

# Chapitre I

## Trafic Routier et Géométrie des Routes

### I.1 Introduction

Le trafic routier est un élément essentiel pour le dimensionnement des structures routières parce que le poids lourd est la raison principale qui provoque la dégradation des chaussées. Il est donc très important de déterminer le nombre de véhicules à recevoir par ces dernières.

#### I.1.1 Définition

Le terme « route » vient du mot latin « *viarupta* » qui signifie voie frayée. C'est donc une voie de communication terrestre permettant de relier un point à un autre, un village à un autre, etc. Une « route » est une voie terrestre (au niveau du sol, pénétrant le sol par un tunnel ou sur viaduc) aménagée pour permettre la circulation de véhicules à roues.

#### I.1.2 Importance des réseaux routiers

Les travaux publics, notamment le domaine des routes, constituent un secteur stratégique, et participent au développement économique et social des pays, des villes, des provinces, et des régions lointaines. Aussi, le réseau routier favorise :

- La création d'emplois et la mobilité des facteurs de production ;
- La naissance d'effets d'entraînement sur d'autres secteurs ;
- L'indépendance alimentaire du pays ;
- Les transactions et échanges commerciaux entre provinces (intégration économique) ;
- La réduction de la pauvreté ;
- L'avènement des investissements lourds (étrangers et locaux), etc.

#### I.1.3 Classification de routes

##### I.1.3.1 Classification proposée par BOS Nicolae (1984)

Les voies de communication terrestres peuvent être répertoriées selon plusieurs critères. Elles sont classifiées, de point de vue administratif, d'après la vitesse de référence, elle-même établie en fonction des conditions du terrain.

- Les chemins communaux: s'étendent dans l'espace d'une même commune ;
- Les chemins départementaux ou chemins de wilaya: desservent uniquement une wilaya et sont à la charge de celle-ci ;
- Les routes nationales: représentent des voies de grandes communication et d'intérêt commun pour le pays. Elles constituent des itinéraires interdépartementaux qui supportent un grand trafic. Ces routes sont construites, aménagées et entretenues au frais de l'état ;

- Les autoroutes: Ce sont des routes nationales d'une catégorie spéciale dont elles sont réservées à la circulation mécanique rapide.

### I.1.3.2 Classification de routes en Algérie selon le B40

L'ensemble des itinéraires de l'Algérie peut être classé en cinq catégories fonctionnelles, correspondant aux finalités économiques et administratives assignées par la politique d'aménagement du territoire à savoir (NTAR -B40, 1977) (Figure I.1):

- Catégorie 1 : Liaisons entre les grands centres économiques, les centres d'industrie lourde (A), Liaisons assurant le rabattement des centres d'industrie de transformation (B) sur ce réseau ;
- Catégorie 2 : Liaisons entre les centres d'industrie de transformation (B), Liaisons assurant le rabattement des pôles d'industries légères diversifiées (C) sur le réseau précédent (Cat .1.) ;
- Catégorie 3 : Liaisons des chefs-lieux de daïra et de wilaya (D) non desservis par le réseau précédent, avec le réseau des catégories 1 et 2 ;
- Catégorie 4 : Liaisons des centres de vie (E) avec le réseau des catégories 1 et 3 ;
- Catégorie 5 : Routes et pistes non comprises dans les catégories précédentes.

**Remarque :** Le « B40 » portant les différentes normes techniques d'aménagement des routes est utilisé en Algérie. (Link: <http://www.notices-pdf.com/norme-b40-routes-algerien-pdf.html>).

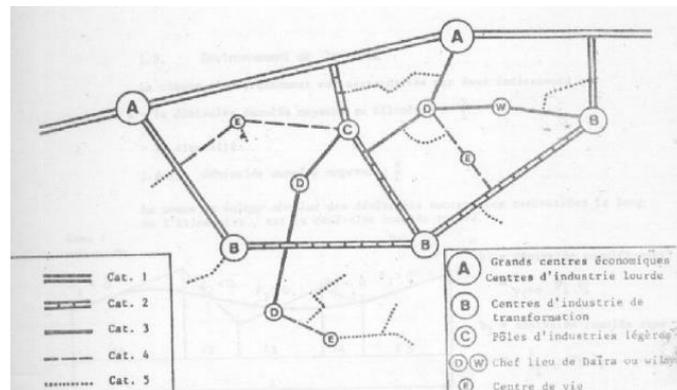


Figure I.1 – Classification des routes en Algérie (NTAR -B40, 1977).

## I.2 Choix des itinéraires

### I.2.1 Règles à respecter dans le tracé en plan

Le « tracé en plan » d'une route est, avec le « profil en travers » et le « profil en long », un des trois éléments qui permettent de caractériser la géométrie d'une « route ». Il est constitué par la projection horizontale sur un « repère cartésien » topographique de l'ensemble des points définissant le tracé de la route. La conception ou l'élaboration d'un tracé en plan s'appuiera sur les règles suivantes (sauf dans des cas exceptionnels) :

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur ;

- Eviter les angles rentrants 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 ;
- Rechercher un équilibre entre les volumes de remblais et les volumes de déblais.
- Eviter une hauteur excessive en remblai ;

### 1.2.2 Eléments du tracé en plan

La disposition générale du tracé est dans ses grandes lignes déterminée par un ensemble de contraintes identifiées dans le cadre des études préalables et relevant des domaines de l'« environnement », de la « topographie », de la « géologie » ou de l'habitat croisées avec les fonctionnalités attendues de la voie (localités à desservir, points de passage obligés pour le tracé, etc.).

Le tracé en plan est profondément marqué par l'influence de la dynamique des « véhicules » : leur stabilité n'est acquise qu'à condition de respecter les lois liant « vitesse » du véhicule, rayon de courbure du tracé en plan et dévers de chaussée (comprenant l'effet des « forces centrifuges »). Il faut tenir compte également de l'influence des facteurs physiologiques intervenant lors de la conduite et éventuellement des problèmes de visibilité (il faut rendre visible une certaine longueur de trajet pour pouvoir conduire). Le tracé en plan comporte (Figure I.2):

- Des alignements droits ;
- Des arcs de cercle ;
- Des arcs de courbe à courbure progressive : essentiellement des arcs de « clothoïde ».



Figure I.2 – Choix des itinéraires et éléments du tracé en plan.

### 1.2.3 Environnement de la route

L'environnement est par définition l'état actuel du « relief », et il y a trois classes d'environnement ( $E_1$ ,  $E_2$  et  $E_3$ ) ont été proposées et sont caractérisées par deux indicateurs à savoir:

- La « dénivelée » cumulée moyenne «  $h/L$  » (Tableau I.1) ;
- La « sinuosité » moyenne «  $Ls/L$  » (Tableau I.2).

Tableau I.1 – Classification du relief en fonction de la dénivelée cumulée moyenne (NTAR -B40, 1977).

| N° de code | La dénivelée cumulée moyenne h /L | Classification |
|------------|-----------------------------------|----------------|
| 1          | $h/L \leq 1,5\%$                  | Plat           |
| 2          | $1.5\% < h/L \leq 4\%$            | Vallonné       |
| 3          | $4\% < h/L$                       | Montagneux     |

Tableau I.2 – Classification de la sinuosité ( $\phi$ ) (NTAR -B40, 1977).

| N° de code | la sinuosité ( $\phi$ ) « $\phi = h /L$ » | Classification |
|------------|---|----------------|
| 1          | $\phi \leq 0.1$                           | Faible         |
| 2          | $0.1 < \phi \leq 0.3$                     | Moyenne        |
| 3          | $0.3 < \phi$                              | Forte          |

L’association des deux paramètres précédents (la sinuosité moyenne et la dénivelée cumulée moyenne), nous donne les trois types d’environnement et ceci selon le Tableau I.3 ci-dessous:

Tableau I.3 – Environnement en fonction du relief et de la sinuosité (NTAR -B40, 1977).

|        |            | Sinuosité                |                |                          |
|--------|------------|--------------------------|----------------|--------------------------|
|        |            | Faible                   | Moyenne        | Forte                    |
| Relief | Plat       | E <sub>1</sub>           | E <sub>2</sub> | <del>E<sub>3</sub></del> |
|        | Vallonné   | E <sub>2</sub>           | E <sub>2</sub> | E <sub>3</sub>           |
|        | Montagneux | <del>E<sub>1</sub></del> | E <sub>3</sub> | E <sub>3</sub>           |

### I.3 Etude du trafic routier

L’étude du trafic routier est un élément essentiel qui doit être préalable à tout projet de réalisation ou d’aménagement d’infrastructures de transport, elle permet de déterminer le type d’aménagement qui convient et, au-delà les caractéristiques à lui donner depuis le nombre de voie jusqu’à l’épaisseur de différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée. L’étude de trafic constitue un moyen important de saisie des grands flux à travers un pays ou une région, elle représente une partie appréciable des études de transport, et constitue parallèlement une approche essentielle de la conception des réseaux routiers. Cette conception repose, sur une partie stratégique, planification sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, qui est nécessaire pour:

- Apprécier la valeur économique des projets.
- Estimer les coûts d’entretien.
- Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons de la route.

