

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf - Mila
Institut des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Civil et Hydraulique



Polycopié de Cours

Voiries et Réseaux Divers (VRD)

Filière : Hydraulique
Spécialité : Hydraulique urbaine
Niveau : Master 2

Elaboré par :
LAIB Sara

Année universitaire : 2021-2022

Chapitre 1 : Les travaux de voirie

1. Voiries et Réseaux Divers (VRD) :

Les **VRD** sont l'ensemble des travaux qui ont pour objet de mettre le terrain en état de recevoir la construction et de raccorder les bâtiments aux réseaux de distribution collectifs de fluides et à la voirie publique. Cela concerne essentiellement les amenées **d'eau potable, de gaz, d'électricité, de téléphone** et les évacuations **d'eaux usées et pluviales, les voiries de desserte** et même **l'aménagement des espaces verts**.

2. Les travaux de voirie :

2.1. L'objectif de la voirie :

La voirie a pour but la desserte de zones urbaines, rurales, industrielles ou commerciales. Elle doit être étudiée de manière à remplir pleinement ce rôle. Le tracé, les caractéristiques dimensionnelles et la qualité de ses constituants sont déterminés en conséquence, tout en garantissant la sécurité à tous les utilisateurs.

La voirie participe également à l'aménagement des ensembles urbanisés : elle contribue à améliorer l'aspect du paysage, qu'il soit urbain ou rural.

2.2. La définition des travaux de voirie :

Les travaux de voirie portent sur l'ensemble des ouvrages réservés **à la circulation** de tous **les véhicules (voitures, poids lourds, transports en commun), des deux roues et des piétons**, ainsi que sur **les aires de stationnement**.



2.3. Le classement des voies :

Les voies sont classées selon trois critères : **le trafic** qu'elles reçoivent, **l'étendue des zones desservies** et **la typologie**.

2.3.1. Le trafic :

- ✓ Le trafic a une influence directe sur le dimensionnement de la chaussée et de sa fondation. Il est caractérisé par sa nature et son importance. Par convention, il est admis que le **Trafic moyen journalier annuel (MJA)** est déterminé par l'équivalence à **un nombre de poids lourds**.

✚ *Le trafic MJA est la **Moyenne par Jour sur une Année des passages de Poids Lourds PL** par sens.*

Administrativement, les **pooids lourds** sont définis de la manière suivante :

- En France, sont considérés comme **pooids lourds** tous les **véhicules** dont le **pooids total autorisé en charge (PTAC)** est supérieur à **35 kN**.
 - Dans la Communauté européenne, les **pooids lourds** correspondent à **tous les véhicules** de **charge utile (CU)** supérieure à **50 KN**.
- ✓ En retenant comme critère les **pooids lourd** de **charge utile** supérieure à **50 KN**, le **trafic** est regroupé en **sept classes** qui s'échelonnent de **T0** à **T6 (Tableau 1)**. Certaines d'entre elles sont divisées en **deux sous-classes**. À chaque extrémité du classement, existe une classification **hors classe** correspondant, d'une part, aux voies qui n'admettent aucune circulation (pistes cyclable, voies piétonnes, terrasses, etc.), et d'autre part, aux aires recevant des véhicules spécifiques (couloir d'autobus, sécurité incendie, etc.).

Tableau 1 : Les différentes classes et sous-classes de trafic.

Les classes de trafic	Nombre de pooids lourds ⁽¹⁾	Nombre total de véhicules légers ⁽²⁾	Exemples
Hors classe	0	0	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zones piétonnes et voies cyclables sans possibilité de circulation ou de stationnement de véhicules.
T6⁻	0 à 5	0 à 100	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Voies desservant de petits lotissements de villa, antennes ; ▪ Voiries urbaines réservées aux piétons.
T6⁺	5 à 10	100 à 200	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Voies desservant des lotissements, des zones tertiaires ; ▪ Voiries urbaines réservées aux piétons avec accès de véhicules.
T5	10 à 25	200 à 500	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Voies desservant des lotissements importants, des zones tertiaires ; ▪ Voiries urbaines réservées aux piétons avec accès de véhicules.
T4	25 à 50	500 à 750	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Voies desservant des lotissements industriels, voiries urbaines.
T3⁻	50 à 100	750 à 1 000	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Voiries urbaines ou routes.
T3⁺	100 à 150	1 000 à 1 500	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Voiries urbaines ou routes.
T2	150 à 300	1 500 à 3 000	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Voiries principales, routes.
T1	300 à 750	3 000 à 7 500	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Routes principales et autoroutes.
T0	750 à 2 000	7 500 à 20 000	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Routes principales et autoroutes.
Hors classe			<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sols industriels, couloirs réservés aux autobus.

⁽¹⁾ : Nombre de pooids lourds de charge utile supérieure à 50 kN, par jour et par sens.

⁽²⁾ : Nombre total de véhicules légers par jour.

