

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

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou  
Faculté du Génie de la construction  
Département de Génie-civil



***POLYCOPIE DE COURS***

***Routes I***

**3<sup>eme</sup> année, licence**

**Spécialité : Travaux publics**

**Dr Nassima KHAL**

# Sommaire

Préambule

Introduction générale

Chapitre I : Caractéristiques générales de la circulation routière : .....	1
I.1. Historique et intérêts socio-économique : .....	1
I.1.1. Le réseau routier en Algérie: .....	2
I.2. Le trafic routier : .....	3
I.2.1. Différents types de trafics : .....	3
I.2.2. Analyse du trafic : .....	5
I.2.3. Indicateurs de trafic : .....	5
I.2.3.1. Le trafic journalier moyen annuel (T.J.M.A) : .....	5
I.2.3.2. L'unité de véhicules particuliers : .....	5
I.2.3.3. Les trafics aux heures de pointe : .....	5
I.3. Classification des routes : .....	5
I.4. Environnement de la route : .....	6
I.4.1. La dénivelée moyenne cumulée: .....	6
I.4.2. Sinuosité moyenne : .....	7
I.5. Capacité de la route: .....	7
I.5.1. Procédure de détermination de la capacité de la route (nombre de voies): .....	8
Chapitre II : Mouvement des véhicules	
II.1. Eléments de circulation : .....	11
II.1.1. Le conducteur : .....	11
II.1.2. Le véhicule : .....	12
II.2. Mouvement du véhicule isolé : .....	12
II.2.1. Effort moteur et résistance au mouvement: .....	12
II.2. Adhérence et freinage: .....	15
II.2.3. Distance d'arrêt 'd <sub>1</sub> ': .....	17
II.3. Mouvement des véhicules groupés : .....	18
II.3.1. Distance de sécurité entre deux véhicules d': .....	18
II.3.2. Distance nécessaire pour exécuter un dépassement : .....	19
II.3.3. Possibilité de dépassement : .....	20
II.3.4. Distance de visibilité de dépassement et de manœuvre de dépassement : .....	21
Chapitre III : Caractéristiques géométriques des routes .....	23
III.1. Principes généraux de construction : .....	23
III.1.1. Influences naturelles : .....	24
III.1.2. Influences techniques et économiques : .....	24
III.1.3. Sécurité d'exploitation et confort : .....	24
III.2. Éléments constituant la route (caractéristiques géométriques) : .....	25
III.2.1. Tracé en plan : .....	25
III.2.1.1. Alignements droits : .....	26

III.2.1.2. Arc de cercle : .....	26
III.2.1.3. Raccordement à courbures progressives : .....	30
III.2.1.3.1- Longueur de la courbe de raccordement : .....	30
III.2.1.3.2- Type de courbes de raccordement : .....	32
III.2.2. Profil en long : .....	35
III.2.2.1. Déclivités : .....	36
III.2.2.1.1. Valeurs extrêmes des déclivités : .....	36
III.2.2.2. Raccordement en profil en long : .....	37
III.2.2.2.1. Raccordements convexes : .....	37
III.2.2.2.2. Raccordements concaves: .....	38
III.2.2.2.3. Rayon de courbure en profil : .....	38
III.2.2.2.4. Détermination pratique des éléments de raccordement en PEL : .....	40
III.2.2.3. Coordination du tracé en plan et profil en long (TEP-PEL) : .....	43
III.2.3. Profil en travers : .....	45
III.2.3.1. Les types de profil en travers : .....	45
III.2.3.1.1 Profil en travers type : .....	45
III.2.3.1.2 Profil en travers courant : .....	45
III.2.3.2. Les éléments de profil en travers : .....	46

Conclusion générale

Références bibliographiques

# Préambule

Le présent cours intitulé « Routes I » est destiné aux étudiants en 3<sup>ème</sup> année licence, dans la spécialité des travaux publics, du département du Génie-civil, de la faculté du Génie de la construction. Il regroupe des exigences réglementaires dans le domaine de la conception routière, tant du point de vue du conducteur que du véhicule et de la route.

Le cours est scindé en trois chapitres, le premier portant sur les caractéristiques générales de la circulation routière, le second, sur mouvement des véhicules et enfin, les caractéristiques géométriques des routes, ces chapitres permettent d'acquérir des connaissances sur la conception routière et les compétences en matière d'utilisation des normes en vigueur, chaque chapitre est traité à travers des séquences pédagogiques, permettant l'assimilation des concepts prévus, cette assimilation est consolidée par des applications, où ces notions sont mises en œuvre.

La compétence visée par ce cours, dans son ensemble, est «d'initier l'étudiant à se familiariser avec les règles de conception et de réalisation des routes, conformément aux normes en vigueur».C'est une performance complexe, qui est construite progressivement en maîtrisant des savoirs, en mettant en œuvre des savoir-faire et en le faisant avec un savoir-être de professionnel.

Le cours « Routes I », vise à:

➤ **En termes de connaissances :**

- A faire apprendre les notions de base sur les principales caractéristiques des routes.
- A déterminer les puissances des véhicules, ainsi que les différentes distances nécessaires que les conducteurs devaient connaître.
- A faire connaître les caractéristiques géométriques des routes

➤ **En termes de savoir-faire :**

- A entraîner l'étudiant sur l'application des normes en vigueur, de conception des routes.
- A élaborer le dimensionnement des routes.

- **En termes de savoir-être**, sensibiliser au respect des exigences dictées par l'économie, la sécurité et l'environnement.

# Introduction générale

- Les infrastructures routières doivent supporter un volume important de transport, soit de marchandises ou bien de passagers, ce qui les rend très importantes pour le développement socio-économique des pays, ces infrastructures doivent connaître une étude efficace obéissante aux différents critères, normes et concepts tels que le plus connu « le développement durable ».

- Ces normes doivent être appliquées par tous projeteurs routiers, qui doivent prendre en considération l'unité physique qui constitue, pour l'ensemble routier : « Route – Véhicule – Conducteur », dans le but de mieux satisfaire à l'objectif auquel doit répondre l'infrastructure routière, soit, assurer un écoulement de trafic avec le maximum de sécurité et de confort pour les personnes et le matériel, tout en satisfaisant trois critères : économique, social et environnemental.

- Dans ce contexte, Ce cours, a pour objectif principal, de définir normes en vigueur de dimensionnement des routes, qu'un étudiant inscrit en travaux publics devrait connaître. Afin d'atteindre l'objectif fixé, ce cours, regroupe les parties suivantes :

- Une introduction
- chapitre I : Caractéristiques générales de la circulation routière
- chapitre II : Mouvement des véhicules
- chapitre III : Caractéristiques géométriques des routes
- Enfin, une conclusion générale

## Chapitre I

### Caractéristiques générales de la circulation routière

#### I.1. Historique et intérêts socio-économique

- L'histoire de la route est indubitablement attachée au développement de l'humanité et des civilisations. Il est important de noter que l'histoire nous confirme que de nombreuses civilisations aux visées expansionnistes ont appuyé leur développement sur une maîtrise de la communication en général, et des infrastructures routières en particulier.

- Depuis l'Antiquité, les routes ont permis d'accélérer les liaisons terrestres de toutes natures.

L'exemple de la route de la soie, des routes romaines demeure important, alors qu'encore au début du 17<sup>ème</sup> siècle, le transport terrestre se faisait avec des bœufs et des chevaux.

Vers le 17<sup>ème</sup> et 18<sup>ème</sup> siècle, la route est entrée dans sa modernité avec des largeurs de 4 mètres avec un assainissement (fossés), un devers et toujours des structures en pierre, gravillons.

À la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, le choix du tracé va dans le sens de la recherche du plus court chemin possible et la limitation des rampes (traction animal).

Une ère de construction intense dans le domaine routier est apparue au début du 20<sup>ème</sup> siècle, avec le développement du moteur à explosion. Des projets énormes ont été réalisés au lendemain de la deuxième (2<sup>ème</sup>) guerre mondiale avec le développement des machines.

- Aujourd'hui, le réseau routier reste le symbole de développement d'un pays, les infrastructures de transport routières jouent un rôle très important et un moteur efficace non seulement pour les différentes communications et les différents échanges entre les populations mais aussi elle favorise l'implantation des activités économiques et industrielles tout en visant essentiellement à améliorer l'équilibre fonctionnel des espaces régionaux par rapport aux revendications des acteurs territoriaux.

#### I.1.1. Le réseau routier en Algérie:

L'étendue géographique de l'Algérie et l'importance des échanges de personnes et de marchandises confèrent au secteur des transports un rôle déterminant dans le développement socio-économique. Le réseau routier, assure à lui seul près de 90% du volume des échanges, dont le plus important est enregistré sur le réseau économique de base (autoroutes, routes nationales et chemins de wilaya).

Le réseau routier national comptait à l'année 2016 un linéaire de 112 696 Km de routes réparties selon le tableau 1.

*Tableau I.1: réseaux routiers en Algérie*

Routes nationales (R.N)	<b>29 280 Km</b>
Chemins de wilayas (C.W)	<b>23771 Km</b>
Chemins communaux (C.C)	<b>59 645 Km</b>
Ouvrages d' Art (O.A)	<b>4 910 OA</b>

# Chapitre I : Caractéristiques générales de la circulation routière

Ce réseau reflète dans sa configuration à la fois les principaux pôles de développement très concentrés sur la frange Nord, mais aussi la spécificité de la géographie du pays. Il suit assez correctement les villes et l'implantation des populations.

Les principaux axes structurants sont :

- L'Autoroute Est-Ouest de 1216 km ;
- La Rocade Autoroutière des Hauts plateaux de 1020 km ;
- Les 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> Rocades Autoroutières d'Alger ;
- Les liaisons Express ports-Autoroutières Est-Ouest ;
- Les pénétrantes Nord-Sud.

Le schéma directeur routier et autoroutier 2005/2025 est le référentiel de développement à court, moyen et long terme des infrastructures routières et autoroutières découlant d'une vision globale et d'une planification stratégique à l'horizon 2025, répartie sur quatre principales phases :

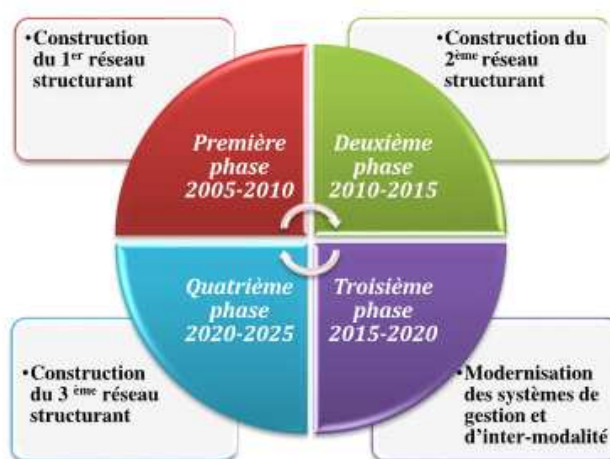


Figure I.1 : Schéma directeur routier et autoroutier algérien

## I.2. Le trafic routier :

C'est l'ensemble des véhicules qui passent un point donné, dans une unité de temps sur la route. Les véhicules routiers sont les automobiles, les camions, tracteurs,....Les véhicules sont classés comme suit :

Tableau I.2: Classes des véhicules

Classe	Nature des véhicules
P1	Véhicules particuliers
P2	Véhicules utilitaires (camionnettes)
P3	Bus
P4	Camions à deux essieux
P5	Camions à trois essieux
P6	Véhicules articulés (à remorques)

## Chapitre I : Caractéristiques générales de la circulation routière

### - La vitesse de référence :

Elle est dénommée aussi vitesse de circulation ou de base, c'est une vitesse prise pour établir un projet de route, elle est le critère principal pour la détermination des valeurs extrême des caractéristiques géométriques et autres intervenants dans l'élaboration du tracé, et est fixée d'après les conditions géographiques et l'importance de la liaison. Elle dépend de :

- Type de route
- Importance du trafic
- Topographie
- Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

### I.2.1. Différents types de trafics :

**a) Trafic normal :** C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau projet.

**b) Trafic induit :** C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.

**c) Trafic dévié :** C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. La déviation du trafic n'est qu'un transfère entre les différents moyens d'atteindre la même destination.

**d) Trafic total :** C'est le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme de trafic induit et le trafic dévié.

L'accroissement du trafic pose des problèmes très complexes et intervient surtout pour la détermination des caractéristiques des profils en travers et du dimensionnement du corps de chaussées.