#### I.3.1 Analyse des trafics existants

L’étude du trafic est une étape importante dans la mise au point d’un projet routier et consiste à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route (volume, composition, conditions de circulation, saturation, origine et destination). Cette étude débute par le recueil des données.

### I.3.1.1 Mesure des trafics

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires à savoir:

- Les « *comptages* » qui permettent de quantifier le trafic ;
- Les « *enquêtes* » qui permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs.

### I.3.1.2 Méthodes de comptages des trafics

C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, on distingue deux types de comptage:

- Les comptages manuels ;
- Les comptages automatiques.

#### I.3.1.2.1 Les comptages manuels

Ils sont réalisés par les enquêteurs qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports communs, Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (TJMA).

#### I.3.1.2.1 Les comptages automatiques

Ils sont effectués à l'aide d'un appareil enregistreur comportant une détection pneumatique réalisée par un tube en caoutchouc tendu en travers de la chaussée. On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires (Coquand, 1969):

- Les « *comptages permanents* » sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes: réseau autoroutier, réseau routier national et le chemin de Wilaya les plus circulés.
- Le « *comptage temporaire* » s'effectue une fois par an durant un mois pendant la période où le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournant. L'inconvénient de cette méthode est que tous les matériels de comptage actuellement utilisés ne détectent pas la différence entre les véhicules légers et les poids lourds.

### I.3.2 Différents types de trafics

Dans le domaine routier, on utilise la notion de classe de trafic dans le dimensionnement des chaussées. Quatre types de trafics peuvent être distingués à savoir :

#### I.3.2.1 Trafic normal

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre compte du nouveau projet (nouvelle route aménagée).

#### I.3.2.2 Trafic dévié

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée (Trafics qui proviennent à partir d'autres voies voisines).

### I.3.2.3 Trafic induit

C'est le trafic qui résulte des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier.

### I.3.2.4 Trafic total

C'est le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et dévie (NTAR-B40, 1977).

## I.3.3 Calcul de la capacité d'une chaussée

La capacité est le nombre de véhicules qui peuvent raisonnablement passer par une direction de la route « ou deux directions » avec des caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propre durant une période bien déterminé. La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire. Le calcul de la capacité dépend :

- Des conditions de trafic ;
- Des conditions météorologiques ;
- Du type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire ;
- Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs variables d'une route à l'autre) ;
- Des caractéristiques de la section considérée (nombre et largeur de voies).

### I.3.3.1 Définition de la capacité d'une chaussée

La capacité et le nombre de véhicules qui peuvent raisonnablement passer sur une direction de la route « ou deux directions » avec des caractéristiques géométriques de circulation qui lui sont propres durant une période bien déterminée, la capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire. La capacité d'une chaussée dépend.

- Les conditions de trafic ;
- Les conditions météorologiques ;
- Le type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire ;
- Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs variables d'une route à l'autre) ;
- Des caractéristiques géométriques de la section considérée (nombre et largeur des voies).

### I.3.3.2 Calcul du trafic journalier moyen annuel horizon « TJMA<sub>h</sub> »

Pour un calcul fiable du trafic routier, le comptage doit se faire sur des voies de chaussées relativement plates et loin des carrefours et des échangeurs. La formule qui donne le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est :

$$TJMA_h = TJMA_0 * (1 + \tau)^2 \quad (\text{Eq. I.1})$$

Où :

TJMA<sub>h</sub> : Trafic journalier moyen annuel à l'année horizon ;

TJMA<sub>0</sub> : Trafic journalier moyen annuel à l'année zéro (ou à l'année de référence) ;

$n$  : Nombre d'année ;

$\tau$  : Taux d'accroissement du trafic (%).

### I.3.3.3 Calcul du trafic effectif « $T_{eff}$ »

C'est un trafic traduit en « unités de véhicules particuliers (uvp) » en fonction du type de route et de l'environnement : Pour cela, on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les « Poids lourds (PL) » en « uvp ». Le trafic effectif ( $T_{eff}$ ) est donné par la relation :

$$T_{eff} = TJMA_h * [(1 - Z) + P * Z] \quad (\text{Eq. I.2})$$

Où :

$T_{eff}$  : Trafic effectif à l'année horizon en (uvp/j) ;

$Z$  : pourcentage de poids lourds (%) ;

$P$  : coefficient d'équivalence pour le poids lourd, il dépend de la nature de la route (Tableau I.4).

**Tableau I.4** – Coefficients d'équivalence pour les poids lourds «  $P$  » (NTAR -B40, 1977).

| N° de Voies     | Environnement  |                |                |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|
|                 | E <sub>1</sub> | E <sub>2</sub> | E <sub>3</sub> |
| 2 voies         | 3              | 6              | 12             |
| 3 voies         | 2.5            | 5              | 10             |
| 4 voies et plus | 2              | 4              | 8              |

### I.3.3.4 Débit de pointe horaire normal « $Q_h$ »

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon lequel s'exprime en unité de véhicule particulier (uvp) et donné par la formule:

$$Q_h = \frac{1}{n} * T_{eff} \quad (\text{Eq. I.3})$$

Où :

$Q_h$  : Débit de pointe horaire à l'année horizon (uvp/h) ;

$n$  : Nombre d'heure, (en général «  $n = 8$  » heures, donc  $1/n = 1/8 = 0.125$ , mais généralement on prend la valeur de  $1/n = 0.12$ ) ;

$T_{eff}$  : Trafic effectif à l'année horizon (uvp/h).

### I.3.3.5 Calcul de la capacité théorique « $C_{th}$ »

$$C_{th} \geq \frac{Q_h}{K_1 * K_2} \quad (\text{Eq. I.4})$$

Où :

$C_{th}$  : Capacité effective du profil en travers pour un écoulement en régime stable (uvp/h) ;

$Q_h$  : Débit de l'année horizon (uvp/h) ;

$K_1$  : Coefficient lié à l'environnement ;

$K_2$  : Coefficient de réduction de capacité.

### I.3.3.6 Débit horaire admissible « $Q_{adm}$ »

Le débit horaire maximal accepté « *Débit horaire admissible* ( $Q_{adm}$ ) » par voie est déterminé par application de la formule suivante:

$$Q_{adm} = K_1 * K_2 * C_{th} \quad (\text{Eq. I.5})$$

Où :

$K_1$  : Coefficient lié à l'environnement (Tableau I.5) ;

$K_2$  : Coefficient de réduction de capacité lié à l'environnement et à la catégorie de la route (Tableau I.6) ;

$C_{th}$  : Capacité effective du profil en travers pour un écoulement en régime stable ( $uvp/h$ ) (Tableau I.7).