- ✓ Connaissant le **nombre total de véhicules admis** quelle que soit leur nature, un **coefficient de conversion K** permet de déterminer la **classe de trafic** correspondante (Tableau 2).
- ✓ Cette étude porte plus particulièrement sur les **voies** qui **reçoivent moins de 150 pooids lourds par jour**, c'est-à-dire **au plus de classe T3⁺**.
- ✓ Fréquemment, les voies à trafic faible ou moyen sont de type mixte, sur lesquelles se côtoient tous les usagers: véhicules, cyclistes et piétons. **Les véhicules** qui peuvent emprunter la voirie sont les suivants : (*les pooids lourds, les autobus, les voitures légères, les engins de secours et les motos*).

- ✓ Dans les lotissements et les groupes d'habitation, les poids lourds n'utilisent qu'occasionnellement la voirie intérieure (camions de livraison ou de déménagement). **Des voies spécifiques**, destinées à une catégorie d'utilisateurs, peuvent également être réalisées : *pistes cyclables, chemins piétonniers, voies réservées aux engins de secours.*

Tableau 2 : Coefficient de correction K selon la nature du trafic.

Nature du trafic (MJA) ⁽¹⁾	Nombre total	Coefficient K
Essieux supérieurs à 90 kN	-	1
Poids lourds de charge utile supérieure à 50 kN	-	1
Poids lourds de charge totale autorisée supérieure à 35 kN	-	0,8
Véhicules légers	1 000 < n	0,1
	500 < n < 1 000	0,07
	n < 500	0,05

⁽¹⁾ : MJA est le trafic moyen journalier annuel dans chaque sens de circulation.

2.3.2. L'étendue et la nature de la zone desservie :

- ✓ **La voirie** est plus ou moins importante selon **les espaces** qu'elle dessert. Il en résulte une **hiérarchisation des voies** qui sont dimensionnées en conséquence.
- ✓ **Les voies de communication** relient plusieurs zones entre elles. **Leur dimensionnement** est en relation directe avec **l'importance du trafic induit**.
- ✓ **Les voies intérieures** sont empruntées par **les véhicules** dans l'emprise d'un secteur parfaitement délimité, qu'il soit réservé à *l'habitation, au commerce ou à l'industrie*. En principe, **elles** donnent **accès** à tous les tènements qui les bordent. Leurs caractéristiques **varient** selon **la nature de la circulation** qui doit les emprunter :
- Véhicules légers dans un groupe d'habitation ;*
 - Véhicules lourds dans une zone industrielle.*
- ✓ **L'aménagement** est complété par la réalisation **de placettes** et **de parcs de stationnement**. Certaines **voies** peuvent inclure **une** ou **deux bandes de stationnement** pour les voitures.

❖ **Exemple :**

Dans une zone à aménager, **la hiérarchisation des voies** peut être définie comme suit (Fig.1) :

- 1) **Les voies d'accès** qui sont raccordées sur la voirie extérieure et permettent de pénétrer dans le secteur concerné ;
- 2) **Les voies principales** qui assurent la circulation à l'intérieur de la zone ;
- 3) **Les voies secondaires** qui desservent les différents quartiers ;
- 4) **Les voies ou antennes de desserte**, selon qu'elles forment **une boucle** ou **sont en impasse**, permettant d'accéder aux différents lots ; le trafic automobile y est faible et à vitesse réduite ;
 - *Les aires de stationnement ;*
 - *Les aires de retournement* positionnées en extrémité des voies en impasse ;
 - *Les placettes ;*
 - *Les voies engins*, qui sont réservées aux interventions de première urgence (véhicules des pompiers). Elles doivent être dégagées en permanence ;

- Les voies et chemins piétonniers ;
- Pistes cyclables ;
- Les voies mixtes qui sont empruntées indifféremment par l'une ou l'autre des catégories d'utilisateurs.