Pour les calculs de trafic, on ne considère que les poids lourds dont la charge utile est supérieure à 5 tonnes et on définit les classes de trafic suivantes :

*Tableau I.3: Classes de trafics*

Classe	Trafic (PL/Jour) sur la voie la plus chargée
T0	750 à 2000
T1	300 à 750
T2	150 à 300
T3	50 à 150
T4	25 à 50
T5	0 à 25

### I.2.2. Analyse du trafic :

L'analyse du 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

## Chapitre I : Caractéristiques générales de la circulation routière

approche essentielle de la conception des réseaux routiers. Les éléments de cette analyse sont multiples : Statistiques générales, comptages sur routes (manuels, automatique) et les enquêtes de circulation.

### a) Les Comptages :

Correspondent à la mesure du nombre de véhicules et la composition du trafic routier. C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, on distingue deux types de comptage [1] :

- **Les comptages automatiques :**

Ils sont effectués à l'aide d'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**:

- **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.
- **Les comptages temporaires**, s'effectuent 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 tournants.

- **Les comptages manuels :**

Ils sont réalisés par les agents 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 en communs.

### b) La connaissance des flux (les enquêtes):

Il est plus souvent opportun de compléter les informations recueillies à travers des comptages par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux, on peut recourir en fonction du besoin, à diverses méthodes :

- **Enquêtes papillons ou distributions :**

Le principe consiste à délimiter le secteur d'enquête et à définir les différentes entrées et sorties, un agent colle un papillon sur le pare-brise de chaque véhicule (ou on distribue une carte automobiliste), sachant que ces papillons sont différents à chaque entrée, un autre agent identifie l'origine des véhicules en repérant les papillons ou en récupérant les cartes.

- **Relevé des plaques minéralogiques :**

On relève, par enregistrement sur un magnétophone, en différents points (à choisir avec soin) du réseau, les numéros minéralogiques des véhicules ou au moins une (de l'ordre de quatre à chiffres ou lettres), la comparaison de l'ensemble des relevés permet d'avoir une idée des flux.

- **Interview des conducteurs :**

Cette méthode est lourde et onéreuse mais donne des renseignements précis .On arrête (avec l'aide des forces de gendarmerie pour assurer la sécurité) un échantillon de véhicules en différents points du réseau et on questionne l'automobiliste (pendant un temps très court qui ne doit pas dépasser quelques minutes sous peines d'irriter l'utilisateur), afin de recueillir les données souhaitées (origine, motif, fréquence et durée, trajet utilisé). Ces informations s'ajoutent à celles que l'enquêteur peut relever directement tels que le type de véhicule

- **Les enquêteurs à domicile – Enquête ménage :**

Un échantillon de ménages sélectionné à partir d'un fichier fait l'objet d'une interview à son domicile par une personne qualifiée, le temps n'étant plus limité comme dans le cas des interviews le long des routes. On peut poser un grand nombre de questions et obtenir de nombreux renseignements, en général, ce type d'enquête n'est pas limité à l'étude d'un projet particulier, mais porte sur l'ensemble des déplacements des ménages dans une agglomération.

### **I.2.3. Indicateurs de trafic [2]:**

Les résultats d'analyse du trafic routier, sont exploités sous forme d'indicateurs, les plus couramment utilisés sont :

**I.2.3.1. Le trafic journalier moyen annuel (T.J.M.A) :** égal au trafic total de l'année, divisé par le nombre de jours.

**I.2.3.2. L'unité de véhicules particuliers :** En général par jour ou par heure, on tient compte de l'impact plus fort de certains véhicules : les poids lourds, en leur affectant des coefficients multiplicateurs.

**I.2.3.3. Les trafics aux heures de pointe :** Le trafic n'est pas constant tout au long de la journée, il existe des périodes plus ou moins creuses. Deux pointes bien marquées, principalement liées aux déplacements domicile/travail ; une le matin : heure de pointe du matin (HPM), et l'autre le soir : heure de pointe du soir (HPS).

### **I.3. Classification des routes :**

L'ensemble des itinéraires de l'Algérie peut être classé en cinq catégories fonctionnelles, correspondant aux finalités économiques et administratives assignées par la norme technique d'aménagement des routes en Algérie (B40) [3] :

- **Catégorie 1 :**

Liaison entre les grands centres économiques et les centres d'industrie lourde considérés deux à deux, et liaisons assurant le rabattement des centres d'industries et transformation.

- **Catégorie 2 :**

Liaison des pôles d'industries de transformation entre eux, et liaisons de raccordement des pôles d'industries légère diversifiées avec le réseau précédent.

- **Catégorie 3 :**

Liaisons des chefs lieux et daïra et des chefs lieux de wilaya, non desservis par le réseau précédent, avec le réseau de catégorie 1 et 2.

- **Catégorie 4 :**

Liaisons de tous les centres de vie qui ne sont pas reliés au réseau de catégorie 1-2 et 3 avec le chef lieu de daïra, dont ils dépendent, et avec le réseau précédent.

- **Catégorie 5 :**

Routes et pistes non comprises dans les catégories précédentes.

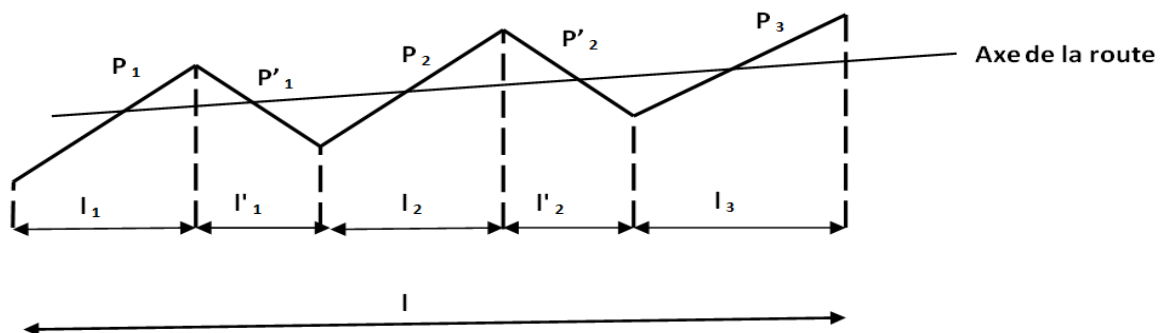
### I.4. Environnement de la route :

Trois classes d'environnements ( $E_1$ ,  $E_2$  et  $E_3$ ) ont été proposées dans le rapport la B20, [4] sur le cout d'aménagement et d'entretien. Ces classes dépendent de deux paramètres qui sont : **la dénivelée moyenne cumulée** et **la sinuosité**.

#### I.4.1. La dénivelée moyenne cumulée ( $\frac{h}{l}$ ):

C'est la somme des dénivelées cumulées, le long de l'itinéraire existant, rapportée à la longueur de cet itinéraire. Elle permet de mesurer la variation longitudinale du relief.

On considère le profil en long du terrain naturel suivant :



**Figure 1.2 :** Schéma de dénivelée moyenne

➤ Rampes :  $h_0 = P_1 l_1 + P_2 l_2 + \dots = \sum P_i l_i$  (  $P$  et  $P'$  de signes contraires).....(1)

➤ Pentés :  $h'_0 = P'_1 l'_1 + P'_2 l'_2 + \dots = \sum P'_i l'_i$  .....(2)

➤ La dénivelée cumulée est  $\frac{h}{l} = \frac{h_0 + h'_0}{l}$  .....(3)

-  $\frac{h}{l} < 1,5\% \Rightarrow$  terrain plat

-  $1,5\% < \frac{h}{l} < 4\% \Rightarrow$  terrain vallonné

-  $\frac{h}{l} > 4\% \Rightarrow$  terrain ou relief montagneux

## I.4.2. Sinuosité moyenne « $\sigma$ » :

La sinuosité  $\sigma$  d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse  $L_s$  sur la longueur totale de l'itinéraire  $L$ .

On considère le tracé en plan suivant :

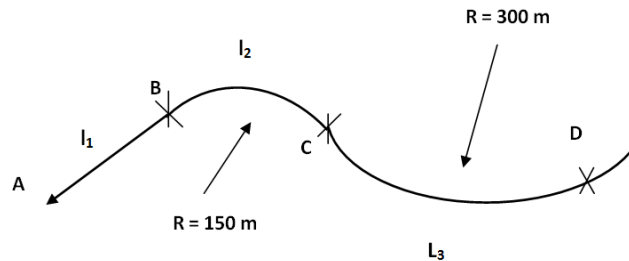


Figure I.3 : Schéma de Sinuosité moyenne

La sinuosité moyenne est donnée par :

$$\sigma = \frac{L_s}{L} \dots \dots \dots (4)$$

$L$  : longueur totale du tronçon,  $L = l_1 + l_2 + l_3$

$L_s$  : longueur totale des tronçons de rayon  $< 200$  m,  $L_s = l_2$

$$\sigma = \frac{l_2}{l_1 + l_2 + l_3} \dots \dots (5)$$

- $\sigma < 0,1 \Rightarrow$  faible sinuosité
- $0,1 < \sigma < 0,3 \Rightarrow$  sinuosité moyenne
- $\sigma > 0,3 \Rightarrow$  forte sinuosité

Le tableau ci-dessous donne la classification des environnements selon la norme technique d'aménagement des routes en Algérie (B40) [3] :

Tableau I.4 : Environnement de la route

$h/l$ \ $\sigma$	faible	moyenne	forte
Plat	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	-
vallonné	E <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
Montagneux	-	E <sub>3</sub>	E <sub>3</sub>

- **NB** : les définitions des profils en long, rampe et pente et du tracé en plan sont données dans le chapitre III du présent cours.

## I.5. Capacité de la route:

La capacité d'une route est le flux horaire maximum de véhicules qui peut passer en un point ou s'écouler sur une section de route uniforme pendant un temps donné, la capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

# Chapitre I : Caractéristiques générales de la circulation routière

## I.5.1. Procédure de détermination de la capacité de la route (nombre de voies):

Le choix du nombre de voies résulte de la comparaison entre l'offre et la demande, c'est à dire, le débit admissible et le trafic prévisible à l'année d'exploitation. Pour cela il est donc nécessaire d'évaluer le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon 'n'

- **Projection future du trafic (Calcul de TJMA horizon):**

La formule qui donne le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est :

$$TMJA_n = TMJA_0 (1 + \tau)^n \dots \dots \dots (6)$$

**TJMA<sub>n</sub>** : Le trafic à l'année horizon.

**TJMA<sub>0</sub>** : Le trafic à l'année de référence.

**τ** : taux d'accroissement du trafic (%).

**n** : Année horizon.

- **Calcul de trafic effectif 'T<sub>eff</sub>' :**

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particulier (UVP), en fonction de type de route et de l'environnement. Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les poids lourds. en (UVP).

Le trafic effectif est donné par la relation suivante :

$$T_{eff} = [(1 - z) + P \cdot Z] TMJA_n \dots \dots \dots (7)$$

**T<sub>eff</sub>** : trafic effectif à l'horizon en (U.V.P)

**Z** : pourcentage de poids lourds (%).

**P** : coefficient d'équivalence pour les poids lourds, il dépend de la nature de la route.

*Tableau I.5 : Valeurs du coefficient d'équivalence P*

Environnement	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
Route à bonnes caractéristiques	2-3	4-6	8-12
Route étroite	3-6	6-12	16-24

- **Débit de pointe horaire normale :**

Le débit de pointe horaire normal est une traction du trafic effectif à l'horizon, il est donné par la formule :

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) \cdot T_{eff} \dots \dots \dots (8)$$

**Q** : Débit de pointe horaire, exprimé en UVP/h

**n** : Nombre d'heure, (en général n=8 heures).

# Chapitre I : Caractéristiques générales de la circulation routière

$\frac{1}{n}$  : Coefficient de pointe pris égale 0,125.

$T_{\text{eff}}$  : trafic effectif

- **Débit horaire admissible :**

Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par application de la formule :

$$Q_{\text{adm}} \text{ (UVP/h)} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{\text{th}} \dots\dots\dots(9)$$

$K_1$  : coefficient lié à l'environnement.

$K_2$  : coefficient de réduction de capacité.

$C_{\text{th}}$  : capacité théorique par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable, (en UVP/h).