**Tableau I.5 – Valeur de «  $K_1$  » (NTAR -B40, 1977).**

| Environnement | E <sub>1</sub> | E <sub>2</sub> | E <sub>3</sub> |
|---------------|----------------|----------------|----------------|
| $K_1$         | 0.75           | 0.85           | 0.90 à 0.95    |

**Tableau I.6 – Valeur de «  $K_2$  » (NTAR -B40, 1977).**

| Environnement  | Catégorie de la route |                |                |                |                |
|----------------|-----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                | C <sub>1</sub>        | C <sub>2</sub> | C <sub>3</sub> | C <sub>4</sub> | C <sub>5</sub> |
| E <sub>1</sub> | 1.00                  | 1.00           | 1.00           | 1.00           | 1.00           |
| E <sub>2</sub> | 0.99                  | 0.99           | 0.99           | 0.98           | 0.98           |
| E <sub>3</sub> | 0.91                  | 0.95           | 0.97           | 0.96           | 0.96           |

**Tableau I.7 – Valeur de «  $C_{th}$  » (NTAR -B40, 1977).**

| N° de voies              | Capacité théorique ( $uvp/h$ ) |
|--------------------------|--------------------------------|
| Route à 2 voies de 3.5m  | 1500 à 2000                    |
| Route à 3 voies de 3.5m  | 2400 à 3200                    |
| Route à chaussée séparée | 1500 à 1800                    |

### I.3.3.7 Détermination du nombre de voies « N »

Cas d'une chaussée unidirectionnelle : le nombre de voie à retenir par chaussée est le nombre le plus proche du rapport (NTAR -B40, 1977).

$$Q_h = S * \frac{Q}{Q_{adm}} \quad (\text{Eq. I.6})$$

Où:

N : Nombre de voies ;

S : Coefficient de dissymétrie, en général égale à 2/3 ;

$Q_{adm}$  : Débit admissible par voie ( $uvp/h$ ) ;

Q : Débit de l'année horizon ( $uvp/h$ ) (ne pas l'année de mise en service).

### I.3.3.8 Calcul du débit de saturation « $Q_{sat}$ »

$$Q_{sat} = 4 * Q_{adm} \quad (\text{Eq. I.7})$$

Où :

$Q_{sat}$  : Débit de saturation ( $uvp/h$ ) ;

$Q_{adm}$  : Débit admissible par voie ( $uvp/h$ ).

### I.3.3.9 Calcul de l'année de saturation « n »

$$n = \frac{\ln\left(\frac{Q_{sat}}{Q_h}\right)}{\ln\left(\frac{1}{1-\tau}\right)} \quad (\text{Eq. I.8})$$

Où :

n : Année de saturation ;

$Q_{sat}$  : Débit de saturation ( $uvp/h$ ) ;

$Q_{adm}$  : Débit admissible par voie ( $uvp/h$ ) ;

$Q_h$  : Débit à l'année horizon ( $uvp/h$ ) ;

$\tau$  : Taux d'accroissement du trafic (%).

## I.4 Profil en long

### I.4.1 Définition

Le « *profil en long* » est une coupe longitudinale du terrain suivant un plan vertical passant par l'axe de la route. Il se compose de segments de droite de déclivité en pente et des raccordements circulaires, ou parabolique. Ces pentes et rampes peuvent être raccordées entre elles soit par des « *angles saillants* » ou par des « *angles rentrants* ». La courbe de raccordement les plus courants utilisés est le « *parabolique* » qui facilite l'implantation des points du projet.

### I.4.2 Eléments composant le profil en long

Le profil en long est constitué d'une succession de segments de droites (pentes) raccordés par des courbes circulaires, pour chaque point du profil en long on doit déterminer:

- L'altitude du terrain naturel « Z » (en mètre) ;
- L'altitude du projet ou appelée aussi la ligne rouge de la route (en mètre) ;
- La déclivité ou la pente du projet.

### I.4.3 Coordination du tracé en plan et du profil en long

Il est très nécessaire de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long en tenant compte également de l'implantation des points d'échange afin:

- D'avoir une vue satisfaisante de la route autre que les conditions de visibilité minimale ;
- D'envisager de loin l'évolution du tracé ;
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs, etc.).

### I.4.4 Déclivités

On appelle déclivité d'une route la tangente de l'angle qui fait le profil en long avec l'horizontale.

### I.4.4.1 Déclivité minimale

Dans un terrain plat on n'emploie normalement jamais de pente nulle de façon à ce que l'écoulement des eaux pluviales s'effectue facilement au long de la route et au bord de la chaussée. On adopte en général les pentes longitudinales minimales d'au moins 0.5% et de préférences 1 %, si possible.

### I.4.4.2 Déclivité maximale

La déclivité maximale est acceptée particulièrement dans les courtes distances inférieures à 1500m, à cause de la réduction de la vitesse et de l'effort de freinage des poids lourds qui est très important (l'usure de pneumatique en cas de pente max). Donc, la déclivité maximale dépend des conditions d'adhérence et de la vitesse minimale du poids lourd (Tableau I.8).

Tableau I.8 – La pente maximale en fonction de la vitesse de référence (NTAR -B40, 1977).

| $V_r$ (km/h)  | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 |
|---------------|----|----|----|-----|-----|-----|
| $I_{max}$ (%) | 8  | 7  | 6  | 5   | 4   | 4   |

### I.4.5 Raccordements en profil en long

Le changement de déclivités constitue des points particuliers dans le profil en long; ce changement doit être pris en compte par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort, on distingue deux types de raccordements à savoir (Figure I.3):

- Les raccordements en angle saillant (convexes).
- Les raccordements en angles rentrants (concaves).

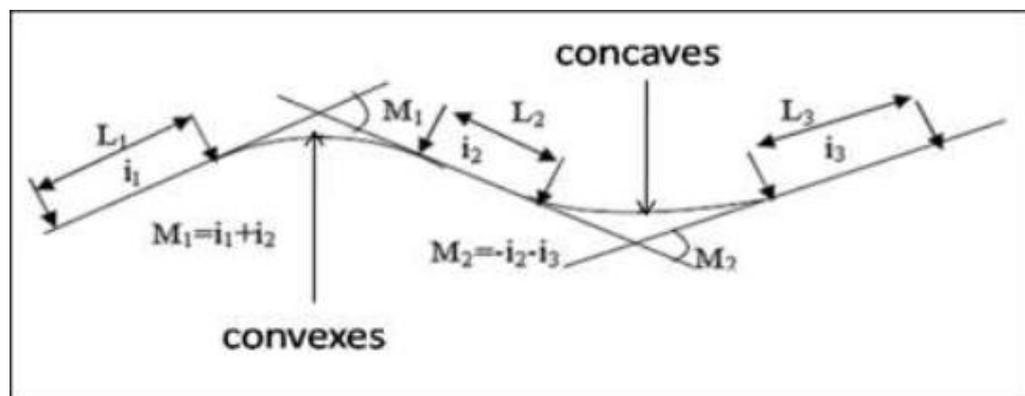


Figure I.3 – Les éléments géométriques du profil en long.

### I.4.6 Détermination pratiques du profil en long

#### I.4.6.1 Raccordement en forme convexe

Pratiquement, le calcul des paramètres géométriques des raccordements nécessite la connaissance les données suivantes (Figure I.4):

- Les coordonnées (abscisse, altitude) des points «  $A(X_A, Z_A)$  » et «  $D(X_D, Z_D)$  » ;

- Les coordonnées (abscisse, altitude) du point «  $S(X_S, Z_S)$  » pour calculer les deux pentes «  $P_{1(AS)}$  » et «  $P_{2(DS)}$  » des droites «  $(AS)$  » et «  $(DS)$  », respectivement ;
- La valeur du rayon «  $R$  ».

**Remarque :** Connaissant la distance horizontale «  $X$  » entre les deux points «  $A$  » et «  $S$  » et la pente «  $P_1$  », les coordonnées (abscisse, altitude) du point «  $S(X_S, Z_S)$  » peuvent être calculées comme suit :

$$S(X_S, Z_S) \begin{cases} X_S = X_A + X & \text{(m)} & \text{(Eq. I.9)} \\ Z_S = Z_A + X * P_1 & \text{(m)} & \text{(Eq. I.10)} \end{cases}$$

**a)- Calcul des pentes «  $P_{1(AS)}$  et  $P_{2(DS)}$  »**

Les deux pentes «  $P_{1(AS)}$  » et «  $P_{2(DS)}$  » peuvent être des valeurs positives ou négatives. Elles peuvent être calculées comme suit :

$$P_{1(AS)} = \left( \frac{Z_S - Z_A}{X_S - X_A} \right) * 100 \quad (\%) \quad \text{(Eq. I.11)}$$

$$P_{2(DS)} = \left( \frac{Z_S - Z_D}{X_S - X_D} \right) * 100 \quad (\%) \quad \text{(Eq. I.12)}$$

**b)- Calcul de la tangente «  $T$  »**

La « tangente » peut être calculée comme suit :

$$T = \left( \frac{R}{2} \right) * [\text{Abs}(P_1) + \text{Abs}(P_2)] \quad \text{(m)} \quad \text{(Eq. I.13)}$$

Remarque : «  $T$  » est une distance exprimée en «  $m$  ».