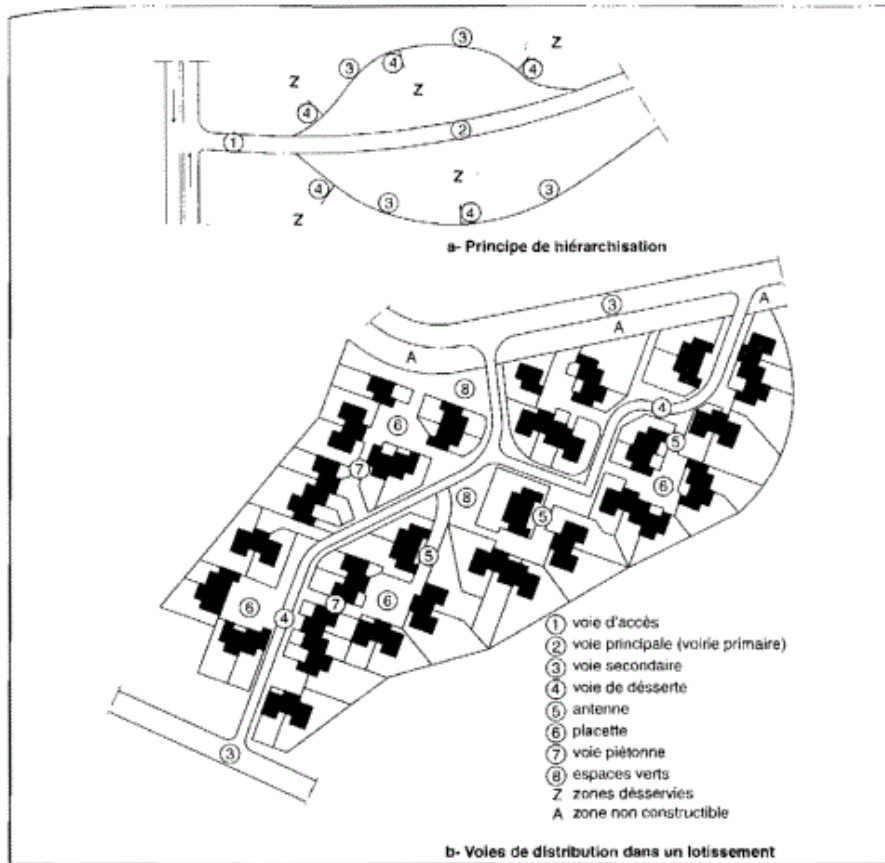


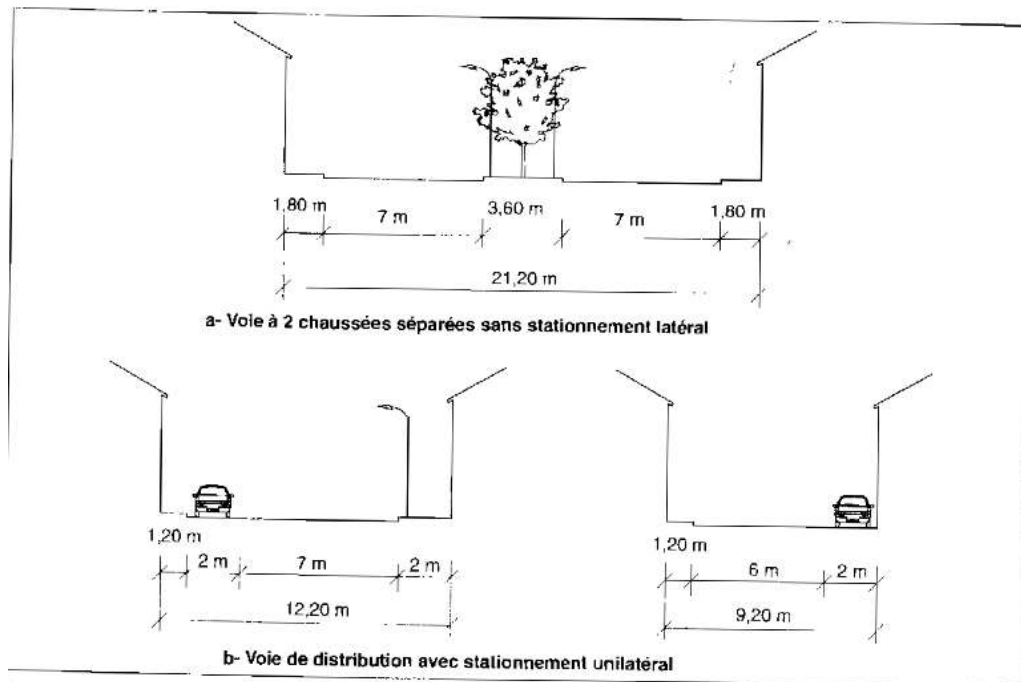
Fig .1: Hiérarchisation des voies.

2.3.3. La typologie :

La typologie des voies tient compte essentiellement de leurs **caractéristiques géométriques** : configuration, largeur des chaussées, terre-plein central, présence de trottoirs, de bandes de stationnement, etc. (Fig.2).

Les voies peuvent entrer dans l'une des catégories suivantes :

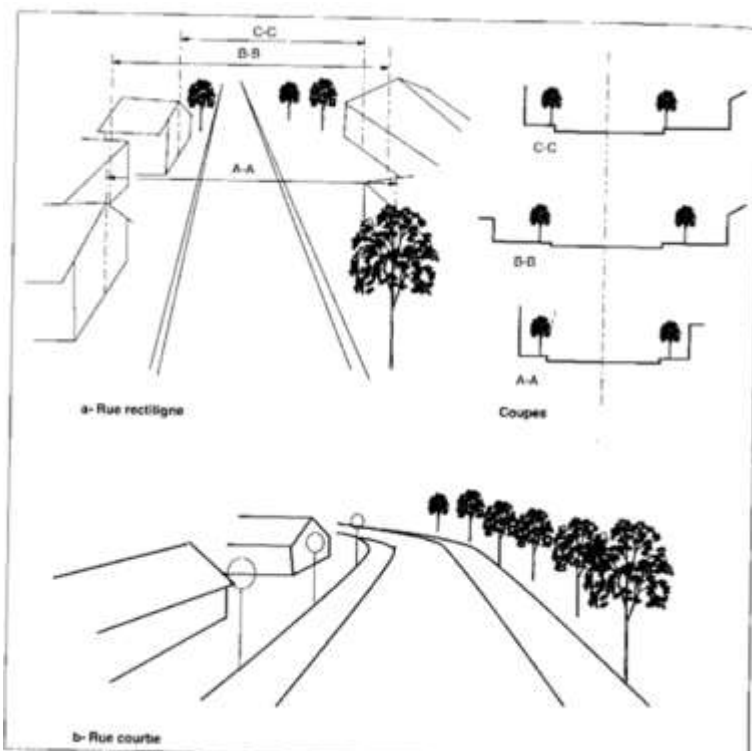
- à **chaussées indépendantes séparées** par un **terre-plein central** ; chaque chaussée est réservée à **un sens de circulation**, avec ou sans trottoir de part et d'autre et stationnement central ou latéral;
- à **double chaussée**, chacune étant réservée à **un sens de circulation**, avec ou sans trottoir de part et d'autre et stationnement latéral;
- à **chaussée à double sens**, avec ou sans trottoir de part et d'autre et stationnement central ou latéral.
- à **chaussée à sens unique**, avec ou sans trottoir de part et d'autre et stationnement latéral ;
- à **chaussée étroite**, avec ou sans trottoir et stationnement latéral.