*Tableau I.6 : Valeurs du coefficient  $K_1$*

Environnement	$E_1$	$E_2$	$E_3$
$K_1$	0.78	0.85	0.90à0.95

*Tableau I.7 : Valeurs du coefficient  $K_2$*

Environnement	Vitesse de base= 40km/h	Vitesse de base= 60 km/h	Vitesse de base= 80km/h	Vitesse de base= 100km/h	Vitesse de base= 120km/h
$E_1$	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
$E_2$	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
$E_3$	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

*Tableau I.8 : Capacités théoriques du profil en travers en régime stable.*

Capacités théoriques ( $C_{\text{th}}$ ) en UVP/h									
Dégagement latéral	Largeur de chaussée unique								Deux chaussées: autoroute ou route express (2)
	4m	2 voies			3 voies		4 voies (1)		
		5m	6m	7m	9m	10,5m	12m	14m	
<b>1,80 et plus</b>	1100	1300	1600	2000	2600	3200	300 4500*	3400 5100*	1800 5400*
<b>1,20</b>	1000	1200	1500	1900	2400	3000	2950 4400*	3300 5000*	1750 5300
<b>0,60</b>	(x)	1100	1350	1700	2200	2700	2900 4300*	3200 4800*	1700 5100*
<b>0,00</b>	(x)	(x)	1200	1500	2000	2400	2650 4000*	3000 4500*	1500 4500*

- (1) : pour un sens de la circulation sur route à 2x2 voies ;  
Valeurs avec \* : capacité pour les deux sens  
(2) : capacité pour une seule voie de 3,50m ;  
Valeurs avec \* : capacité pour les deux sens réunis.  
(x) : capacité non applicable.

- **Calcul du nombre de voies :**

- **Cas d'une chaussée bidirectionnelle :** On compare  $Q$  à  $Q_{adm}$  et on prend le profil permettant d'avoir :

$$Q_{adm} \geq Q \dots \dots \dots (10)$$

- **Cas d'une chaussée unidirectionnelle :** Le nombre de voies par chaussée est le nombre le plus proche du rapport :

$$S \cdot Q / Q_{adm} \dots \dots \dots (11)$$

S : coefficient dissymétrie en général = 2/3.

### Exemple d'application au projet :

On se basant sur les résultats des comptages, et des prévisions en 2017 par le service concerné, pour estimer le trafic à l'horizon on fait une projection jusqu'à l'an 2040, tout en sachant que la durée de vie de notre projet est estimée à 20 ans, et sa mise en service est prévue pour l'année 2020.

Le trafic de l'année TJMA2017=4080 (v/j).

Le taux d'accroissement annuel du trafic  $\tau=4\%$ .

La vitesse de base sur le tracé  $V_B= 60$  Km/h.

Le pourcentage de poids lourd  $Z= 10\%$ .

L'année de mise en service : 2020.

La durée de vie de projet : 20ans.

Le coefficient d'équivalence :  $P=3$ .

L'environnement  $E_1$ .

**Rép :** Après calculs, et d'après le tableau I.8 de (B40), on prend :  $C_{th}=2000$  (UVP/h) qui correspond à une route de deux voies de 3,5 m .

## Exemple d'application au projet

### a) Projection future du projet :

- **L'année de mise en service (2020).**

$$TJMA_n = TJMA_0 (1+\tau)^n$$

$TJMA_n$  : le trafic à l'année horizon (année de mise en service 2020.)

$TJMA_0$  : le trafic à l'année de référence (origine 2017).

$$TJMA_n = (1+\tau)^n TJMA_{2017} \Rightarrow TJMA_{2020} = TJMA_{2017}(1+\tau)^3 = 4080(1+0,04)^3$$

$$TJMA_{2020} = 4590 \text{ (v/j).}$$

- **Trafic a l'année (2040) pour une durée de vie 20 ans.**

$$TJMA_{2040} = 4590 (1+0,04)^{20}$$

$$TJMA_{2040} = 10058 \text{ (v /j).}$$

### b) Calcul du trafic effectif :

$$T_{\text{eff}} = [(1-Z) + P.Z] TJMA_n$$

P: coefficient d'équivalence pour le poids lourds. Pour une route à bonne caractéristique et un environnement E1, on a P=3

Z : pourcentage de poids lourds est égale à 10 (%).

$$T_{\text{eff}} = [(1 - 0,1) + 3 \times 0,1] \times 10058 = 12070 \text{ (UVP /j).}$$

Donc :  $T_{\text{eff}} = 12070 \text{ (UVP /j).}$

### c) Débit de pointe horaire normale :

$$Q = (1/n) \cdot T_{\text{eff}}$$

Avec :

(1/n) : coefficient de pointe horaire pris est égale à 0,12

$$Q = 0,12 \times 12070 = 1449 \text{ (UVP/h).}$$

Donc :  $Q = 1449 \text{ (UVP/h).}$

### d) Débit admissible et nombre de voies :

Le débit que supporte une section donnée :

$$Q_{\text{adm}} = K1.K2.C_{\text{th}}$$

K1 : coefficient correcteur pris égal à 0,75 pour E1.

K2 : coefficient correcteur pris égal à 1 pour l'environnement (E1) et  $V_B = 60 \text{ Km/h.}$

$C_{\text{th}}$  : capacité théorique par voie.

Ce débit prévisible doit être inférieur au débit maximal que notre route peut offrir, c'est le débit admissible.

$$Q \leq Q_{\text{adm}}$$

$$Q \leq K1 \times K2 \times C_{\text{th}}$$

$$\Rightarrow C_{\text{th}} \geq Q / K1 \times K2$$

$$C_{\text{th}} \geq 1449 / (0,75 \times 1)$$

$$\Rightarrow C_{\text{th}} \geq 1932 \text{ UVP/h}$$

D'après le tableau 8 (B40), on prend :  $C_{\text{th}} = 2000 \text{ (UVP/h)}$  qui correspond à une route de deux voies de 3,5 m .

$$Q_{\text{adm}} = 0,75 \times 1 \times 2000$$

$$Q_{\text{adm}} = 1500 \text{ UVP/h}$$

## Chapitre II

# Mouvement des véhicules

### Introduction :

Le véhicule automobile est un système très complexe qui fait entrer en jeu dans sa constitution de nombreux sous-systèmes fonctionnels très différents les uns des autres : roues, moteur et système de transmission, système de freinage, direction ... Tous ces systèmes ont pour but de faire fonctionner la voiture dans les meilleures conditions. Ils doivent permettre au véhicule de s'adapter au mieux au milieu extérieur : type de route, conditions atmosphériques, tout en garantissant au conducteur et aux passagers la plus grande sécurité et le plus de confort possible.

### II.1. Eléments de circulation :

L'étude des caractéristiques de routes ne peut être entreprise qu'après celle du comportement des véhicules (isolés ou groupés) et du conducteur.

#### II.1.1. Le conducteur :

- **Comportement :**

Dans sa conduite, le conducteur est affecté par les conditions atmosphériques (pluie, neige, brouillard,...), les conditions géométriques de la route (accotements, chaussées séparées ou non séparées,...) les conditions physiologiques (fatigue, maladies,...) et psychologiques (colère,...).

- **Habilité visuelle :**

La vision est le stimulus le plus important pour le conducteur, qui doit pouvoir identifier les objets, détecter les mouvements périphériques, voir dans la noirceur, discerner les couleurs et la distance relative des objets.

- **Habilité auditive :**

L'ouïe est le sens qui conditionne les réflexes les plus rapides.

- **Temps de réaction :**

Le cerveau est le centre d'analyse et de commande, il est influencé par la vue et l'ouïe, ces sens lui fournissent les renseignements, la réaction se fait par le toucher.

#### II.1.2. Le véhicule :

- **Poids total autorisé en charge (PTC) :**

Les véhicules légers ne jouent pratiquement aucun rôle dans la tenue d'une chaussée, les charges transportées sont faibles, toujours < 2 tonnes, soit environ 500 Kg/roue.

Les véhicules utilitaires (poids lourds), dont le PTC conditionne l'épaisseur de la chaussée, ce poids ne peut dépasser :

- Véhicules à deux (02) essieux : 19 t ;
- Véhicules à trois (03) essieux : 26 t ;
- Véhicules articulés (tracteur + remorque) : 35 t
- **Chargement maximal par essieu :**

L'essieu le plus chargé d'un véhicule automobile ne doit pas supporter une charge supérieure à treize tonnes s'il est isolé, si c'est un essieu jumelé, la charge ne doit pas dépasser quinze tonnes si la distance entre axe est de 0,90 m, ou 21 t si cette distance est de 1,35 m. En outre, le poids total ne doit pas dépasser cinq tonnes/ mètre linéaire de distance entre essieux extrêmes.

- **Bandages pneumatiques :**

La pression des bandages pneumatiques n'est pas réglementée, mais elle ne dépasse pratiquement pas  $8 \text{ Kg/cm}^2$ , soit  $2 \text{ Kg/cm}^2$  par roue, pour les véhicules légers.

- **Gabarits des véhicules :**

- Largeur  $\leq 2,50 \text{ m}$
- Longueur : véhicule isolé  $\leq 11 \text{ m}$   
                   Tracteur + remorque  $\leq 18 \text{ m}$   
                   Véhicule de transport en commun  $\leq 12 \text{ m}$ .

- Hauteur :

Elle n'est pas limitée, mais si elle dépasse 4 m, le conducteur doit s'assurer qu'il ne cause pas de dommages aux ouvrages d'art et aux installations aériennes (passerelles, câbles,...).

## II.2. Mouvement du véhicule isolé :

### II.2.1. Effort moteur et résistance au mouvement:

Le véhicule, dans l'hypothèse d'un mouvement rectiligne et uniforme, est soumis à :

- La force motrice ;
- La résistance au mouvement (roulement) ;
- La résistance de l'air ;
- La pesanteur.

Dans le cas général d'un moteur thermique à quatre temps (admission, compression, combustion et échappement), la puissance fournie par le moteur, a pour expression :

$P = \Gamma \times w$  : en  $\text{Kg.m/s}$

Et le couple moteur :  $\Gamma = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{2} \cdot R.A..... (1)$

**R** : rendement du moteur

**A** : caractéristique du régime du moteur.

**W** : vitesse angulaire

$W = 2 \cdot \pi \cdot n$  en  $\text{tr/s}$  ( $n$  : nombre de tours / seconde)

Si on exprime W en tours/minute (tr/min), on divise sur 60

$$W = \frac{2.\pi.N}{60} \quad (\mathbf{N}: \text{nombre de tours / minute : tr/min})$$

$$P = F \times \frac{2.\pi.N}{60} = \frac{1}{120} R. A. N \dots\dots\dots (2)$$

• **Force motrice :**

La force qui s'exerce au contact de la chaussée et des roues et qui propulse le véhicule, est la force motrice, donnée par l'expression :

$$F = \frac{1}{r} . F_r . \rho \dots\dots\dots (3)$$

**r :** Rayon des roues motrices (en m) ;

**ρ :** Rendement des transmissions entre le moteur et les roues, compris entre 0,8 et 0,9 (adimensionnel)

**d:** Rapport de démultiplication qui varie quand on change de vitesse, (adimensionnel).

$$d = \frac{\text{vitesse de la roue}}{\text{Vitesse du moteur}} \dots\dots\dots (4)$$

*Tableau II.1 : Valeurs du rapport de démultiplication 'd'*

Vitesse	1 <sup>ère</sup>	2 <sup>ème</sup>	3 <sup>ème</sup>	4 <sup>ème</sup>	5 <sup>ème</sup>
d	0,03	0,056	0,096	0,17	0,21

➤ **Mécanisme de la force motrice :**

Le moteur fait tourner les roues motrices, celles-ci ne peuvent glisser à cause de l'existence du frottement entre pneumatique et chaussée. Elles sont donc obligées de rouler, entraînant ainsi le véhicule et doivent triompher de la résistance au mouvement.

• **Résistance au roulement 'R<sub>r</sub>' :**

Elle est donnée par le cumule des résistances dans les essieux moteur et porteur.

- **Résistance au roulement dans l'essieu moteur :**

$$R_1 = \varphi . P_1 \dots\dots\dots (5)$$

**P<sub>1</sub> :** Fraction du poids total porté par l'essieu moteur.

**φ :** Coefficient peu variable (0,01 à 0,018), croit avec la vitesse du moteur et décroît avec la pression des pneumatiques.

- **Résistance au roulement dans l'essieu porteur :**

$$R_2 = \varphi . P_2 / P_2 = P_t - P_1 \dots\dots\dots (6)$$

$$P_1 + P_2 = P_t \text{ (poids total)}$$

La Résistance au roulement est donc :

$$R_r = \varphi \cdot P_1 + \varphi \cdot P_2 = \varphi \cdot (P_1 + P_2) = P \cdot \varphi \dots \dots \dots (7)$$

- **Résistance de l'air 'Ra' :**

Elle est donnée par la formule :

$$Ra = \frac{\mu \cdot C_x}{2} \cdot S \cdot v^2 \dots \dots \dots (8)$$

**v**: vitesse du véhicule (en m/s).

**S** : Maitre couple (surface de la projection du véhicule sur un plan perpendiculaire à la vitesse  
 ⇒ surface transversale max d'un véhicule).