**c)- Calcul de la flèche «  $H$  »**

La flèche «  $H$  » représente la distance entre le « *raccordement* » et le point «  $S$  ».

$$H = \frac{T^2}{2R} \quad \text{(m)} \quad \text{(Eq. I.14)}$$

**d)- Calcul des coordonnées des points de tangentes «  $B, C$  et  $J$  »**

➤ **Cordonnées du point «  $B$  »**

$$B(X_B, Z_B) \begin{cases} X_B = X_S - T & \text{(m)} & \text{(Eq. I.15)} \\ Z_B = Z_B - T * P_1 & \text{(m)} & \text{(Eq. I.16)} \end{cases}$$

➤ **Cordonnées du point «  $C$  »**

$$C(X_C, Z_C) \begin{cases} X_C = X_S + T & \text{(m)} & \text{(Eq. I.17)} \\ Z_C = Z_S + T * P_2 & \text{(m)} & \text{(Eq. I.18)} \end{cases}$$



I.5.2 Différents types des profils en travers

I.5.2.1 Profil en travers type

Le « profil en travers type » est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes. Il peut être totalement en déblai, totalement en remblai ou mixte remblai/déblai (Figures I.6, I.7 et I.8).

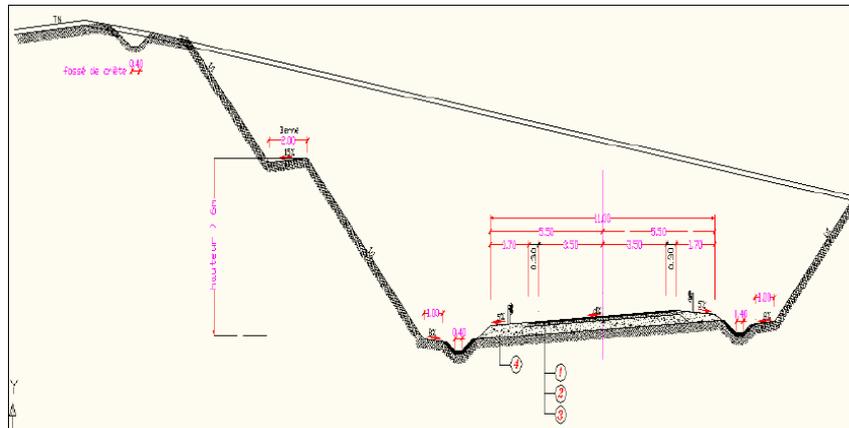


Figure I.6 – Profil en travers type totalement en déblai.

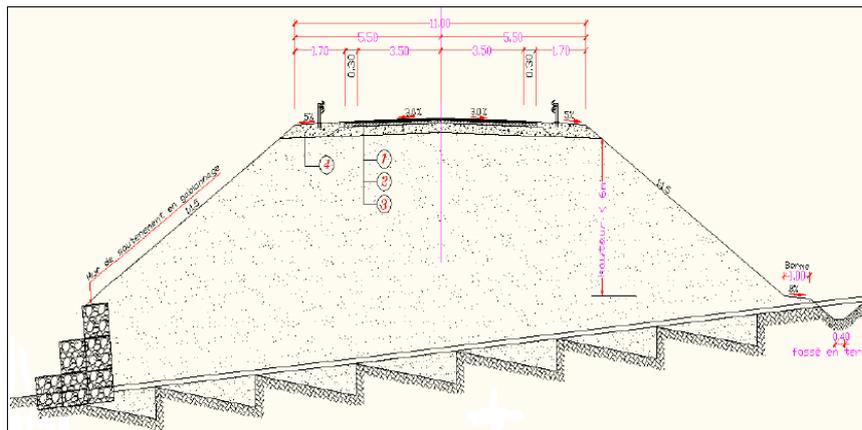


Figure I.7 – Profil en travers type totalement en remblai.

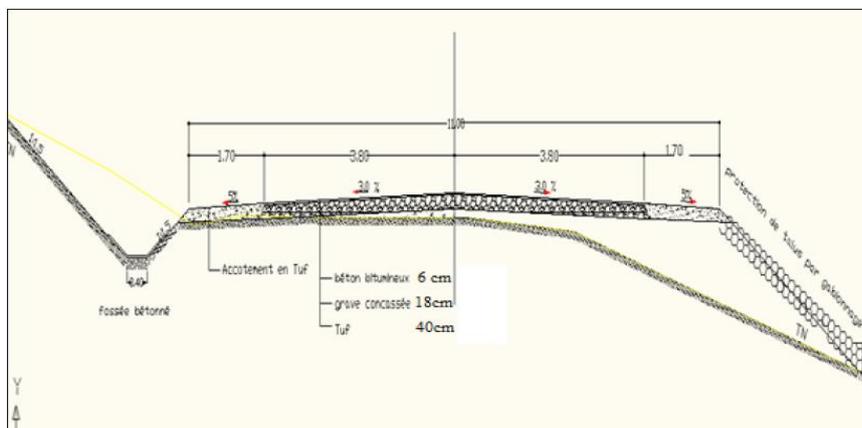


Figure I.8 – Profil en travers type mixte déblai/remblai.

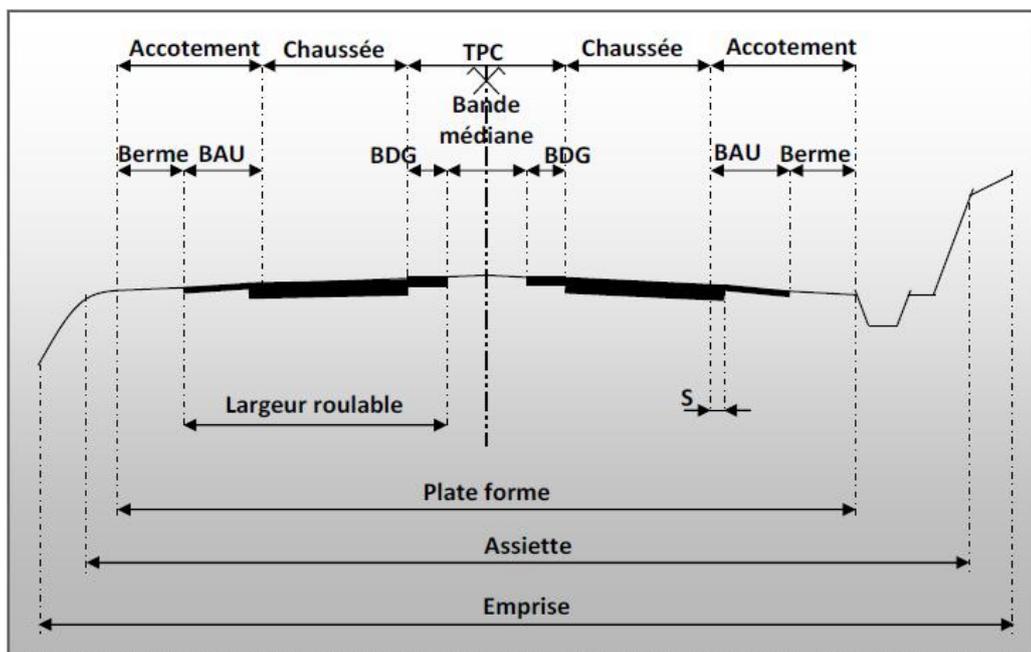
### I.5.2.2 Profil en travers courant

Ce sont des profils dessinés à des distances régulières qui dépendent du terrain naturel (relief plat, vallonné ou accidenté/montagneux).

### I.5.3 Eléments géométriques d'un profil en travers

Les principaux éléments géométriques du profil en travers type sont présentés dans la [Figure I.9](#) :

- La « *chaussée* » : C'est la partie affectée à la circulation des véhicules.
- La « *largeur roulable* » : Elle comprend les sur largeurs de la chaussée, la chaussée et la bande d'arrêt.