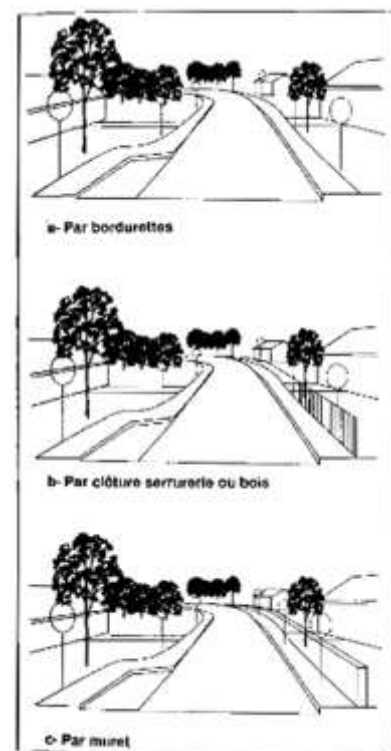
Fi.2: Typologie de voie.

2.4. Les caractéristiques de la voirie :

La voirie participe à l'aménagement et à l'aspect du paysage urbain ou rural. Droite ou en courbe, elle est dessinée en fonction de la disposition des lots et des bâtiments auxquels elle donne accès, qu'ils soient en bordure de la voie ou en retrait (Fig.3 et Fig.4).



Fi.3: Influence de la voirie sur la perception de l'aménagement.



Fi.4: Séparation espace public et espace privé.

Les voies sont constituées de **trois éléments géométriques** qui sont : *le tracé en plan*, *le profil en long* et *le profil en travers*.

2.4.1. *Tracé en plan* :

2.4.1.1. Définition :

Le tracé en plan d'un réseau de voirie est la **projection verticale** de l'espace occupé par ce réseau sur un **plan horizontal** (Fig.5). Il est constitué en général par **une succession des alignements droits** et **des arcs** reliés entre eux par **des courbes de raccordement** progressif.



Fig.5: Exemple d'un tracé en plan.

2.4.1.2. Règles à respecter dans le tracé en plan:

Pour faire un bon tracé en plan dans les normes on doit respecter certaines recommandations :

- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants ;
- Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant ;
- Éviter de passer sur des terrains agricoles et des zone forestières ;
- Éviter au maximum les propriétés privées ;
- Éviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques, si le franchissement est obligatoire essayer d'éviter les ouvrages biais ;
- Éviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.

2.4.1.3. Éléments du tracé en plan:

Un tracé en plan est constitué de trois éléments géométriques (Fig.6):

- *Des droites (alignements) ;*
- *Des arcs de cercle ;*
- *Des courbes de raccordement progressives.*

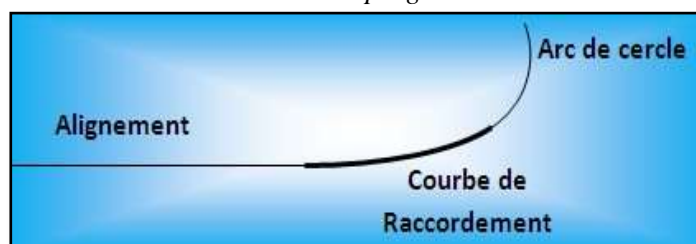


Fig.6. Eléments du tracé en plan.

a) Alignements droits :

Il existe **une longueur minimale** d'alignement L_{\min} qui devra **séparer deux courbes circulaires** de même sens, cette **longueur** sera prise égale à **la distance parcourue pendant 5 secondes** à la **vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercles**.

$$L_{\min} = 5 \times \frac{V_b}{3.6}$$

Avec, V_b : Vitesse de base en (km/h).

La **longueur maximale** L_{\max} est prise égale à **la distance parcourue pendant 60 secondes**.

$$L_{\max} = 60 \times \frac{V_b}{3.6}$$

b) Arcs de cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

- *Stabilité des véhicules en courbe ;*
- *Visibilité en courbe ;*
- *Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.*

b.1) Stabilité en courbe :

Dans **un virage de rayon R**, le véhicule **subit** l'effet de **la force centrifuge** qui tend à provoquer une instabilité du système.

