Les talus de remblais seront exécutés par la méthode des remblais excédentaires.

**Contrôle de Qualité des Travaux de Terrassements :** Une anomalie est une déviation par rapport à ce qui est attendu. Une anomalie justifie une investigation qui peut déboucher sur la constatation d'une non-conformité ou d'un défaut.

Une " non-conformité " est par définition la non-satisfaction aux exigences spécifiées (qualité requise). Une non-conformité est un " défaut " lorsque les exigences de l'utilisation prévue ne sont pas satisfaites (qualité d'usage). On distingue quatre niveaux d'anomalies :

– **Niveau 1**

Anomalie mineure traitable immédiatement dans le cadre du procédé utilisé et dans le respect des procédures. Le traitement de cette anomalie ne peut donner lieu qu'à de simples observations sur la fiche de contrôle correspondante.

– **Niveau 2**

Anomalie traitable avec une procédure de réparation déjà définie. L'identification et le traitement de cette anomalie doivent être précisés, soit sur des documents de suivi s'ils le permettent, soit sur une fiche d'anomalie ouverte à cet effet.

– **Niveau 3**

Anomalie pour laquelle aucune procédure de réparation n'a été définie par avance, mais dont le traitement permettra de reconstituer une qualité équivalente et si possible identique à la conception prévue. Une fiche d'anomalie est ouverte ; la procédure de réparation est établie et soumise à l'acceptation du maître d'œuvre, dans les délais fixés au marché.

– **Niveau 4**

Anomalie mettant en cause le niveau de qualité contractuel, voire son aptitude à satisfaire la qualité d'usage (défaut) .Une fiche d'anomalie est ouverte dans les délais fixés au marché, et l'entreprise adresse ses propositions au maître d'œuvre qui décide des suite à donner. Cette anomalie peut conduire à une expertise ou à d'éventuelles investigations en place.

# **Chapitre Documents de base pour le projet de terrassement**

## **Tracé en plan - Profil en travers - Profil en long**

### **1- Tracé en plan :**

Le tracé en situation ou en plan ou encore tracé horizontal représente une reproduction à échelle réduite d'une projection verticale de l'axe de la chaussée sur un plan horizontal, ce dernier est en général une carte topographique ou un plan de situation ou le relief du terrain qui est représenté par les courbes de niveau.

**1-1- Règles à respecter dans le tracé en plan :** Afin d'obtenir un bon tracé en plan dans les normes, on essaie dans mesure du possible d'éviter :

- De passer sur les terrains agricoles, des zones forestières et les propriétés privées.
- Les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques, si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement.
- Et on essaie d'adapter au maximum le terrain naturel afin :
  - D'éviter les terrassements importants.
  - Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
  - Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même couche de niveau.
  - Respecter la longueur minimale des alignements droits si celui à possible.
  - Se raccorder sur les réseaux existants.

Le tracé en plan est constitué par des :

1. Lignes droites (Alignements) de longueur en fonction de la vitesse de référence.
2. Raccordements en arc de cercle à rayon de courbure constant et raccordements progressifs à rayons de courbure variable.

**Les Alignements :** Bien qu'en principe la droite soit l'élément géométrique le plus simple, son emploi dans le tracé des routes est restreint, la cause en est qu'il présente des inconvénients, notamment :

- De nuit, éblouissement prolongé des phares.
- Monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents ou malaises chez le conducteur.

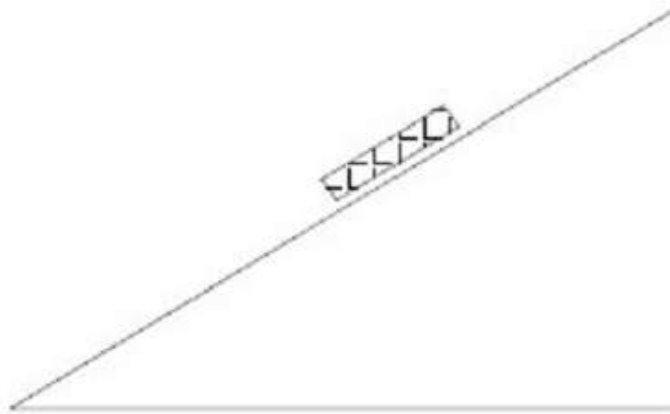
- Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.
- Mauvaise adaptation de la route au paysage, il n'y a pas d'harmonie avec l'aspect des reliefs.