**μ**: Masse spécifique de l'air ; **μ = 0,125 Kg/m<sup>3</sup>**.

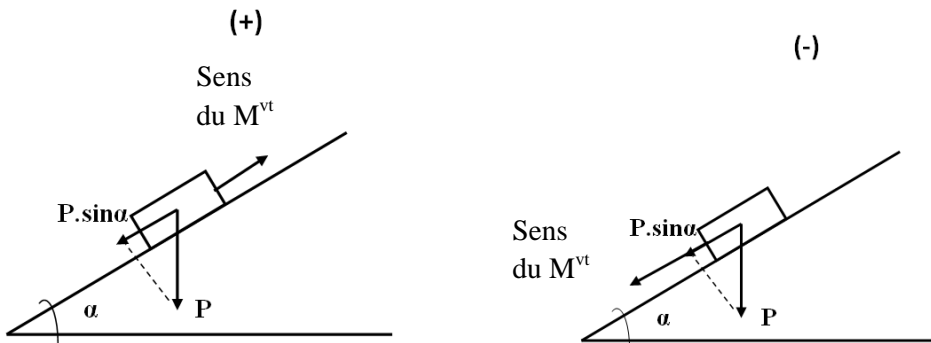
**C<sub>x</sub>**: Coefficient aérodynamique (adimensionnel), qui vaut :

**C<sub>x</sub> = 0,8 à 0,9 pour les camions;**

**C<sub>x</sub> = 0,35 pour les véhicules légers.**

- **La pesanteur :**

En déclivité ( $\alpha$ ), la résistance au roulement se trouve accrue ou diminuée de  $\pm P \cdot \sin\alpha$ .



*Figure II.1 : Schématisation de la résistance au roulement subie par le véhicule en déclivité*

- **L'accélération :**

Si le mouvement n'est pas uniforme, le moteur doit fournir une accélération  $\frac{dv}{dt}$ , et son effort

augmente de  $\frac{P}{g} \frac{dv}{dt}$ .

En définitive, on peut écrire en égalant l'effort moteur à l'effort résistant :

$$F = \frac{1}{r} \cdot \Gamma \cdot \frac{\rho}{d} = \varphi_1 \cdot P_1 + \varphi_2 \cdot P_2 + \frac{\mu \cdot C_x}{2} \cdot S \cdot v^2 + (P_1 + P_2) \sin \alpha + \frac{P_1 + P_2}{g} \frac{dv}{dt} \dots (9)$$

$$\Gamma = \frac{r \cdot d}{\rho} \left[ P \left( \varphi + \sin \alpha + \frac{1}{g} \cdot \frac{dv}{dt} \right) + \frac{\mu \cdot C_x}{2} \cdot S \cdot v^2 \right] \dots (10)$$

Puisque :  $P = \Gamma \times \frac{2 \cdot \pi \cdot N}{60}$  et  $d = \frac{v_{roue}}{v_{moteur}} \Rightarrow \frac{2 \cdot \pi \cdot N}{60} = \frac{v}{r \cdot d} \dots (11)$

$$\text{Donc : } P = \frac{\Gamma \cdot v}{r \cdot d} \dots (12)$$

$$\text{Ou bien : } P = \frac{v}{\rho} \left[ P \left( \varphi + \sin \alpha + \frac{1}{g} \cdot \frac{dv}{dt} \right) + \frac{\mu \cdot C_x}{2} \cdot S \cdot v^2 \right] \dots (12)$$

**Application (01) :**

Considérant un véhicule de tourisme d'un poids total d'une tonne, d'un maître couple de 2 m<sup>2</sup>, circulant à une vitesse uniforme de 100 Km/h en rampe de 02 %, et en air calme

- Quelle est la puissance fournie par le moteur de ce véhicule ?
- Donner les parts de puissance correspondant à la gravité, l'air et roulement.

**Données :**  $\rho = 0,9$  ;  $\varphi = 0,012$  ; ;  $\mu = 0,125 \text{ kg/m}^3$ .

**Rép:**  $P = 2062,6 \text{ Kg.m/s}$  ;  $P_r = 373,3 \text{ Kg.m/s}$  ;  $P_g = 622,2 \text{ Kg.m/s}$  ;  $P_a = 1067 \text{ Kg.m/s}$

**Application (02) :**

Considérant un camion d'un poids total de 10 tonnes, d'un maître couple de 5 m<sup>2</sup>, montant une côte de 06% à la vitesse uniforme de 30 Km/h, et en air calme

- Quelle est la puissance fournie par le moteur de ce camion ?
- Donner les parts de puissance correspondant à la gravité, l'air et roulement.

**Données :**  $\rho = 0,8$  ;  $\varphi = 0,012$  ;  $\mu = 0,125 \text{ kg/m}^3$  ;  $C_x = 0,8$ .

**Rép:**  $P = 7677,5 \text{ Kg.m/s}$  ;  $P_r = 1249,5 \text{ Kg.m/s}$  ;  $P_g = 62247,5 \text{ Kg.m/s}$  ;  $P_a = 180,6 \text{ Kg.m/s}$

**II.2. Adhérence et freinage:**

Les possibilités de freinage sont limitées, du fait du jeu de l'adhérence, il existe une distance minimum pour obtenir l'arrêt complet du véhicule.

L'adhérence est définie comme étant le produit  $\mathbf{P} \times \mathbf{f}$ , où  $\mathbf{P}$  représente le poids porté par les roues motrices, et  $\mathbf{f}$  le coefficient de frottement pneu-chaussée, elle représente le maximum de l'effort moteur susceptible d'être appliqué au véhicule.

Le freinage d'un véhicule est réalisé par l'action sur les roues de deux types de frottement :

- Un frottement mécanique maîtrisable. C'est l'action des garnitures de frein sur les tambours.
- Un frottement des pneumatiques sur la chaussée (adhérence).

Ce deuxième frottement conditionne le freinage du véhicule. Les valeurs du coefficient 'f' sont donc nécessaires à connaître puisqu'il conditionne le freinage.

Pour une vitesse initiale donnée, les valeurs de f sont :

*Tableau II.2 : Valeurs du coefficient de frottement 'f'*

Etat des pneus	Etat de la chaussée	f
Bon	sèche	0,8 à 0,9
Bon	mouillée	0,6 à 0,8
Moyen	mouillée	0,3 à ,4
Usé	lisse, mouillée	0,1 à 0,2
Quelque soit	neige, boue, verglas, etc	0,05 à 0,1

- **La distance de freinage 'd<sub>0</sub>'** : est la distance nécessaire à un véhicule doté de pneus normalement sculptés et roulant à une vitesse V de s'arrêter complètement (V= 0), en toute sécurité sur la chaussée.

Dans le cas général, où les roues sont freinées, est :

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{P}{g} \cdot v^2 = P \cdot f \cdot d_0 \dots\dots (13) \quad (\text{théorème de l'énergie cinétique de la voiture freinée}) ; (\text{terrain plat})$$

(m= P/g)

$$\Rightarrow d_0 = \frac{v^2}{2 \cdot g \cdot f} ; v \text{ en } \frac{m}{s} \dots\dots\dots (13)$$

$$\text{Ou } d_0 \approx \frac{V^2}{260 \cdot f} ; V \text{ en } \frac{Km}{h} \dots\dots\dots (14)$$

$$(V = 3,6v \quad \text{et } v = 0,28 V, \quad V^2 = 13v^2 \quad \text{et } v^2 = 0,077 V^2)$$

$$\text{Si } f = 0,4 \text{ (valeur couramment atteinte)} ; \text{ on a : } d_0 \approx \frac{V^2}{100} \dots\dots\dots (15)$$

Ce qui conduit à établir le tableau des distances de freinage (réglementaire) suivant :

*Tableau II.3 : Distances de freinage*

V (Km/h)	40	60	80	100	120
d <sub>0</sub> (m)	15	35	60	105	170

➤ **En déclivité d'angle α :**

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{P}{g} \cdot v^2 = P \cdot f \cdot d_0 \pm P \cdot \sin\alpha \dots\dots\dots (16)$$

$$d_0 = \frac{v^2}{2.g.(f \pm \sin\alpha)} ; v \text{ en } \frac{m}{s} \dots\dots\dots (17)$$

$$\text{Ou } d_0 \approx \frac{V^2}{260.(f \pm \sin\alpha)} ; v \text{ en } \frac{Km}{h} \dots\dots\dots (18)$$

(+) : pour la montée ;  
 (-) : pour la descente.

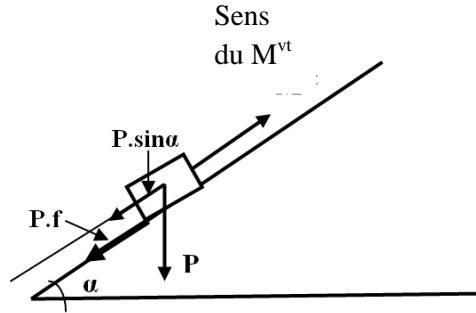


Figure III.2 : Schématisation des forces appliquées au véhicule en déclivité

**II.2.3. Distance d'arrêt 'd<sub>1</sub>' :**

Elle correspond à la distance minimum parcourue par un véhicule, entre le moment où l'obstacle devient visible, et celui où le véhicule s'arrête. Il faut ajouter au terme de la distance de freinage trouvée, la distance parcourue à la vitesse 'V', pendant le temps nécessaire au conducteur pour percevoir l'existence de l'obstacle et pour réagir, en actionnant les freins, qu'on appelle 'temps de perception-réaction'.

On admet généralement un temps de perception 'θ' de 0,5 à 2s, suivant le degré d'attention du conducteur.

Par conséquent, l'expression de la distance d'arrêt est :

$$d_1 = \frac{v^2}{2.g.f} + \theta v ; v \text{ en } \left(\frac{m}{s}\right) \dots\dots\dots (19)$$

$$\text{Ou } d_1 \approx \frac{V^2}{260.f} + \theta . 0,28V ; V \text{ en } \left(\frac{Km}{h}\right) \dots\dots\dots (20)$$

θ : temps de perception.

On établit le tableau des distances d'arrêt (réglementaire) suivant :

Tableau 4 : Distances d'arrêt

<b>V (Km/h)</b>	40	60	80	100	120
<b>d<sub>0</sub> (m)</b>	40	70	105	160	280

➤ **En déclivité d'angle α :**

$$d_1 = \frac{v^2}{2.g.(f \pm \sin\alpha)} + \theta v ; v \text{ en } \left(\frac{m}{s}\right) \dots\dots\dots (21)$$

Ou

$$d_1 \approx \frac{v^2}{260.(f \pm \sin \alpha)} + \theta . 0,28V ; v \text{ en } \left(\frac{\text{Km}}{\text{h}}\right) \dots\dots\dots (22)$$

- (+) : pour la montée ;
- (-) : pour la descente.

**Si on fixe  $\theta = 2s$  :**

$$d_1 = \frac{v^2}{2.g.(f \pm \sin \alpha)} + 2.v ; v \text{ en } \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right) \dots\dots\dots (23)$$

$$\text{Ou } d_1 = \frac{v^2}{260.(f \pm \sin \alpha)} + 0,55V ; V \text{ en } \left(\frac{\text{Km}}{\text{h}}\right) \dots\dots\dots (24)$$

**Application (03) :**

- 1- Calculer la distance de freinage d'un véhicule ayant un poids de 1200 Kg, roulant à 110 Km/h, sur une montée d'angle 5°, on donne le coefficient chaussée - pneu  $f = 0,5$ .
- 2- Le conducteur entame une descente de 5° avec la même vitesse, et perçoit un obstacle, et au bout de 1,5s, il appuie sur les freins.
  - A quelle distance s'arrêtera t-il ?

**Rép :**  $d_0 = 82 \text{ m}$  ;  $d_1 = 163 \text{ m}$  ;

**II.3. Mouvement des véhicules groupés :**

**II.3.1. Distance de sécurité entre deux véhicules d' :**

La distance de sécurité entre deux véhicules circulant dans le même sens, sur la même voie et la même vitesse, est leur espacement, pour que le premier s'arrête après avoir freiné au maximum, le second puisse s'arrêter sans risquer la collision.