Afin de réduire l'effet **de la force centrifuge**, on **incline** la chaussée **transversalement** vers **l'intérieur de la courbe** pour **éviter** le phénomène de **dérapiage** (glissement des véhicules) d'**une pente dite dévers** exprimée par **sa tangente**.

- **Remarque :**

- **Le dévers « d » ne doit pas être trop grand** (risque de glissement à faible vitesse par temps pluvieux ou verglas) ;
- **Le dévers « d » ne doit pas être trop faible** pour assurer **un bon écoulement** des eaux.

Ceci nous conduit à la série de couples (**Catégorie, d**).

Au dévers maximum (d_{\max}) correspond le rayon minimum absolu (RH_m).

- $d_{\max} = 7\%$ pour les catégories (1-2);
- $d_{\max} = 8\%$ pour les catégories (3-4);
- $d_{\max} = 9\%$ pour la catégorie 5.

✳ **Rayon horizontal minimal absolu :**

C'est le **rayon minimum** pour lequel **la stabilité** du véhicule est assurée, il ne faut **jamais descendre au-dessous** de cette valeur, et il est défini comme étant **le rayon de dévers maximal**.

$$RHm = \frac{V_b^2}{127 \cdot (f_t + d_{\max})}$$

Où : V_b : Vitesse de base (**km/h**) ;

f_t : coefficient de frottement transversal ;

✳ **Rayon minimal normal :**

Le rayon minimal normal (RHn) doit permettre à des véhicules dépassant V_b de 20 km/h de rouler en sécurité.

$$RHn = \frac{(V_b + 20)^2}{127 \cdot (f_t + d_{\max})}$$

✳ **Rayon au dévers minimal:**

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse V_b serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

$$RHd = \frac{V_b^2}{127 \times 2 \times d_{\min}}$$

✳ **Rayon minimal non dévers:**

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toit et le dévers est négatif pour l'un des sens de circulation, le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non déversé (RHnd).

$$RHnd = \frac{V_b^2}{127 \cdot 0,035} \quad \text{cat 1 - 2} \quad \text{et} \quad RHnd = \frac{V_b^2}{127(f'' - 0,03)} \quad \text{cat 3 - 4 - 5.}$$

avec $f'' = 0,07$ cat 3 et $f'' = 0,075$ cat 4 - 5.

❖ **Règles pour l'utilisation des rayons en plan :**

- Il n'y a aucun rayon inférieur à RHm, on utilise autant que possible des valeurs de rayon \geq à RHn ;
- Les rayons compris entre RHm et RHd sont déversés avec un dévers interpolé linéairement en $1/R$ arrondi à 0,5% près ;
- Les rayons compris entre RHd et RHnd sont en dévers minimal d_{\min} ;
- Les rayons supérieurs à RHnd peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage ;
- Un rayon RHm doit être encadré par des RHn.

- **Exemple :**

Pour un projet d'étude de la route situé dans **un environnement 2 (E12)**, et classé en **catégorie 1 (C1)** avec **une vitesse de base de 80 (km/h)**, le règlement (**B40**) préconise les **rayons** suivant :

Paramètres	symboles	valeurs
Vitesse (km/h)	V_B	80
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (7%)	250
Rayon horizontal normal (m)	RHN (5%)	450
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2.5%)	1000
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (-2.5%)	1400

b.2) Visibilité en courbe :

Un virage d'une route peut être masqué du côté **inférieur** de la **courbe** par un **talus de déblai**, ou par **une construction** ou **forêt**. Pour assurer une **visibilité étendue au conducteur** d'un véhicule, il va falloir **reculer le talus** ou **abattre les obstacles** sur une certaine largeur à déterminer. Au lieu de cela, **une autre solution** serait **d'augmenter le rayon** du virage jusqu'à ce que **la visibilité** soit assurée.

b.3) Sur largeur :

Inscription **des véhicules longs** dans les courbes de **rayon faible** :

Lorsqu'un véhicule circule dans une courbe, **il occupe une largeur plus grande que sur l'alignement droit** ; compte tenu de l'empattement du véhicule, les roues arrière n'épousant pas exactement le tracé de celles de devant.

Ce problème s'inscrit dans **les virages à faibles rayons** généralement **inférieurs à 200 m**, la **Sur largeur** sera toujours reportée à **l'intérieur de la courbe**.

La valeur de la **Sur largeur théorique S** nécessaire pour **une voie de circulation** :

$$S = L^2 / 2R$$

- L : longueur du véhicule (valeur moyenne **L = 10m**) ;
- R : rayon de l'axe de la route.

c) Courbes de raccordement :

Le fait que **le tracé** soit constitué **d'alignement** et **d'arc** ne suffit pas, il faut donc **prévoir des raccordements à courbure progressif**, qui permettent **d'éviter la variation brusque de la courbe** lors **du passage d'un alignement à un cercle** ou **entre deux courbes circulaires** et ça pour assurer :

- *La stabilité transversale du véhicule ;*
- *Confort des passagers du véhicule ;*
- *Transition de la forme de la chaussée ;*
- *Un tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.*

c.1) Type de courbes de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désirée, nous avons retenu les trois courbes suivantes :

- **Parabole cubique;**
- **Lemniscate;**
- **Clothoïde.**

c.1.1. Clothoïde :

La Clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine ou il infini jusqu'au point asymptotique ou il s'annule, la courbure de la clothoïde est linéaire.