**Figure I.9** – Eléments géométriques d'un profil en travers.

- La « *plate forme* » : C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes des talus de remblais, comprenant la chaussée et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêts.
- L'« *assiette* » : C'est la surface de la route délimitée par les terrassements.
- L'« *emprise* » : C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (talus, Chemins de désenclavement, exutoires, etc.) limitées par le domaine public.
- Les « *accotements* » : En dehors des agglomérations, les accotements sont dérasés. Ils comportent Généralement les éléments suivants : une bande de guidage, une bande d'arrêt et une berme extérieure.
- Le « *terre-plein central* » ou le « *TPC* » : Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend les sur largeurs de la chaussée (bande de guidage) et une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.
- Le « *fossé* » : C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et des talus et les eaux de pluie.

### I.5.4 Eléments d'assainissement de la plate forme d'une chaussée routière

L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et réaliser pour récolter et évacuer toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines (Figure I.10).

- L'« assèchement de la surface de circulation » : il peut se faire par des pentes transversales et longitudinales et par des fossés, cunettes et rigoles ;
- Le « drainage » : il s'agit des ouvrages enterrés récoltant et évacuant les eaux souterraines par l'installation des canaux souterrains ;
- Les « canalisations » : ce sont des ouvrages destinés à l'écoulement des eaux superficielles.

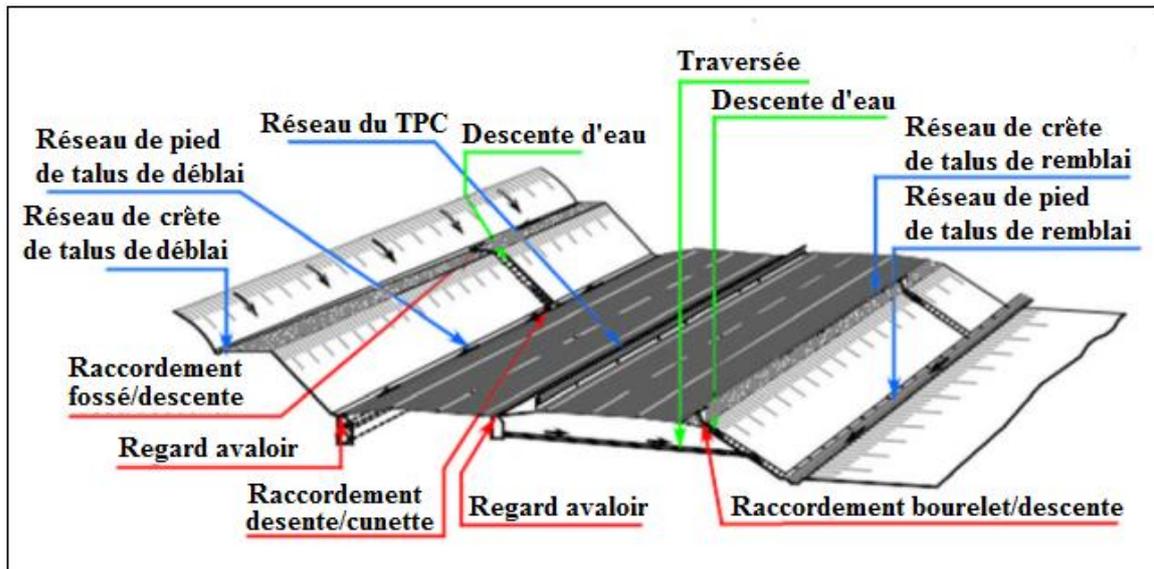


Figure I.10 – Élément d'assainissement de la plate forme d'une chaussée routière.

- Le « réseau de pied de talus de déblai » : En ce qui concerne les eaux superficielles, ce réseau récupère les eaux issues de la chaussée, de l'accotement et du talus, il est constitué d'un fossé peu profond, bétonné et aux formes de trapézoïdale pour améliorer la sécurité du talus. Dans le cas où les eaux de ruissellement sont collectées à différents niveaux sur le talus, le réseau comprend aussi des ouvrages de raccordement: descentes d'eau à cunette ou à collecteur.
- Le « réseau de pied de talus de remblai » : Ce type de réseau a deux fonctions différentes (i) de canaliser les eaux issues de la plate-forme jusqu'à l'exutoire (ii) et de collecter et canaliser vers un ouvrage de traversée les eaux de ruissellement sur le terrain naturel vers le remblai. En effet, dans les deux cas, et pour les consécutions d'entretien, le fossé est réalisé à une distance minimale de 1m du pied de talus. Pour des remblais de faible hauteur, sans glissière, il est recommandé d'adoucir le profil du fossé pour améliorer le comportement d'un véhicule qui quitterait la plate-forme. Dans certain cas la pente du talus peut également être adoucie pour améliorer la sécurité.
- Le « réseau de crête de talus de remblai » : Il a pour rôle d'éviter l'érosion du talus lorsque la chaussée est déversée vers l'extérieur. Le risque d'érosion augmente avec la hauteur et la pente des talus, il dépend également de la pluviosité locale, de la cohésion du sol et de la présence ou

de l'état de végétation. En principe, on prévoit un tel réseau dès que la hauteur du talus dépasse 2m dans les régions où les pluies ont une forte intensité, ou 4m dans les autres cas.

- Le « *réseau de crête de talus de déblai* » : Ce réseau ne se justifie que si le terrain naturel constitue, par sa pente et son étendue, un bassin versant dont l'apport d'eau risque de provoquer l'érosion du talus. Mal réalisé ou peu entretenus, ces ouvrages peuvent en effet compromettre la stabilité des talus. Leur réalisation doit donc rester exceptionnelle. Ce réseau doit être constitué d'un ouvrage entièrement revêtu, afin d'éviter les infiltrations dans le talus, et être implanté en léger retrait (1 à 2 m) par rapport à la crête du talus.

## I.6 Terrassements

### I.6.1 Définition

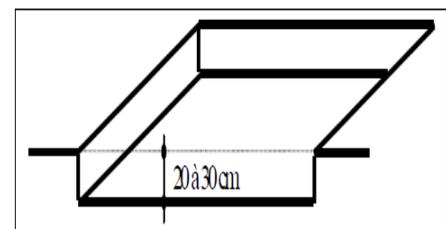
Le « *terrassement* » consiste, par définition, à modifier la topographie d'un site conformément aux indications prescrites par des plans. Ces modifications peuvent être *modestes* (excavation requise pour installer des fondations superficielles d'un bâtiment), *linéaires* (aménagement d'une structure routière, construction d'une digue) ou *complexes* (construction des approches d'un échangeur routier multiple).

La construction d'une route exige la mise en forme de l'assise et de la plateforme qui vont recevoir le corps de chaussée et les équipements y afférents, cette mise en forme nécessite des opérations appelées « *Terrassements* ». Le fait de « *terrasser* » est un travail composite pouvant comprendre l'extraction de matériaux, au compactage, avec peut être du décapage de la terre végétale, et de la mise en dépôt des terres. Il n'existe pas un seul matériau à terrasser mais plusieurs sortes possibles : Rochers, terre, gravier, sable, limon, argile... etc. Cependant, il est à noter que les modes de quantification pour la facturation sont fonction du type de terrassement, de la nature du terrain, des dimensions des fouilles et de l'accessibilité du site.

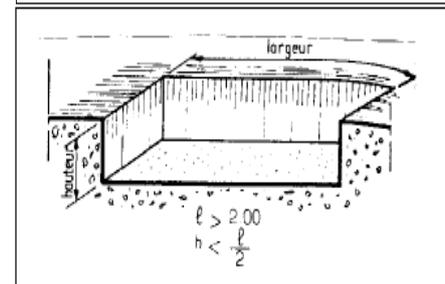
### I.6.2 Types de terrassements

Plusieurs types de terrassement (Figures I.11, I.12, I.13, I.14, I.15 et I.16) peuvent être distingués à savoir :

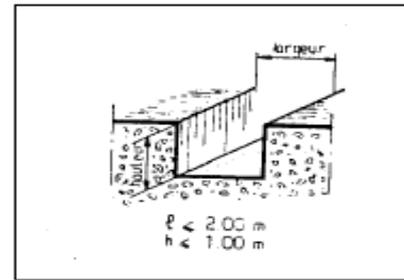
**Figure I.11** – Décapage en surface (décapage de la terre végétale) : L'épaisseur de la couche à décapier varie de 20 à 30 cm. On quantifie souvent ce décapage en m<sup>2</sup>.