L'espacement théorique, est donc égal au chemin parcouru par le second véhicule pendant le temps  $\theta$  de perception-réaction.

$$d' = v.\theta + l \dots\dots\dots (25)$$

Avec  $l$  : longueur moyenne de véhicule  $\approx 8\text{m}$ .

$$d' = v.\theta + 8 \text{ (m)} \dots\dots\dots (26)$$

$\theta = \frac{3}{4}$  : pour une attention concentrée

$$d' = \frac{3}{4}.v + 8 \text{ (m)}, \quad v : \text{ en m/s} \dots\dots\dots (27)$$

ou

$$d' = \frac{3}{4}.0,28.V + 8 \approx \frac{V}{5} + 8 \text{ (m)} \dots\dots\dots (28)$$

$$d' = 0,2 V + 8 \text{ (m)} \quad V: \text{ en Km/h} \dots\dots (29)$$

Les expériences tendent à montrer que les espacements constatés entre les véhicules, ont progressivement diminué au fur et à mesure avec le perfectionnement des dispositifs de freinage.

On admet la formule suivante :

$$d' = 0,003V^2 + 0,2V + 8 \dots\dots\dots (30)$$

Par conséquent, on peut calculer le débit horaire max d'un flux de véhicules circulant à vitesse constante, et à intervalles égaux, ce débit **Q** est :

$$Q = \frac{1000V}{d'} = \frac{1000V}{0,003V^2 + 0,2V + 8} \dots\dots\dots (31)$$

La vitesse maximale correspondant au débit max est donnée par :

$$\frac{dQ}{dV} = 0 \Rightarrow \frac{(0,003V^2 + 0,2V + 8) \cdot 1000 - 1000V(0,006V + 0,2)}{(0,003V^2 + 0,2V + 8)^2} = 0 \dots\dots (32)$$

$$3V^2 + 200V + 8000 - 6V^2 - 200V = 0 \Rightarrow V = 51 \text{ Km/h.} \dots\dots\dots (33)$$

$$D'où d' = 0,003(51)^2 + 0,2 \cdot 51 + 8 = 26 \text{ m.} \dots\dots\dots (34)$$

$$d' = 26 \text{ m.}$$

$$\text{Et } Q = \frac{1000 \cdot 51}{26} = 1960 \text{ véhicules/h.}$$

**II.3.2. Distance nécessaire pour exécuter un dépassement :**

On se propose de déterminer le temps 't' et la distance 'E' nécessaires pour que, sur une route à deux (02) voies, un véhicule 'A' circulant à la vitesse 'V<sub>1</sub>', ayant devant lui un véhicule 'B', circulant à la vitesse 'V<sub>2</sub>' dont il s'est approché au maximum, sans quitter la voie de droite, exécute la manœuvre complète de dépassement de 'B', y compris son retour à la voie de droite.

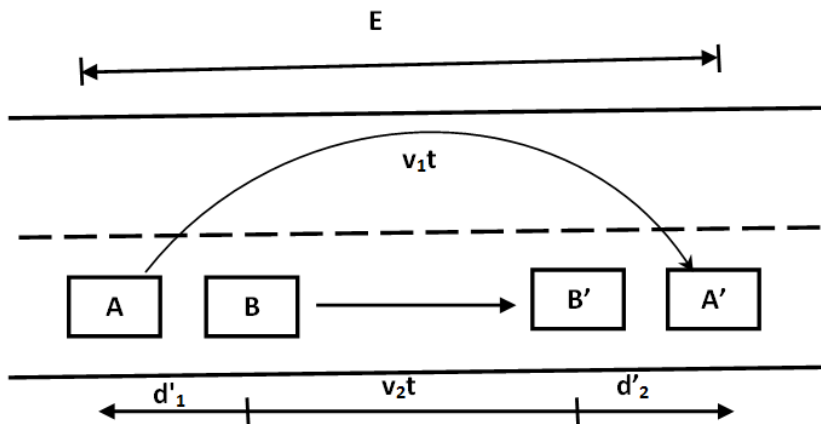


Figure II.3 : Distance nécessaire pour exécuter un dépassement

$v_1$  et  $v_2$  : vitesses de A et B constantes et connues.

On peut faire le calcul suivant :

B se déplace de  $v_2.t$  pendant le temps  $t$

A se déplace de  $v_1.t$  pendant le même temps  $t$  de  $E = d'_1 + v_2.t + d'_2 \dots\dots (35)$

$$E = v_1.t = v_2.t + d'_1 + d'_2 \Rightarrow t = \frac{d'_1 + d'_2}{v_1 - v_2} \dots\dots\dots (36)$$

$$v_1 = \frac{E}{t} \text{ et } E = v_1 \cdot \frac{d'_1 + d'_2}{v_1 - v_2} \dots\dots\dots (37)$$

Généralement, on suppose que :

$$d'_1 = d'_2 = 0,2.V + 8 = d' \text{ (distance de sécurité) } \dots\dots (38)$$

$$\Rightarrow E = \frac{2.d'.v_1}{v_1 - v_2} \text{ et } t = \frac{2d'}{v_1 - v_2} \dots\dots\dots (39)$$

On peut traiter le problème autrement :

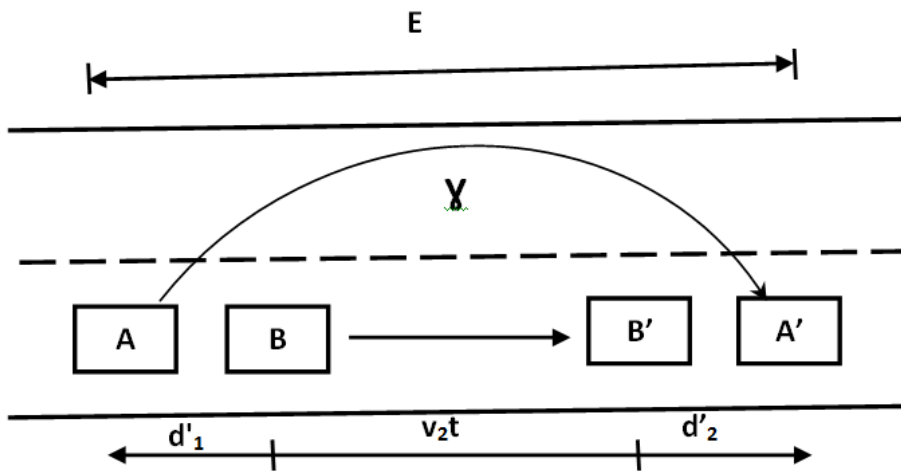


Figure II.4: Distance de dépassement (cas d'accélération)

Le véhicule A suit B dans l'intention de pouvoir dépasser. Il est donc à la vitesse  $v_2$  (du véhicule B), et devra accélérer jusqu'à  $v_1$  au cours de la manœuvre. On a donc :

$$E = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot t^2 + v_2 \cdot t \dots\dots\dots (40)$$

$$\begin{cases} E = v_2 t + 2d' \\ E = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot t^2 + v_2 t \end{cases} \Rightarrow t = 2 \sqrt{\frac{d'}{\gamma}} \dots\dots\dots (41)$$

$$\gamma = \frac{v_1 - v_2}{t} \Rightarrow E = 2d' + 2v_2 \sqrt{\frac{d'}{\gamma}} \dots\dots\dots (42)$$

L'accélération  $\gamma$  varie de 0,5 à 1 m/s<sup>2</sup> pour un véhicule ordinaire, et elle est de 5 m/s<sup>2</sup> pour un véhicule de course).

Les durées de dépassement réglementaires sont :

- Dépassement court : 7,2 à 9s.
- Dépassement normal : 10,8 à 12s.

**II.3.3. Possibilité de dépassement :**

Pour qu'une manœuvre de dépassement soit possible sur une route à deux (02) voies, il faut qu'à l'instant  $t_0$ , la voie de gauche soit libre sur une certaine longueur, qui est la somme de E et la distance E' susceptible d'être parcourue entre  $t_0$  et  $t_0 + t$  par un véhicule « C », roulant avec la vitesse  $v_3$  venant en sens inverse.

On sait que :

$$\begin{cases} E = \frac{2dv_1}{v_1 - v_2} \text{ et } t = \frac{2d}{v_1 - v_2} \\ E' = v_3 t = v_3 \cdot \frac{2d}{v_1 - v_2} \end{cases} \Rightarrow E + E' = 2d \cdot \frac{v_1 + v_3}{v_1 - v_2} \dots\dots\dots (43)$$

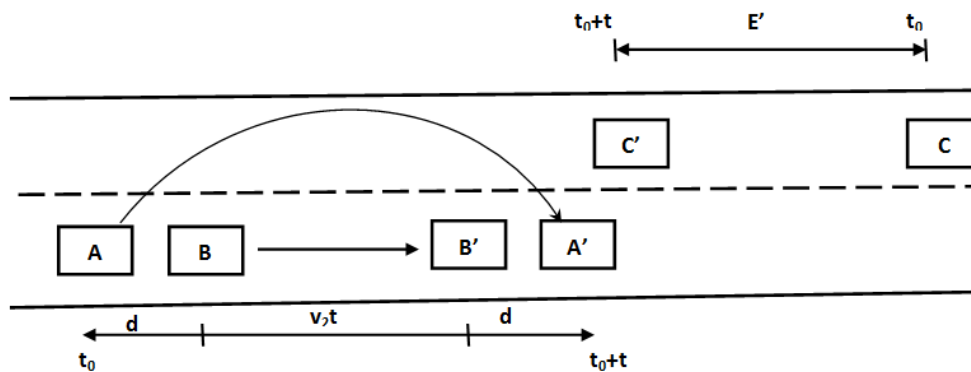


Figure II.5 : Possibilité de dépassement

On peut dire aussi que, l'espace dans le temps de deux (02) véhicules, peut être égal à T :

$$T = \frac{E + E'}{v_3} = \frac{2d}{v_3} \cdot \frac{v_1 + v_3}{v_1 - v_2} \dots\dots\dots (44)$$

Le véhicule A suit B pendant un temps, constamment gêné par des véhicules venant en sens inverse, il ne pourra dépasser que lorsqu'un créneau de T secondes au moins se produit entre deux véhicules C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub> roulant à la même vitesse  $V_3$ .

**II.3.4. Distance de visibilité de dépassement et de manœuvre de dépassement :**

- La distance de visibilité de dépassement, est celle qui permet sur une route bidimensionnelle, de terminer le dépassement sans ralentir le véhicule venant en sens inverse.

Les normes prennent en compte deux valeurs de distances de visibilité de dépassement minimal ' $d_d$ ' et normal ' $d_D$ '.

$d_d$  (m) = 4V (Km/h)  $\Rightarrow$  dépassement court.

$d_D$  (m) = 6V (Km/h)  $\Rightarrow$  dépassement normal.

- La distance de manœuvre de dépassement  $dM_d$ , est la distance de visibilité qui permet, en toute sécurité, au véhicule effectuant le dépassement, soit d'abandonner sa manœuvre en freinant, soit de poursuivre en accélérant.

Dans l'hypothèse où le véhicule qui arrive en face freine :

$t_{\text{manœuvre}}$  : 7 à 8 s

$dM_d$  (m) = 2V (Km/h)

La distance de manœuvre de dépassement sert à calculer le rayon minimal de courbure du profil en long au sommet.

#### Application (04) :

1- Un véhicule A roulant à 100 Km/h, entame le dépassement d'un véhicule B1, roulant à 80 Km/h sur la même voie.

a) Quelle est la distance de dépassement ?

b) Quel est le temps de dépassement ?

2- le véhicule A trouve devant lui un autre véhicule B2 roulant à 100 Km/h ;

c) Calculer la distance de sécurité.

3- Après avoir attendu le moment adéquat, il s'engage dans le dépassement, et il accélère à  $1\text{m/s}^2$  ;

d) Calculer le temps de dépassement ;

e) Calculer la distance de dépassement ;

f) calculer la vitesse du véhicule A à la fin du dépassement.

#### Rép:

a) E= 260 m ; b) t = 9, 12 s ; c) d' = 28 m ; d) t = 10,58 s ; e) E = 252,80 m ; f)  $V_f$  = 139 km/h.

# Chapitre III

## Caractéristiques géométriques des routes

### Introduction :

Dans tout projet de réalisation d'une infrastructure de transport routière, l'ingénieur doit commencer par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature, et son adaptation la plus adéquate à la configuration du terrain.

La route est une conception de l'espace, définie géométriquement par trois groupes d'éléments à savoir [5]:

- Le tracé de son axe en situation ou en plan ;
- Le tracé de cet axe en élévation ou profil en long ;
- Le profil en travers.