Par rapport à la longueur de l'arc. Parcourue à vitesse constante, la clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

c.2) Expression mathématique de la Clothoïde :

La Courbure **K** linéairement proportionnellement à la longueur curviligne.

$$K = C.L = 1/R$$

On pose: $1/C = A^2 \Rightarrow L.R = A^2$

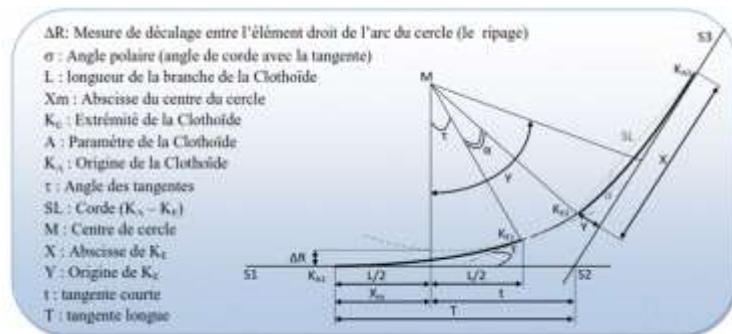


Fig.7. Elément de la Clothoïde.

c.3) Choix d'une Clothoïde doit respecter les conditions suivantes :

❖ **Condition optique :**

La Clothoïde doit aider à la lisibilité de la route on amorce le virage, la rotation de la tangente doit être $\leq 3^\circ$ pour être perceptible à l'œil.

❖ **Règle générale (B40):**

$L = \sqrt{24.R.\Delta R}$

$R \leq 1000m$	$\Rightarrow \Delta R = 0.5m \text{ à } 1m$
$1000 < R \leq 2000m$	$\Rightarrow \Delta R = 1m \text{ à } 1.75m.$
$2000 < R \leq 5000m$	$\Rightarrow \Delta R = 1.75m \text{ à } 2.5m.$
$R > 5000m$	$\Rightarrow \Delta R = 2,5m$

❖ **Condition de confort dynamique :**

Cette condition consiste à éviter la variation trop brutale de l'accélération transversale, est imposé à une variation limitée.

R : rayon en (m).

d : variation de dévers.

$$L < 0.2 \left(\frac{V_b^2}{3.6} \right) \left[\frac{V_b^2}{127.R} - \Delta d \right]$$

❖ **Condition de gauchissement :**

La demi-chaussée extérieure au virage de C.R est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule. Le raccordement doit assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation des dévers.

A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversé et de son axe de tel sorte que:

$$\Delta p < (0,5/V_B)$$

$$L \geq \frac{5 \cdot V_b \cdot \Delta d}{36}$$

- L : longueur de raccordement.
- l : largeur de la chaussée.
- Δd : variation de dévers.

2.4.2. Profil en long :

Le profil en long d'un réseau de voirie est une coupe longitudinale du terrain naturel sur un plan vertical portant les altitudes des points se trouvant sur l'axe du futur réseau projeté et celles du T.N correspondant.