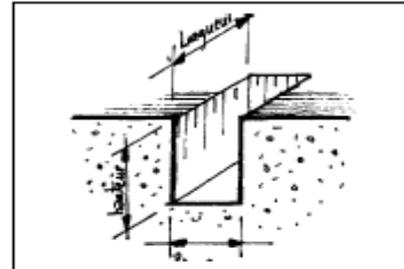
**Figure I.12** – Fouilles en pleine masse ou en excavation : Il englobe des travaux d'envergure aussi bien en surface qu'en hauteur.



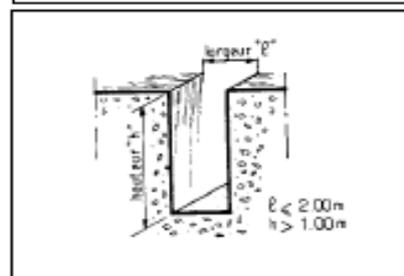
**Figure I.13** – Fouilles en rigoles pour fondations : Elles correspondent aux semelles filantes (fondations sous les murs et les voiles de l'ouvrage). La quantifiées se fait en  $m^3$ .



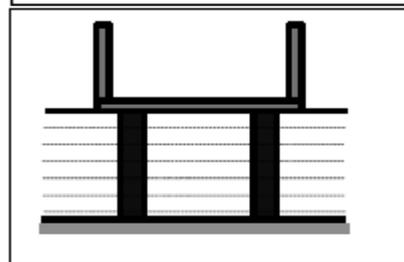
**Figure I.14** – Fouilles en trous pour fondations : Elles correspondent aux semelles isolées (ex: fondations sous les poteaux, sous les murs isolés de petites dimensions).



**Figure I.15** – Fouilles en tranchées : Elles sont réalisées en général pour la pose de canalisations.

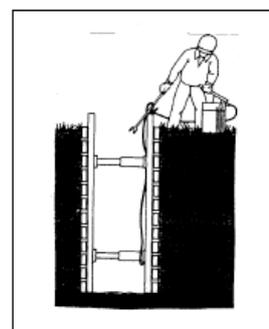
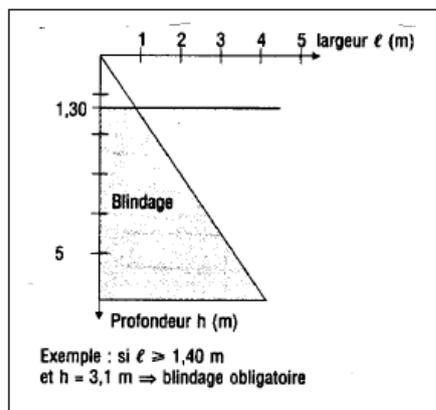


**Figure I.16** – Fouilles en puits : Ces fouilles permettent la réalisation de fondations semi-profondes qui transmettent les charges de l'ouvrage sur un sol approprié.



### I.6.3 Le Blindages des fouilles

La hauteur parfois importante de ces terrassements impose la mise en place d'un blindage. En règle générale, le blindage est requis à partir d'une profondeur de 1.30 m pour les tranchées de largeur inférieure à 1.00 m (Figure I.17).



**Figure I.17** – Conditions générales pour la mise en place d'un blindage.

Les types de blindages utilisés pour la stabilisation des fouilles vis-à-vis de l'effondrement sont les parois berlinoises, parois moulées, rideaux de palplanches, parois clouées, ...etc.

#### I.6.4 Terrassement en présence d'eau

La présence d'eau dans les sols modifie de manière non négligeable ses caractéristiques et les modes de terrassements pour cela il faut :

- Collecter les eaux de ruissellement ;
- Pomper les venues d'eau (faible) ou drainer ;
- Dans le cas de la présence d'une nappe phréatique permanente, il faut procéder à un rabattement de nappe.

#### I.6.5 Terrassement déblai/remblai

On distingue deux opérations majeures dans les activités de terrassement, le déblai et le remblai (Figure I.18).

- Le « *déblai* » consiste à retirer et à transporter sur le site du projet ou à l'extérieur de celui-ci, des sols décapés ou excavés « *le déblai consiste à enlever des terres* ».
- Le « *remblai* » consiste à transporter à partir du site du projet ou de l'extérieur de ce dernier (gite d'emprunt : terrain d'emprunt), des matériaux conformes à l'usage et aux spécifications techniques « *le remblai consiste à apporter des terres* ».

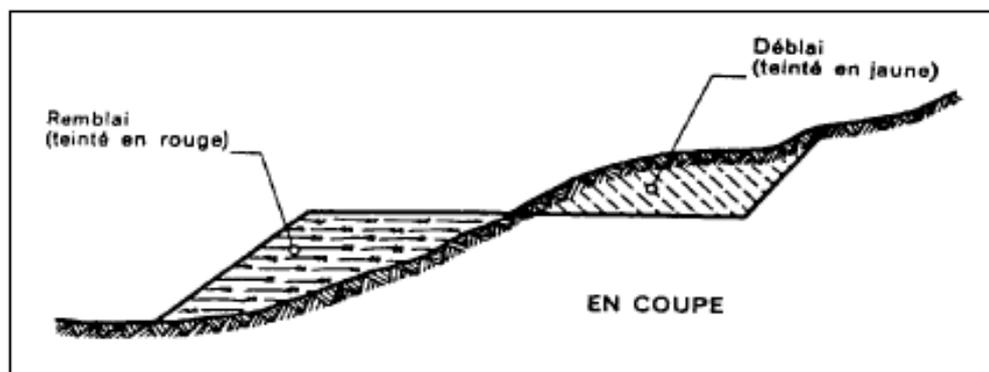


Figure I.18 : Terrassement déblai/remblai.

#### I.6.6 Travaux préparatoires avant terrassement

Avant d'entamer l'exécution des terrassements, des travaux préparatoires (préalables) doivent être effectués dont les plus importants sont :

- Débroussaillage ou bien abattage d'arbres (débroussaillage veut dire : décapage de la terre végétale) ;
- Décapage de la terre végétale et éventuellement tous les sols organiques ;
- Déplacements éventuels de réseaux existants (réseaux d'électricité, conduites d'eau, etc.) ;
- Installation du chantier ;
- Piquetage général (travaux topographiques pour le tracé en plan).

## I.6.7 Problème du foisonnement

### I.6.7.1 Définition

Lorsque l'on creuse en trou dans le sol, le volume apparent des déblais est supérieur au volume du trou. Si l'on remet les déblais en place et après compactage, l'on constate un excédent de matériaux. Ce phénomène de décompression des terres est appelé « *foisonnement* ».

### I.6.7.2 Types de volumes causés par un terrassement

Les différents types de volumes causés par un terrassement sont (Figure I.19) :

- Le « *volume en place* :  $V_p$  » : il correspond à l'état initial en place c'est-à-dire avant excavation ;
- Le « *volume foisonné* :  $V_f$  » : il correspond à l'état foisonné c'est-à-dire après excavation ;
- Le « *volume reconstitué* :  $V_r$  » : il correspond à l'état reconstitué ou compacté.

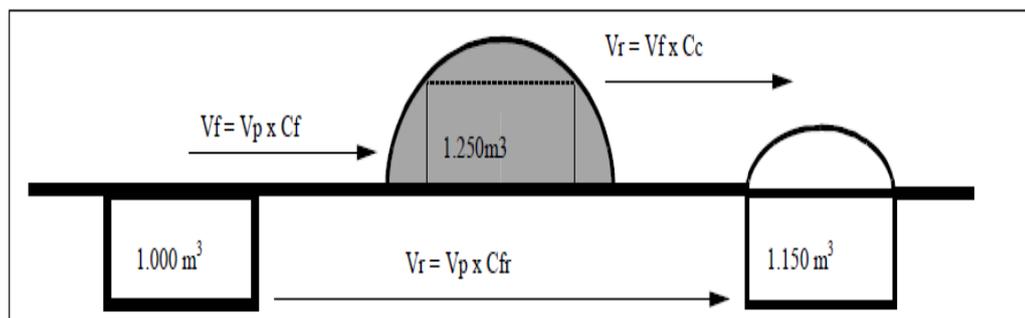


Figure I.19 – Différents types de volumes causés par un terrassement.