Les caractéristiques géométriques de ces éléments doivent correspondre à la meilleure solution du point de vue économique, et satisfaire certaines conditions minimales dictées par:

- La nature, plus particulièrement la topographie et la géologie du site, où la route sera projetée;
- Le trafic futur prévu.

Les problèmes relatifs à la topographie proprement dite, c'est à dire ceux que la nature impose, conduiront à la recherche essentielle d'un tracé correspondant aux terrassements minima. Cette étude particulière, dont le « mouvement des terres » est la partie prépondérante sera traitée pour elle-même.

Quant au critère « trafic », les conditions à remplir sont les suivantes :

- Permettre aux véhicules rapides de circuler à grande vitesse, soit à la vitesse maximum de base du type de la route considérée ;
- Permettre aux véhicules longs de s'inscrire dans les virages ;
- Permettre aux véhicules lourds de gravir les rampes.

Ces trois conditions sont valables pour le cas d'un faible trafic, où les véhicules ne se gênent guère entre eux.

En revanche, lorsque la circulation est intense, les mouvements des véhicules sont interdépendants, ce qui conduit à des exigences nouvelles se résumant en ceci :

- Assurer l'écoulement du débit maximum prévu dans des conditions acceptables.

Les problèmes imposés par les trois premières conditions s'adressent plus particulièrement aux véhicules circulant isolément ; ils concernent surtout le tracé en plan et en profil en long.

La condition du débit conditionne essentiellement la largeur de la chaussée, donc le profil en travers.

### III.1. Principes généraux de construction :

Par définition, la route est une voie de circulation, composée d'une suite de tronçons qui relient les centres à desservir au moyen d'une bande de surface de l'espace devant s'adapter le mieux possible

## Chapitre III : Caractéristiques géométriques des routes

au relief du terrain qui la supporte et qui peut être parcourue de façon sûre et confortable à la vitesse de base.

Cette voie se compose d'éléments géométriques bien définis, dont l'assemblage constitue ce qu'on appelle **le tracé**.

Les principes généraux dont s'inspirera le projeteur sont les suivants :

### III.1.1. Influences naturelles :

- Le tracé général d'une route se rapprochera des grands axes naturels ou coupures naturelles (vallées, cours d'eau) et des axes construits (voies ferrées, canaux).
- La géologie et l'hydrogéologie joueront un grand rôle dans le coût de construction (qualité des terrains à excaver, présence et position de nappes phréatiques, approvisionnement en matériaux de construction).
- Les conditions climatiques seront prises en considération en vue d'une exploitation sûre et économique (ensoleillement, humidité, enneigement).

### III.1.2. Influences techniques et économiques :

- L'équilibre déblais-remblais (mouvement des terres) sera recherché, mais il a moins d'importance que jadis (mécanisation des chantiers, sélection des matériaux).
- Les ouvrages d'art doivent s'adapter au tracé général adopté et non l'inverse, mais l'estimation de leur coût peut influencer le choix du tracé à l'origine ou amener une modification locale du tracé. En secteur accidenté, trouver un compromis entre un mauvais tracé sans ouvrages d'art et un tracé élégant composé en majeure partie de ponts et tunnels, très coûteux.
- L'évaluation du coût de construction sera donc prise en considération très tôt dans l'étude, mais se souvenir qu'une solution techniquement insuffisante ne peut se justifier par un faible coût.

### III.1.3. Sécurité d'exploitation et confort :

- Supprimer les risques d'inondation, de chutes de pierres et d'avalanches et les prévenir ou en tenir compte (digues, galeries de protection).
- Tracé le plus voisin de l'horizontale et le plus tendu possible (faibles déclivités et longues courbes de grands rayons).
- Pour les routes inter régionales qui ne peuvent pas traverser les agglomérations, se tenir le plus près possible pour faciliter le passage des usagers potentiels.

## Chapitre III : Caractéristiques géométriques des routes

### III.2. Éléments constituant la route (caractéristiques géométriques) [6] :

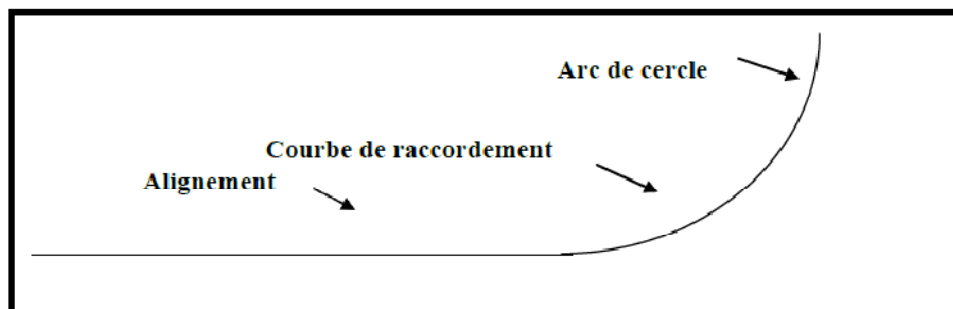
#### III.2.1. Tracé en plan

Le tracé en plan est une succession des droites reliées par des liaisons. Il représente la projection de l'axe routier sur un plan horizontal, qui peut être une carte topographique ou un relief schématisé par des courbes de niveau.

Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de stabilité, et qui sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et le frottement de la surface assuré par la couche de roulement.

Les éléments géométriques du tracé en plan sont donc :

- **Alignements droits ;**
- **Arcs de cercle ;**
- **Raccordement à courbures progressives.**



*Figure III.1 : Éléments constituant le tracé en plan.*

- **Règles à respecter lors du tracé en plan :**

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

- Respecter les normes de l'ARP (l'aménagement des routes principales) ;
- Éviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières ;
- Adapter au maximum le terrain naturel pour éviter les terrassements importants ;
- Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau ;
- Éviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts, et cela pour des raisons économiques. Si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement ;
- Éviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques ;
- De recourir de préférence à des alignements droits (au moins 50 % du linéaire pour permettre l'implantation de carrefours et une visibilité de déplacement dans de bonnes conditions) alternant avec des courbes moyennes (de rayon supérieur au rayon minimal, et ne dépassant guère le rayon non déversée).

### III.2.1.1. Alignements droits (AD) :

Bien que la droite soit l'élément géométrique le plus simple, son emploi dans les routes modernes reste restreint.

La cause en est qu'il présente des inconvénients, notamment :

- De nuit, éblouissement prolongés des phares.
- Monotonie qui peut engendrer des accidents.
- Mauvaise adaptation de la route au paysage. On recherche une certaine harmonie.
- Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.

**Le pourcentage d'alignements droits d'une section de route est limité de 40 à 60%.**

Il existe des cas exceptionnels, où l'emploi d'alignements se justifie pleinement, par exemple :

- En plaine, où des sinuosités ne seraient absolument pas motivées.
- Dans les vallées étroites et rectilignes ; où des courbes imposeraient des ouvrages d'art.
- Le long de constructions existantes (voies ferrées, lisières de forêt, cours d'eau, canaux).
- Dans un secteur constitué de grandes parcelles rectangulaires.
- Pour donner une possibilité de dépassement à une route à deux voies.
- En zone urbaine, où il existe des passages imposés, des bâtiments et des plans d'alignement.

#### a) Longueur minimale d'alignement droit :

Cette longueur est prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse de référence.

$$L_{\min} = \frac{5V_r}{3,6} \dots\dots\dots(1)$$

Avec :

$V_r$  : Vitesse de référence en Km/h

$L_{\min}$  : en mètres (m).

#### b) Longueur maximale d'alignement droit :

Cette longueur est prise égale à la distance parcourue pendant 1 minute à la vitesse de référence.

$$L_{\max} = \frac{60 V_r}{3,6} \dots\dots\dots(2)$$

Avec :

$V_r$  : Vitesse de référence en Km/h

$L_{\max}$  : en mètres (m).

### III.2.1.2. Arc de cercle (courbes) :

Deux alignements droits de direction différente, sont reliés par une courbe, il faut assurer une transition confortable et sécurisante d'un usager passant d'un alignement droit à un autre.

## Chapitre III : Caractéristiques géométriques des routes

Pour cela, il y a lieu de choisir un rayon de la courbe assurant cette condition. Dans ce cas, trois éléments interviennent pour limiter la courbure :

- La stabilité des véhicules sous l'effet de l'accélération centrifuge.
- L'inscription des véhicules longs dans les courbes de faible rayon.
- La visibilité dans les courbes.

On essaye de choisir les plus grands rayons possibles en évitant de descendre au-dessous du rayon minimum préconisé.

Une partie circulaire d'un virage doit être tracée avec un rayon unique, et on doit éviter les courbes formées d'arc de cercles contigus de rayons différents (l'utilisateur se trouve subitement devant un changement brutal de courbure).

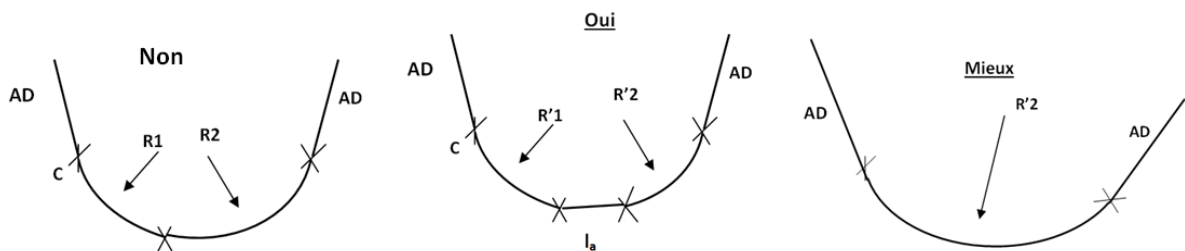


Figure III.2 : Exemples de bon et mauvais tracé en plan

Une longueur minimale « la » devra séparer deux courbes circulaires contiguës.

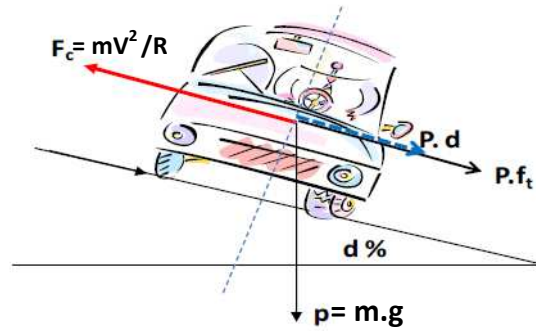
- **Dévers (d) :**
- C'est la pente transversale d'un versant d'une chaussée, permet de favoriser l'évacuation des eaux de surface. Dans les rayons de courbure faible, il contribue à l'équilibre dynamique des véhicules. Toutefois, cette contribution reste limitée et sa valeur est donc plafonnée (généralement à 7%). Au-delà de cette valeur plafond, d'autres problèmes surviennent et notamment des difficultés constructives.
- **Le dimensionnement des rayons du tracé en plan et des dévers correspondant est lié :**
  - A la dynamique des véhicules,
  - Aux conditions de contact pneu/chaussée (stabilité),
  - Au confort de l'utilisateur.

### a) Stabilité dans les courbes :

Dans une courbe de rayon 'R', de dévers 'd', un véhicule de masse m, circulant à la vitesse 'v', est sollicité par une force centrifuge

$$F = \frac{mv^2}{R} \dots \dots \dots (3)$$

## Chapitre III : Caractéristiques géométriques des routes



**Figure III.2 : Schématisation de la force centrifuge**

$f_t$ : coefficient de frottement transversal

- **Rayon minimal admissible :**

La force centrifuge est composée par la composante du poids  $Pd$  et par la réaction transversale due au frottement et égale à  $Pf_t$ .

Le rayon minimal admissible est donné par:

$$P \cdot d + P \cdot f_t = \frac{mv^2}{R} \dots\dots\dots (4)$$

$$P(d + f_t) = \frac{Pv^2}{gR} \dots\dots\dots (5)$$

$$\begin{cases} R = \frac{v^2}{g(d+f_t)} \\ V^2 = 127 \sqrt{R(d+f_t)} \end{cases} \Rightarrow R = \frac{V^2}{127(d+f_t)} \dots\dots\dots (6)$$

**NB:** Quand  $\alpha \leq 10\%$  alors :  $\sin \alpha = \text{tg } \alpha = \alpha$  (rd) et  $\cos \alpha = 1$

Le frottement transversal est donné par :

*Tableau III.1 : valeurs du coefficient de frottement transversal*

Vitesse de référence (Vr) (Km/h)	40	60	80	100	120
$f_t$	0,20	0,16	0,13	0,11	0,10

Le devers 'd' est constant sur toute la courbe circulaire, et varie entre **2,5** et **7%**.