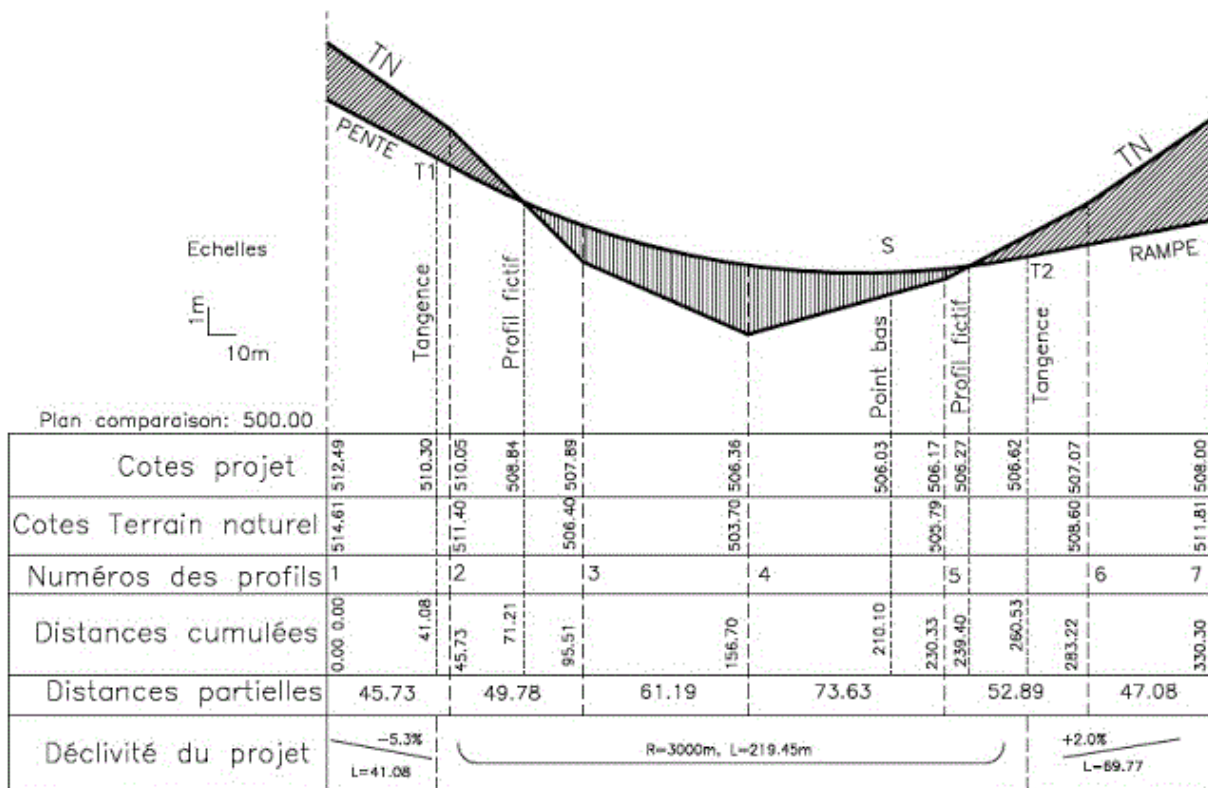


Fig.8. Profile en long.

2.4.3. Profil en travers :

Le **profil en travers** est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée.

Un projet routier comporte le **dessin** d'un grand nombre de **profils en travers**, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un **profil unique** appelé «profil en travers type» contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (**largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc....**).

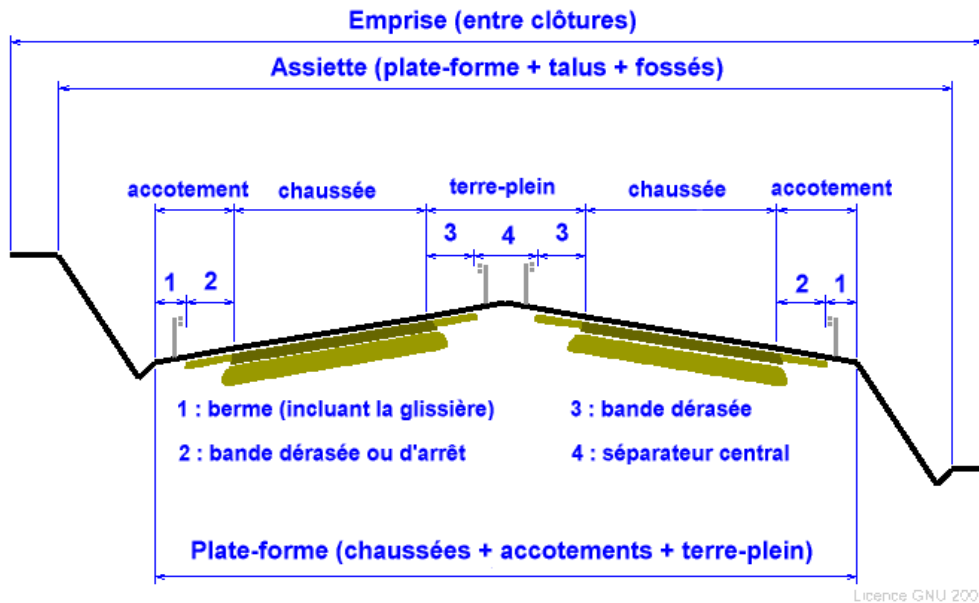


Fig.9. Profil en travers.

2.5. Les différentes couches de la chaussée :

En général, on rencontre **les couches** suivantes à partir du sol (Fig. 10) :

- *Couche de forme* ;
- *Couche de fondation* ;
- *Couche de base* ;
- *Couche de surface*.

Les couches de fondation, de base et de surface constituent la structure de la chaussée, la **couche de forme** ainsi que **la PST** font référence au terrassement.

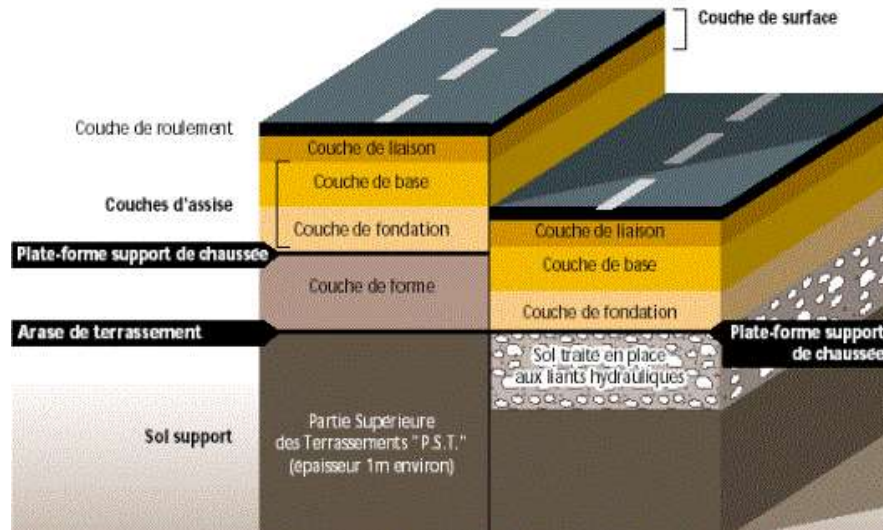


Fig.10. Les différentes couches qui constituent la structure de la chaussée.