### I.6.7.3 Coefficients relatif au terrassement

- Le « *coefficient de foisonnement* :  $C_f$  » : Il permet d'évaluer le volume apparent foisonné «  $V_f$  » d'un terrain déplacé en fonction du volume en place «  $V_p$  » :

$$C_f = \frac{V_f}{V_p} \quad (\text{Eq. I.21})$$

- Le « *coefficient de compactage* :  $C_c$  » : 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. Il est rare d'obtenir un volume de terrain reconstitué «  $V_r$  » égal au volume initial en place «  $V_p$  » :

$$C_c = \frac{V_r}{V_f} \quad (\text{Eq. I.22})$$

- Le « *coefficient de foisonnement résiduel* :  $C_{fr}$  » : Si on substitue «  $V_f$  » de l'équation (I.21) dans l'équation (I.22) on obtient :

$$V_r = V_p * C_f * C_c \quad (\text{Eq. I.23})$$

Le coefficient de foisonnement résiduel est noté «  $C_{fr}$  » :

$$C_{fr} = C_f * C_c \quad (\text{Eq. I.24})$$

Ou encore :

$$C_{fr} = \frac{V_r}{V_p} \quad (\text{Eq. I.25})$$

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 bien précis. Cela évite les mouvements de terre inutiles et donc onéreux.

### I.6.8 Pente des talus

Pour obtenir un équilibre stable, nécessaire à la bonne tenue des terres en remblais et des tranchées, il convient de donner aux talus qui limitent ces terrassements une inclinaison convenable (Figure I.20). Cette pente peut se définir :

- Soit par la « *tangente de l'angle (pente)* » que fait ce talus avec l'horizontale (ex : talus à 4/5 ou à 0.80 m ou encore à 80%) ;
- Soit par la « *cotangente de l'angle (inclinaison)* » dont la valeur s'exprime généralement comme celle de la tangente par une fraction (ex : talus à 3/2, 1/1, 2/3,... etc.)

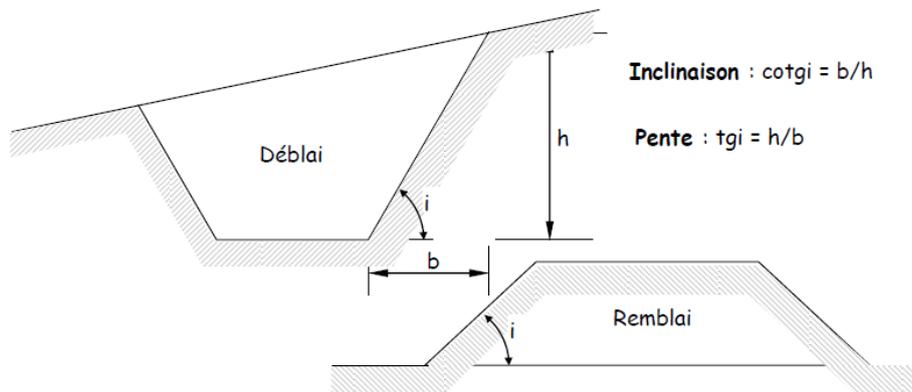


Figure I.20 – Stabilité ou équilibre des terres en remblais et des tranchées.

L'« *angle des talus : i* » doit toujours être inférieur à l'« *angle de frottement interne appelé :  $\phi$*  », ce dernier étant caractérisé par ce que l'on appelle la pente naturelle des terres, c'est à dire, l'inclinaison que prend un talus soumis à l'action des seuls agents atmosphériques. Cet « *angle de frottement interne* » dépend essentiellement de la nature du degré de consistance et de la teneur en eau du terrain.

En terrain meubles, le degré de consistance du terrain a une grande influence sur la valeur de l'« *angle  $\phi$*  », qui est plus grande pour les talus de déblais en terrain vierge (terrain naturel) que pour les talus de déblais en terrain rapporté et les talus de remblais. Cette différence tient au fait que le glissement, les unes sur les autres, des particules constituant une terre meuble, rencontre dans des terrains non fraîchement remués, une résistance distincte de celle provoquée par le frottement réciproque des particules. Cette résistance appelée « *Cohésion* ».

En ce qui concerne la « *teneur en eau* » du terrain, c'est un correctif important à la valeur de l'angle  $\phi$ , car elle facilite le glissement des particules les unes sur les autres, en adoucissant leur frottement, ce qui a pour effet de réduire sensiblement cet angle quand le degré d'humidité est élevé. Il faut signaler cependant que les sables humides possèdent une cohésion qu'ils n'ont pas quand ils sont secs ou immergés.

Compte tenu de ces considérations, il faut donc éviter de donner aux talus une pente plus raide que celle du talus naturel de la terre correspondante possédant un degré d'humidité identique. Pratiquement, la valeur «  $\phi$  » variant dans des limites assez étendues, il convient d'adopter pour les talus de terrassement les valeurs de l'angle «  $i$  » données dans le [Tableau I.9](#).

**Tableau I.9** – Quelques valeurs usuelles (Angle du talus naturel et Coefficient de foisonnement) de certains types de terrains (Remarque : les terrains sont classés selon les difficultés d'extraction).

| Désignation                   | Nature des terres | Angle du talus naturel | Coefficient de foisonnement |
|-------------------------------|-------------------|------------------------|-----------------------------|
| Terrain ordinaire             | Sable             | 10 à 25°               | 10 à 20 %                   |
|                               | Gravier           | 30 à 40°               | 25 %                        |
|                               | Terre végétale    | 30 à 50°               | 10 à 25 %                   |
| Terrain semi-compact ou moyen | Cailloux          | 40 à 50°               | 50 %                        |
| Terrain compact               | Argile            | 30 à 50°               | 25 %                        |
|                               | Marne             | 30 à 45°               | 25 %                        |
| Roches                        | Grès tendre       | 50 à 90°               | 50 %                        |
|                               | Roches diverses   | 50 à 90°               | Plus de 50 %                |

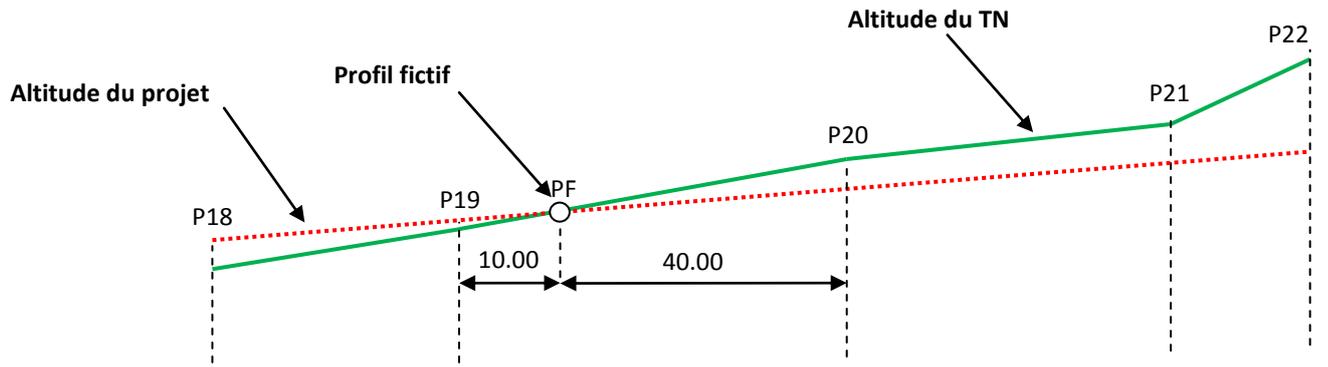
## I.7 Calcul des cubatures

### I.7.1 Rappel « profil en long »

- Le profil en long représente la section du sol et celle de la plate-forme de la voie de communication ou du bâtiment sur un plan vertical passant par l'axe du tracé développé ensuite sur un plan ([Figure I.21](#)).
- Les abscisses sont à l'échelle des longueurs, les distances comptées horizontalement suivant l'axe à l'origine du tracé.
- Les ordonnées sont à l'échelle des hauteurs, les altitudes comptées par rapport à un plan horizontal de référence (plan de comparaison)
- Orientation de la gauche vers la droite.