### Les raccordements en arcs de cercle :

**Calcul de la longueur de rayon :** Les courbures qui devront satisfaire les trois conditions suivantes :

- Stabilité, sous la sollicitation centrifuge des véhicules circulant à grande vitesse :**  
Dans un virage, un véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du système

**Condition de non dérapage avec dévers "la figure ci-dessous"**



**Figure 33 :**

$$\sum F_x = 0 \rightarrow -F_r - P \sin(\alpha) = F_g = \frac{m \cdot V_r^2}{R} \rightarrow R = \frac{V_r^2}{g \sin(\alpha) + f_r}$$

$F_g$  : Force de centrifuge

$P \cdot \sin \alpha$  : Composante tangentielle du poids

$F_r$  : Effet du frottement transversal

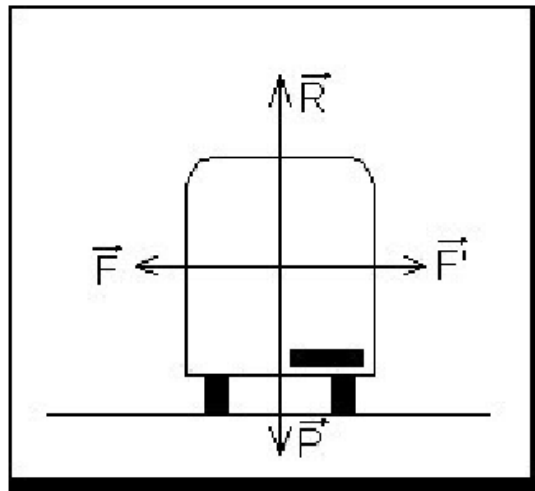
$V_r$  : Vitesse de référence

$f_r$  : Coefficient de frottement transversal correspondant à un pneu médiocre sur chaussée mouillée  $f_r = 0,12$  à  $0,18$ .

$g$  : Accélération de la pesanteur  $g = 10 \text{ m/s}^2$



**Condition de non dérapage sans dévers "la figure ci-dessous"**



**Figure 34 :**

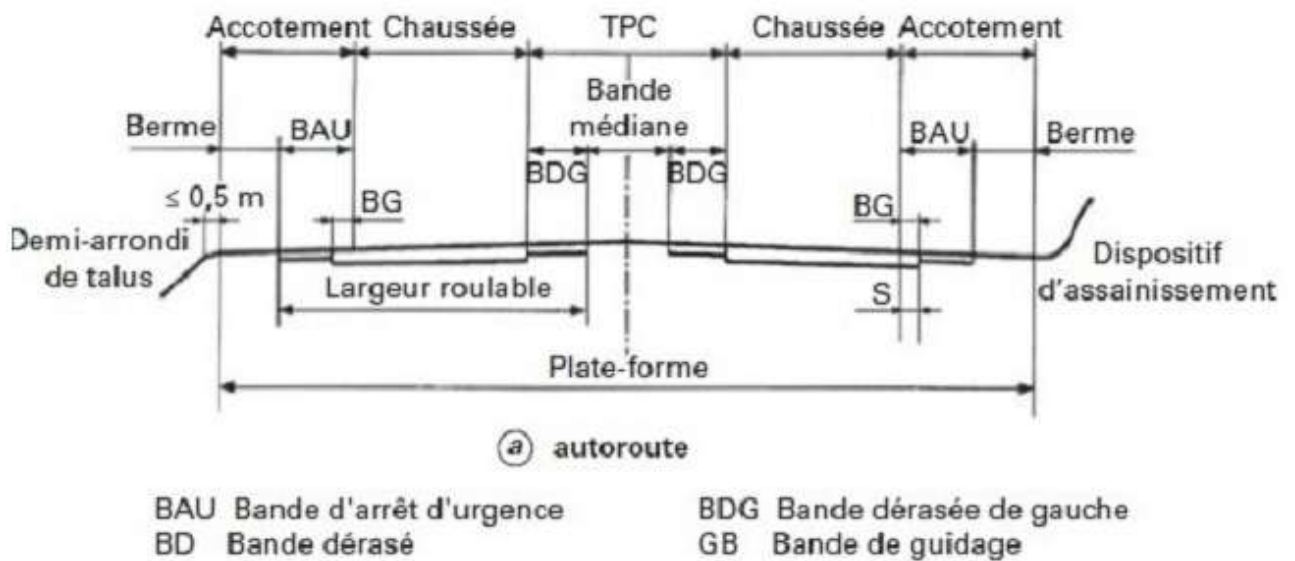
La somme des forces  $f_x = 0$

$$F - F' = 0 \quad F = F'$$

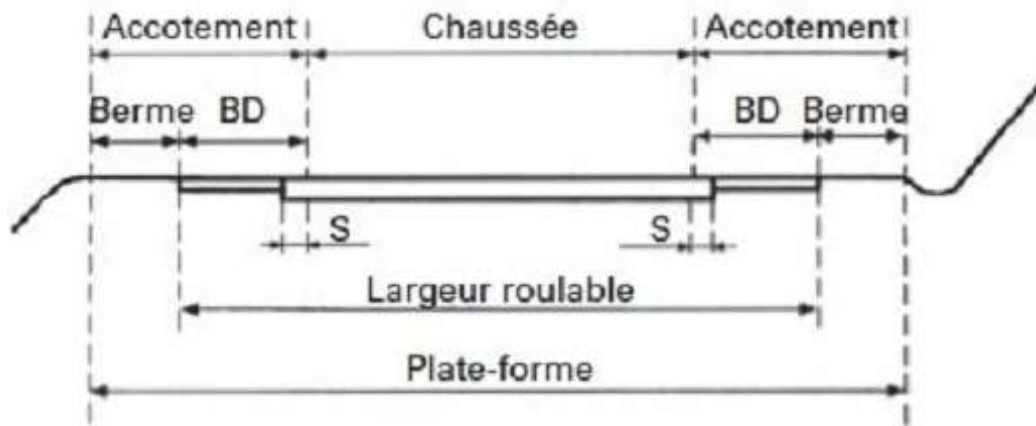
$$MV^2/R = P.f_r \quad MV^2/R = M.g.f_r$$