**Application (01):**

Soit un véhicule circulant à la vitesse de 100 Km/h, il aborde un virage de rayon  $R = 450$  m et relevé de 04%, le coefficient de frottement  $f = 0,11$ .

➤ Vérifier si le véhicule est stable.

Rép :  $R_{\text{virage}} = 450M < \text{Rayon minimal admissible} \Rightarrow$  le véhicule n'est pas stable (dérape)

## Chapitre III : Caractéristiques géométriques des routes

### b) Rayons de courbure en plan :

- **Rayon minimum absolu (RHm)**

C'est le plus faible rayon admissible dans une courbe, il est défini pour un dévers maximal ( $d_{\max} = 7\%$ ).

$$RHm = \frac{V_r^2}{127(d_{\max} + f_t)} \dots \dots \dots (7)$$

- **Rayon minimum normal (RHN)**

Le RHN à la vitesse de référence ' $V_r$ ' est défini comme étant le RHm relatif à la vitesse  $V_r + 20$ . On lui associe un dévers de 4 ou 5%, soit 5% pour  $V_r < 80$  Km/h et  $d = 4\%$  pour  $V_r > 80$  Km/h.

$$RHN = RHm (V_r + 20) \dots \dots \dots (8)$$

Si l'emploi de RHN entraîne des dépenses excessives, on adopte un rayon plus faible, mais sans descendre au dessous de RHm.

- **Rayon au dévers minimum (RH'') :**

Correspond à une chaussée déversée vers l'intérieur du virage, d'un dévers minimal (2 ou 2,5%), il est donné par la formule suivante :

$$RH'' = \frac{V_r^2}{127(d_{\min} + f_t)} \dots \dots \dots (9)$$

- **Rayon non déversé (RH') :**

Correspond à une chaussée déversée vers l'extérieur d'un dévers minimal (-2,5%), il est donné par la formule suivante :

$$RH' = \frac{V_r^2}{127(f' - d_{\min})} \dots \dots \dots (10)$$

### c) Règles pour l'utilisation des rayons en plan : Pour une route de catégorie donnée :

- Il n'y a aucun rayon inférieur à RHm. On utilisera autant que possible des valeurs de rayons  $\geq$  à RHN.
- Les rayons compris entre RH'' et RH' sont au dévers minimal  $d_{\min}$  mais des rayons supérieurs à RH' peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.

## Chapitre III : Caractéristiques géométriques des routes

- Tous les rayons déversés (compris entre RHm et RH') sont munis de courbes de raccordement progressif.
- Un rayon RHm doit être encadré par RHN.
- Aux extrémités d'un grand alignement droit, on prévoira des arcs de rayons en plan au moins égaux à RHm ( $V_r + 40$ ) sans dépasser RHm (120).

### d) Relèvement des virages :

Le dévers varie pratiquement entre 2 et 7%, dans les alignements droits, on adopte un dévers minimal de 2,5% afin de permettre l'évacuation des eaux pluviales.

Dans les courbes, le dévers est d'autant plus fort que la courbure est forte. Le dévers dépend à la fois du rayon, de la vitesse de référence, de la fréquentation des véhicules chargés et des conditions climatiques (pluie, verglas,...etc), on adopte les rayons suivants :

- $500 \text{ (m)} < R < 1000 \text{ m} \Rightarrow d \leq 4\%$
- $100 \text{ m} < R < 500 \text{ m} \Rightarrow d \leq 10\%$ .

### Application (02) :

Un véhicule d'une masse de 1200 Kg, circule dans une route à 60 Km/h, et ayant une courbe circulaire de 400 m de rayon.

- 1- Calculer la sollicitation transversale exercée sur le véhicule.
- 2- Calculer le dévers du virage nécessaire pour assurer la stabilité de ce véhicule.

**Rép :** 1)  $F = 832 \text{ N}$  ; 2)  $d = 9\%$ .

### III.2.1.3. Raccordement à courbures progressives :

La discontinuité de courbure qui se manifeste au contact d'une droite et d'un cercle, n'est pas compatible avec un tracé rationnel, on doit donc intercaler entre la droite et le cercle **une ligne** de transition **sous forme de courbe de longueur 'L'**, qui permet d'introduire progressivement le dévers, et d'assurer aux usagers une visibilité et un certain confort [7].

La courbe de raccordement doit avoir les propriétés suivantes :

- Etre tangente à l'alignement droit et à l'arc de cercle ;
- Présenter au point de tangence à l'alignement droit une courbure nulle ;
- Présenter au point de tangence à l'arc de cercle de rayon R, une courbure égale à  $1/R$  ;
- Présenter une variation uniforme de la courbure sur sa longueur.

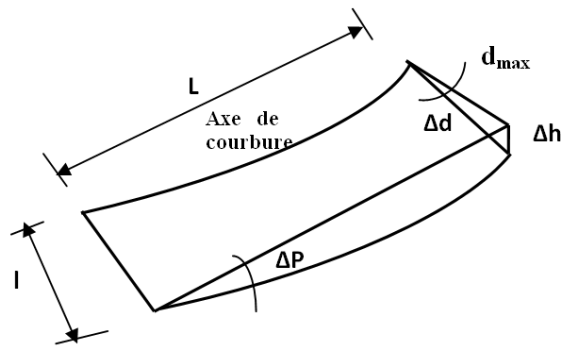
#### III.2.1.3.1- Longueur de la courbe de raccordement

La longueur de la courbe de raccordement est prise égale à **la plus grande valeur issue des trois conditions suivantes :**

## Chapitre III : Caractéristiques géométriques des routes

### a) Condition de gauchissement :

Destinée à ne pas accroître le relèvement du virage de manière brutale et à modifier progressivement l'inclinaison du véhicule, de la valeur minimale en alignement droit, à une valeur maximale au début de la courbe circulaire, ceci revient à limiter la pente relative du profil  $\Delta P$ , à une valeur donnée :  $\Delta P \leq 0,5/V_r$ , c'est-à-dire à **02 %/s**.



*Figure III.4 : Longueur de la courbe de raccordement pour la condition de gauchissement*

$$\Delta P = \frac{\Delta h}{L} ; \Delta d = \frac{\Delta h}{l} \Rightarrow \Delta h = l \cdot \Delta d \Rightarrow \Delta P = \frac{l}{L} \cdot \Delta d \dots \dots \dots (11)$$

$$\text{On a : } \Delta P \leq \frac{0,5}{V_r} \Rightarrow \frac{l}{L} \cdot \Delta d \leq \frac{0,5}{V_r} \Rightarrow L \geq \frac{l \cdot \Delta d \cdot V_r}{0,5} \dots \dots \dots (12)$$

$$L \geq 2 \cdot l \cdot \Delta d \cdot V_r \dots \dots \dots (13)$$

Avec :

L : longueur de la courbe de raccordement (m).

l : longueur de la moitié de la route (m)

V<sub>r</sub> : vitesse de référence (Km/h).

$$\Delta d = d_{\max} - d_{\min} \dots \dots \dots (14)$$

### b) Condition de confort dynamique :

Destinée à assurer l'introduction progressive du dévers et de la courbure, de façon à respecter le confort de l'utilisateur, en limitant la variation de la sollicitation transversale (Y<sub>t</sub>: accélération) par unité de temps à une valeur donnée :

$$Y_t \leq g \cdot \frac{5}{V_r} \dots \dots \dots (15)$$

Dans un virage, la sollicitation transversale (force T) est :

$$T = P \left( \frac{v^2}{Rg} - d \right) ; \text{ ce qui donne une accélération } Y_t \dots \dots \dots (16)$$

## Chapitre III : Caractéristiques géométriques des routes

$$Y_t = \frac{T}{m} = \frac{P}{m} \left( \frac{v^2}{Rg} - d \right) \Rightarrow Y_t = g \left( \frac{v^2}{Rg} - d \right) \dots\dots\dots(17)$$

La condition de confort s'exprime par :

$$\begin{cases} \frac{Y_t}{t} \leq \frac{5g}{V_r} \\ t = \frac{L}{v} \end{cases} \Rightarrow g \left( \frac{v^2}{Rg} - d \right) \cdot \frac{v}{L} \leq \frac{5g}{V_r} \Rightarrow L \geq \left( \frac{v^2}{Rg} - d \right) \cdot \frac{v \cdot V_r}{5} \dots\dots\dots(18)$$

$$v = \frac{V_r}{3,6}; v^2 = \frac{V_r^2}{13} \text{ et } g = 9,81 \frac{m}{s^2} \Rightarrow L = \left( \frac{V_r^2}{13 \cdot R \cdot 9,81} - d \right) \cdot \frac{V_r^2}{5,3,6} \dots\dots\dots(19)$$

$$L \geq \left( \frac{V_r^2}{127g} - d \right) \cdot \frac{V_r^2}{18} \dots\dots\dots(20)$$

### c) Condition optique :

Permet d'assurer une visibilité satisfaisante de la route. On admet qu'un arc de raccordement progressif doit se développer dans un angle  $\alpha_0$  d'au moins  $3^\circ$  (soit  $\approx \frac{1}{18}$  rd) pour que le raccordement soit perceptible.

$$\text{tg}\alpha_0 = \frac{L/2}{R} \geq \frac{1}{18} \dots\dots\dots(21)$$

$$L \geq \frac{R}{9} \dots\dots\dots(22)$$

### III.2.1.3.2- Type de courbes de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désirée d'une variation continue de la courbe, on a retenu les trois courbes suivantes :

#### a) La parabole cubique

Cette courbe est d'un emploi limité, vu le maximum de sa courbure vite atteint ; ne convient qu'à des raccordements de très grands rayons. Elle est utilisée dans le tracé des chemins de fer.

#### b) La lemniscate :

Cette courbe est utile pour certains problèmes de tracé de route (par exemple trèfle d'autoroute). Sa courbure est proportionnelle à la longueur du rayon vecteur, mesurée à partir du point d'inflexion ou centre de symétrie.

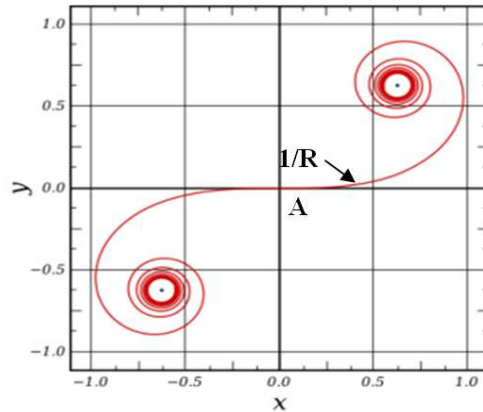
#### c) La clothoïde

Sa courbure est proportionnelle à l'abscisse curviligne (ou longueur de l'arc), mesurée à partir du point d'inflexion. La variation de courbure continue, dans le même sens, entre la courbure nulle et la courbure infinie ( $R=0$ ). Elle permet le raccordement de deux éléments géométriques du tracé faisant entre eux un angle quelconque.

C'est la **courbe idéale** du point de vue **dynamique**. Le véhicule dont le conducteur maintient une vitesse constante (uniforme).

## Chapitre III : Caractéristiques géométriques des routes

Etant théoriquement la courbe de raccordement idéale, **La clothoïde** est la seule courbe qui sera appliquée dans les projets routiers, la clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers. La variation constante de la courbure de la clothoïde correspond pour le conducteur à une rotation constante de son volant (valable pour  $R < 1000$  m ; pour de plus grands rayons la trajectoire est de toute façon polygonale). La clothoïde, si elle est bien choisie, satisfait également aux exigences d'esthétique et de confort optique (perspective).

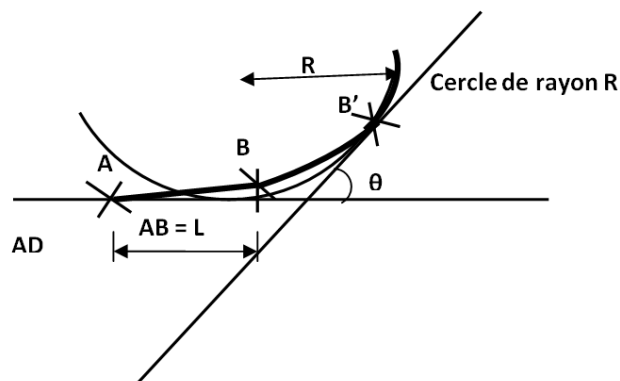


*Figure III.5 : représentation graphique de la clothoïde*

Chaque valeur du paramètre 'A', définit une certaine clothoïde, c à d, à chaque paramètre correspond une seule clothoïde.