### I.7.2 Rappel « profil en travers »

- Ce sont des sections transversales du sol et de ses aménagements par des plans verticaux perpendiculaires à l'axe de la voie ou du bâtiment.
- Ces sections ne sont pas déformées, les échelles des longueurs et des hauteurs sont ici toujours les mêmes. Voilà un exemple du profil en travers ([Figure I.22](#)):



|                           |        |        |        |                  |
|---------------------------|--------|--------|--------|------------------|
| Distances partielles (PK) | 35.00  | 50.00  | 40.00  | 10.00            |
| Distances cumulées (PKC)  | 00.00  | 35.00  | 85.00  | 125.00           |
| Numéros des profils       | P18    | P19    | P20    | P21<br>P22       |
| Altitude du TN            | 210.00 | 212.50 | 215.00 | 217.50<br>220.50 |
| Altitude du projet        | 211.40 | 212.80 | 214.20 | 216.40<br>217.40 |
| Déclivités (pentes)       | -      | -      | -      | -                |
| Alignements               | -      | -      | -      | -                |

Figure I.21 – Terrassements selon le profil en long d'un projet routier.

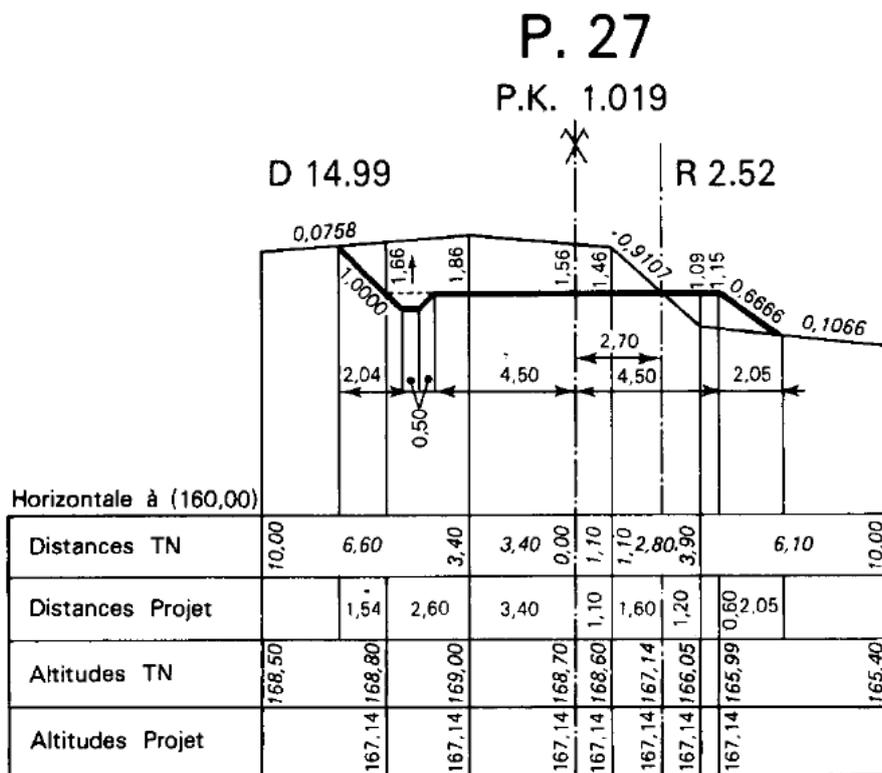


Figure I.22 – Terrassements selon le profil en travers d'un projet routier.

### I.7.3 Méthodes de 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. Cette évaluation se fait de l'origine du projet vers l'extrémité, ce qui amène depuis un profil en travers quelconque à dénommer le profil précédent « profil arrière » et le suivant « profil avant ». Il existe trois méthodes de calcul des cubatures à savoir :

- La méthode par le calcul des volumes élémentaires « des calculs longs et compliqués » ;
- La méthode des aires/sections moyennes « simple et facile » ;
- La méthode des profils « rarement utilisée ».

**Remarque :** dans ce chapitre, on va s'intéresser seulement à la méthode des aires moyennes ou sections moyennes.

### I.7.4 Calcul des cubatures par la méthode des aires moyennes

Cette méthode consiste à décomposer le profil en long en plusieurs profils transversaux là où on doit calculer les volumes de remblais ou de déblais entre deux aires (ou sections) consécutives (Figure I.23).

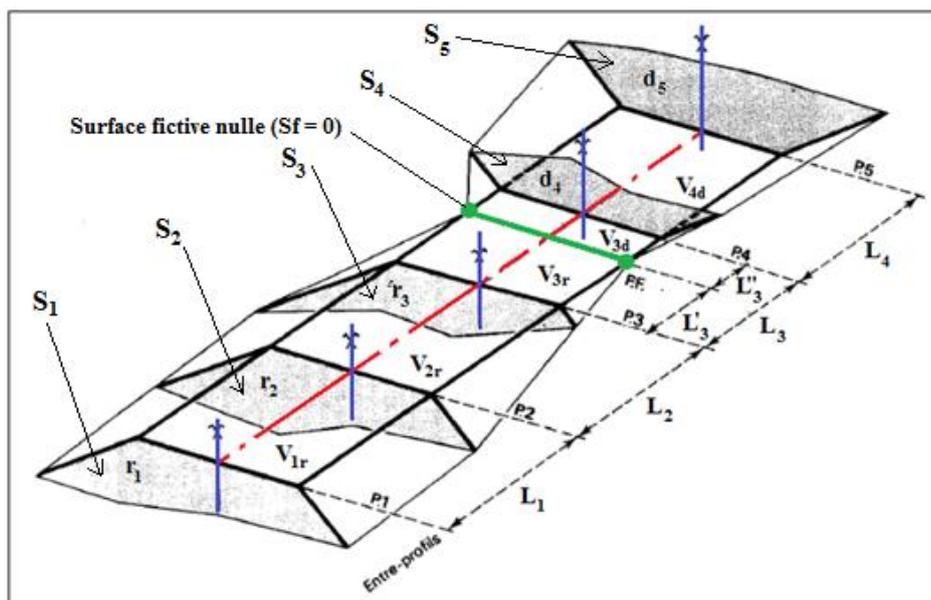


Figure I.23 – Calcul des cubatures par la méthode des aires (ou sections) moyennes.

#### I.7.4.1 Volume de remblais total « $V_{rt}$ »

On applique la formule des « 3 niveaux » sur la Figure I.23 pour calculer les volumes de remblais et de déblais. Ce volume de remblai total peut être évalué par les formules ci-dessous :

- Entre les deux profils P1 et P2 :

$$V_{1r} = L_1 * \frac{(S_1 + S_2)}{2} \quad (\text{Eq. I.26})$$

- Entre les deux profils P2 et P3 :

$$V_{2r} = L_2 * \frac{(S_2 + S_3)}{2} \quad (\text{Eq. I.27})$$

- Entre les deux profils P3 et PF :

$$V_{3r} = L'_3 * \frac{(S_3 + 0)}{2} \quad (\text{Eq. I.28})$$

- Volume de remblai total dans tous les profils :

$$V_{rt} = V_{1r} + V_{2r} + V_{3r} + \dots + V_{nr} \quad (\text{Eq. I.29})$$

#### I.7.4.2 Volume de déblais total « V<sub>dt</sub> »

Ce volume de déblais total peut être évalué par les formules ci-dessous :

- Entre les deux profils PF et P4 :

$$V_{3d} = L''_3 * \frac{(0 + S_4)}{2} \quad (\text{Eq. I.30})$$

- Entre les deux profils P4 et P5 :

$$V_{4d} = L_4 * \frac{(S_4 + S_5)}{2} \quad (\text{Eq. I.31})$$

- Volume de remblai total dans tous les profils :

$$V_{dt} = V_{1d} + V_{2d} + V_{3d} + \dots + V_{nd} \quad (\text{Eq. I.32})$$

## I.8 Conclusion

Le trafic routier et son importance dans le dimensionnement des structures de chaussées routières et ainsi que la classification, la géométrie des routes et le choix des itinéraires ont été largement présentés ci-dessus. Dans le « *chapitre II* » suivant, nous allons présenter les différents matériaux constituant les structures de chaussées routières, les méthodes utilisées pour leur dimensionnement et ainsi les processus de leur dégradation.