2.6. Les différentes structures de chaussées :

Selon le fonctionnement mécanique de la chaussée, on distingue généralement les trois différents types de structures suivants :

- Chaussées souples ;
- Chaussées semi-rigides ;
- Chaussées rigides.

2.6.1. Les chaussées souples :

C'est une structure de chaussée dans laquelle **l'ensemble des couches liées** qui la constituent **sont traitées aux liants hydrocarbonés**.

La couche de fondation et/ou la couche de base peuvent être constituées de grave non traitée.



Fig.11. Chaussée souple.

2.6.2. Les chaussées semi-rigides :

Elles comportent **une couche de surface bitumineuse** reposant sur **une assise en matériaux traités aux liants hydrauliques** disposés en **une couche (base) ou deux couches (base et fondation)**.

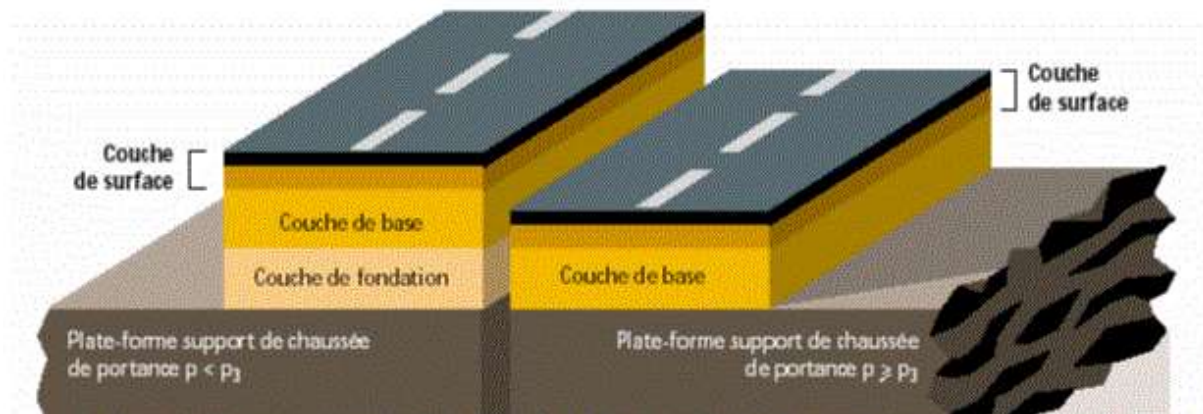


Fig.12. Chaussées semi-rigides.

2.6.3. Les chaussées rigides :

Une **chaussée rigide** est constituée d'un revêtement en béton de ciment pervibré ou fluide. En règle générale, une chaussée en béton comporte, à partir du sol, les couches suivantes :

- ✓ Une couche de forme ;
- ✓ Une couche de fondation ;
- ✓ Une couche de roulement en béton de ciment.

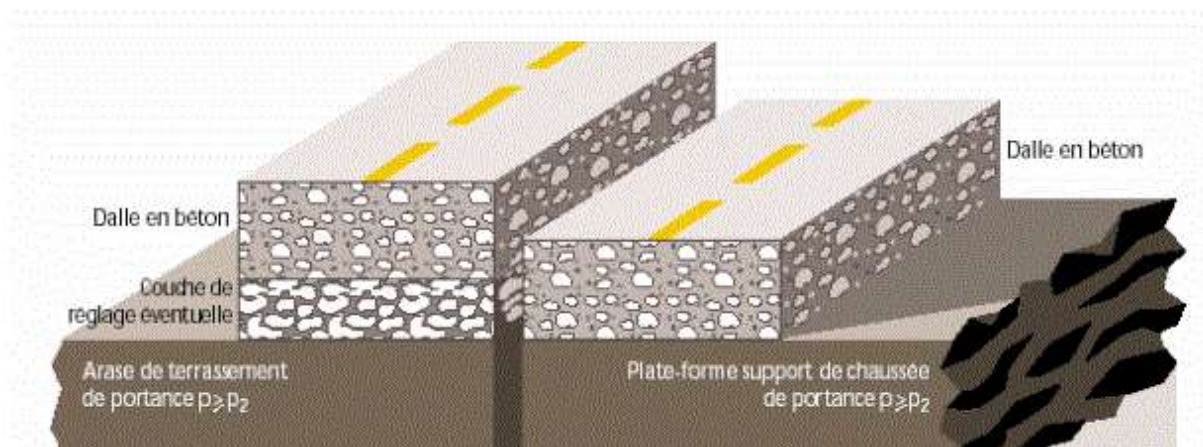


Fig.13. Chaussées rigides.