$$\text{D'où : } R = V^2/(g.f_r)$$

**2- Profil en travers :** C'est la coupe transversale de la chaussée et de ses dépendances. La nomenclature utilisée est donnée par la figure ci-dessous dans le cas d'une autoroute et dans celui d'une route à une seule chaussée.



**Figure 35 :**



(b) route à 2 ou 3 voies

S Surlargeur (structurelle) de chaussée  
 TPC Terre-plein central

Figure 36 :

**2-1- Les éléments de composition du profil en travers :** Le profil en travers doit être constitué par les éléments suivants :

a)- La chaussée : C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules.

b)- La largeur roulable : Elle comprend les sur-largeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt. Sur-largeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.

c)- La plate-forme : C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes de talus de remblais, comprenant la ou les deux chaussées et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêts.

d)- Les accotements : Les accotements sont les zones latérales de la plate-forme qui bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasés ou surélevés. Ils comportent généralement les éléments suivants :

- Une bande de guidage.
- Une bande d'arrêt.
- Une berme extérieure.

**3- Profil en long :** Le profil en long est le développement du cylindre vertical sur lequel est tracé l'axe de la route. Il est constitué de segments de droite raccordés par des arcs de cercle caractérisés par leur rayon. Pour les segments de droite, on parle de « pente » ou de « rampe » suivant que la route descend ou monte dans le sens de la marche.

**3-1- Règles à respecter dans le Tracé du Profil en Long :** Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par le règlement en vigueur :

- Éviter les angles entrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement...
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des devers nuls dans une pente du profil en long.
- Dans un Profil en long recherche un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des déblais.
- Dans un Profil en long éviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles
- Dans le Profil en long éviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison des cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- Dans le Profil en long remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

**3-2- Visibilité au sommet :** Le conducteur d'un véhicule au sommet d'une côte ne peut être certains que la visibilité est assurée que lorsqu'il aperçoit la partie supérieure de la voiture qui vient à sa rencontre. On estime que son oeil se trouve placé à un mètre au-dessus du sol et que la distance de freinage lui suffit pour réagir devant un éventuel obstacle immobile.

**3-3- Raccordement parabolique :** Le raccordement de deux déclivités successives permet d'obtenir un confort à l'usager en évitant les sensations désagréables dues aux variations brusques des composantes verticales de l'accélération du véhicule. Il permet aussi d'assurer une distance de visibilité suffisante entre deux véhicules se dirigeant en sens inverse.

Pour un raccordement doux entre deux pentes différentes, il faut placer une courbe verticale.

La courbe verticale la plus utilisée est la parabole

## **Bibliographie**

- [1] BERTHIER Jean, (2011), «Géométrie des routes» Techniques de l'ingénieur
- [2] BERTHIER Jean, «Projet et Construction de Routes» École Nationale des Ponts et Chaussées
- [3] Centre National d'Études et de Recherches Intégrées du Bâtiment, (2006), Document Technique Réglementaire (DTR)
- [4] HIMOURI Slimane, (2005-2006), «Conditions Techniques d'Aménagement des Routes» Université de Mostaganem
- [5] HIMOURI Slimane, (2005-2006), Construction des Routes, Université de Mostaganem
- [6] KALLI Fatima Zohra, GOUMETTRE Ahmed, «Manuel de projet de route» Office de publications universitaires
- [7] SIALA Ahmed, Note de cours : Etude du trafic routier, direction de l'enseignement universitaire

## **Webographie**

- [1] <http://fr.scribd.com/doc/93699659/50/Regles-a-respecter-dans-le-trace-du-profil-en-long>
- [2] [http://www.geometre-b3r.fr/pages\\_infos/index.php?id\\_info=49](http://www.geometre-b3r.fr/pages_infos/index.php?id_info=49)
- [3] <http://genie-civile.blogspot.com/2013/03/le-profil-en-travers-dune-chaussee.html>
- [4] [http://dc186.2shared.com/download/UR1-q3CZ/9\\_techniques\\_dimplantation.pdf?tsid=20140717-141758-1c116a77](http://dc186.2shared.com/download/UR1-q3CZ/9_techniques_dimplantation.pdf?tsid=20140717-141758-1c116a77)
- [5] <http://topogr.perso.neuf.fr/rayprogr.htm>
- [6] <http://www.beep.ird.fr/collect/thies/index/assoc/HASH5bd8.dir/pfe.gc.0491.pdf>
- [7] <http://genie-civile.blogspot.com/2013/03/le-profil-en-travers-dune-chaussee.html>