La clothoïde est une courbe qui a pour équation :

$$LR = A^2 \dots\dots\dots(23)$$



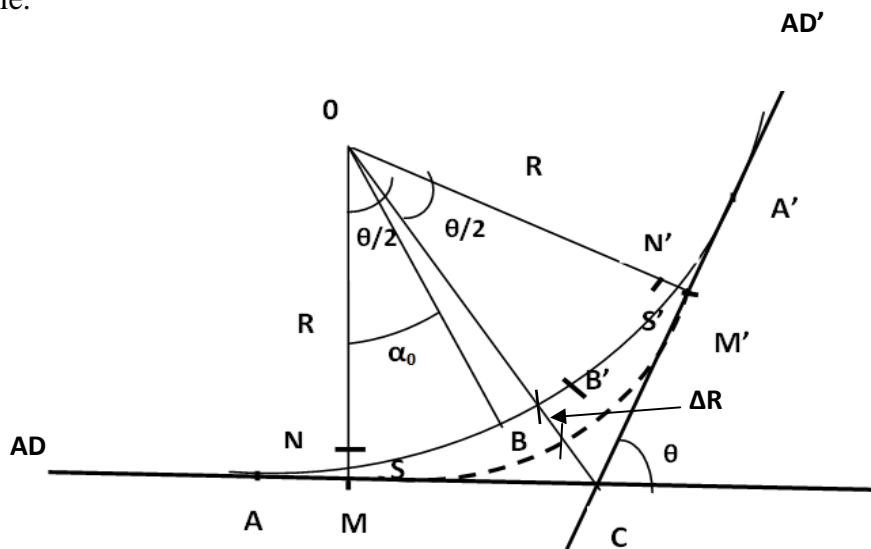
*Figure III.6 : Paramètres constituant la clothoïde*

- Avec :
- L : longueur de la courbe de raccordement
  - R : rayon du cercle
  - A : paramètre de la clothoïde.

## Chapitre III : Caractéristiques géométriques des routes

### a) Construction pratique de la clothoïde :

- On dispose de deux alignements droits (AD) et (AD)' faisant un angle  $\theta$ .
- La vitesse de référence est connue, donc le rayon 'R' est connu ; et la longueur de raccordement 'L' est calculée.
- On trouve les points M et M' aux alignements droits, tels que :  $CM = CM' = R \operatorname{tg} \theta/2$ .
- On trace deux droites perpendiculaires en M et M' aux alignements droits (AD) : leur intersection est le centre du cercle O.
- On relie Met M' par un arc de cercle de rayon R.
- On calcule le ripage  $\Delta R$  du cercle :  $\Delta R = \frac{L^2}{24R}$ .
- On place N, tel que :  $MN = \Delta R$ .
- Le point S milieu de MN et aussi milieu de AB, courbe de raccordement de longueur L, donc  $MS = SN = \frac{\Delta R}{2}$  et  $AS = SB = \frac{L}{2}$ .
- On a ainsi trois (03) points de la clothoïde : A, S et B et deux tangentes.
- On refait la même construction sur l'alignement droit (AD)' CM', puisque OC est un axe de symétrie.



*Figure III.7 : Construction pratique de la clothoïde*

BB' : Arc de cercle.

### b) Chevauchement de deux clothoïdes d'un même virage :

Il faut vérifier que :  $\alpha_0 < \frac{\theta}{2}$

- Si  $\alpha_0 = \frac{\theta}{2}$  : le cercle se réduit à un point.
- Si  $\alpha_0 > \frac{\theta}{2}$  : il y a chevauchement des deux clothoïdes.

On a :  $\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{L}{2R} \dots \dots \dots (24)$

Pour diminuer  $\alpha_0$  , on diminue L ou on augmente R :

- Si L diminué : Risque d'inconfort, à éviter  
On peut diminuer L dans la mesure du possible.  
Si on ne pas varier R et L, alors on augmente  $\theta$ .

## Chapitre III : Caractéristiques géométriques des routes

### Application (03):

Sur une route bidirectionnelle de 6 m de largeur et de vitesse de référence de 60 Km/h, on se propose d'introduire entre deux alignements droits, faisant un angle de  $30^\circ$  entre eux, un virage avec clothoïde.

1- Calculer la longueur de la clothoïde nécessaire pour ce virage.

2- Vérifier que ces deux clothoïdes ne se chevauchent pas.

**Rép :** 1)  $L = \max (L_{\text{gauchissement}} ; L_{\text{cond dynamique}} ; L_{\text{cond optique}}) = 26.66\text{m}$ .

2)  $\alpha_0 = 3,17^\circ < \theta/2 \Rightarrow$  pas de chevauchement entre les deux clothoïdes.

### III.2.2. Profil en long (PEL):

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain suivant un plan vertical passant par l'axe de la route. Il se compose **des segments de droites de déclivité en rampe et en pente** et des **raccordements circulaires**, ou paraboliques.

On appelle **rampe** : La progression croissante de l'inclinaison dans le sens du Kilométrage (montée).

On appelle **pente** : La progression décroissante de l'inclinaison dans le sens du Kilométrage (descente).

Ces pentes et rampes peuvent être raccordées entre elles, soit par des angles saillants ou par des angles rentrants.

- **Règles à respecter lors du tracé du profil en long :**

L'élaboration du tracé de profil en long s'appuiera sur les règles suivantes :

- 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.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux, on placera les zones des dévers nul dans une pente du profil en long.
- Recherche un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Eviter 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 notamment :
  - Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison de cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
  - Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
  - Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

## Chapitre III : Caractéristiques géométriques des routes

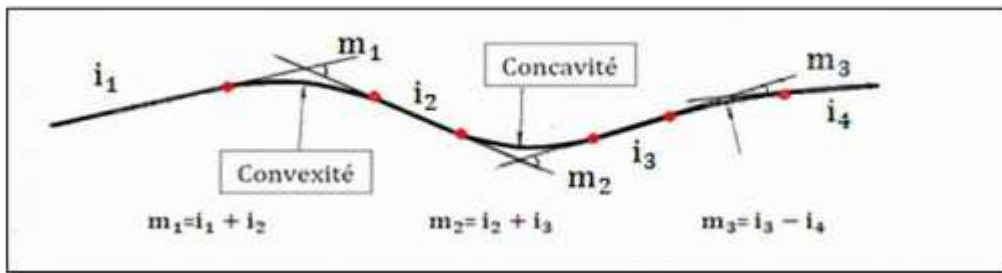


Figure III.8: Eléments géométriques du profil en long

### III.2.2.1. Déclivités :

On appelle déclivité de la route, la tangente de l'angle que fait le PEL avec l'horizontale. Au changement de déclivité, on prévoit des raccordements circulaires, on distingue :

#### a) Angles saillants :

Correspondent aux sommets des côtes. Les rayons correspondants doivent être dimensionnés au regard des contraintes de sécurité et de visibilité. En fonction des caractéristiques du tracé en plan, on s'attachera à garantir la visibilité sur obstacle ou pour dépassement.

#### b) Angles rentrants :

Correspondent aux creux des PEL. Les rayons ne posent pas de problèmes de sécurité majeurs mais leur dimensionnement est essentiellement conditionné par des contraintes de confort dynamiques, les conditions de visibilité nocturnes et l'évacuation des eaux de ruissellement.

#### III.2.2.1.1. Valeurs extrêmes des déclivités :

##### a) Pente minimale :

Les tronçons de routes horizontaux (en palier) sont à éviter. La pente transversale ne suffit pas à l'évacuation des eaux pluviales accumulées, pour permettre l'écoulement longitudinal dans les fossés ou canalisations, on prévoit une pente minimale de 0,5 à 1 %.

##### b) Pente maximale :

Les véhicules modernes sont munis de dispositifs de freinage puissants. La seule restriction est que ces pentes ne soient pas trop longues (max : 1,5 à 2 km).

**c) Rampe maximale :** Bien que les poids lourds soient capables actuellement de gravir de fortes rampes, ils ne le font qu'à faible vitesse et au prix d'une forte consommation de carburant.

L'augmentation excessive des rampes présente les inconvénients suivants :

- faible vitesse et gêne de la circulation,
- consommation excessive de carburant d'où prix de revient élevé pour le transport.

La rampe maximale correspond à la valeur pour laquelle le véhicule n'avance plus et commence à patiner, elle est donnée par le tableau suivant:

## Chapitre III : Caractéristiques géométriques des routes

Tableau III.2 : Valeurs des rampes en fonction de la vitesse de référence

Vitesse (Km/h)	40	60	80	100	120
Rampe max (%)	8	7	6	5	4

### III.2.2.2. Raccordement en profil en long :

Le changement des déclivités constitue des points particuliers au niveau du profil en long. A cet effet, le passage d'une déclivité à une autre doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire, où leur conception est subordonnée à la prise en considération de la visibilité et du confort. On distingue donc deux types de raccordement :

#### III.2.2.2.1. Raccordements convexes (saillants) : (Franchissement d'un sommet)

Le rayon minimum en raccordement des angles saillants (sommets) noté  $R_v$  est déterminé en fonction des conditions de visibilité et de confort.

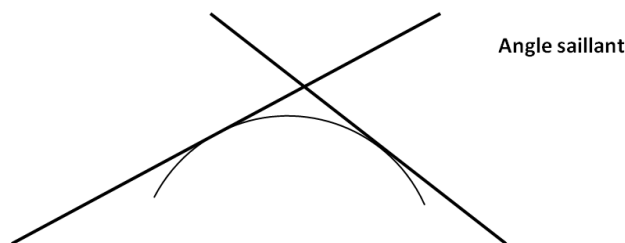


Figure III.9 : Angle Saillant

#### a) Condition de visibilité :

La visibilité doit être suffisante. Un conducteur dont le rayon visuel rase le sommet doit voir de l'autre côté de la courbe soit un obstacle, soit un véhicule suffisamment tôt pour s'arrêter, soit pour dépasser.

Le conducteur du véhicule doit s'apercevoir de l'obstacle suffisamment tôt.

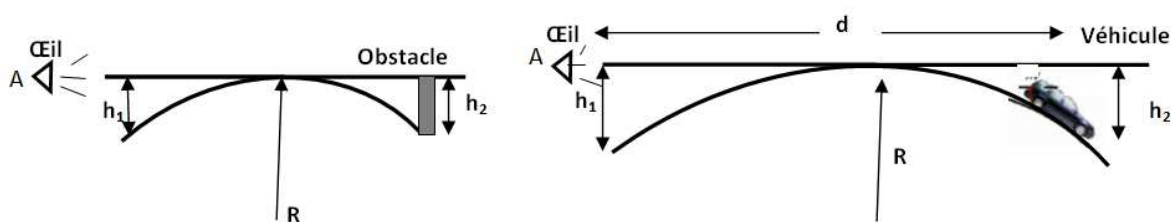


Figure 10 : schématisation de la condition de visibilité

**A** : œil du conducteur.

**$h_1$**  : hauteur du niveau de l'œil du conducteur A.

**$h_2$**  : hauteur de l'obstacle ou du véhicule venant en sens inverse.

**$d$**  : distance de visibilité.

## Chapitre III : Caractéristiques géométriques des routes

$$R = \frac{d^2}{2(h_1 + h_2 + 2\sqrt{h_1 h_2})} \dots \dots \dots (25)$$

### b) Condition de confort :

Lorsque le PEL comporte une courbe à forte courbure,

Le véhicule est soumis à une forte accélération verticale qui affecte le confort des usagers. On estime que l'accélération verticale ne doit pas dépasser :

$$\frac{g}{40} \text{ ou } 0,25 \text{ m/s}^2 \Rightarrow \frac{V^2}{RV} < \frac{g}{40} \dots \dots \dots (26)$$

### III.2.2.2.2. Raccordements concaves (angles rentrants) :

Dans le cas de raccordement dans les points bas, la visibilité du jour n'est pas déterminante, plutôt c'est pendant la nuit qu'on doit s'assurer que les phares du véhicule devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle, la visibilité est assurée pour un rayon noté  $R'_v$  est déterminé en fonction de la condition de phare.

#### - Condition de phare :

Le faisceau des phares d'axe horizontal, doit pouvoir éclairer au moins la distance d'arrêt  $d_1$ .

$$R'_v = \frac{d^2}{1,5 + 0,035d_1} \dots \dots \dots (27)$$

D'ou :  $Rv \geq 0,3 V^2$  (cat. 1-2).

$Rv \geq 0,23 V^2$  (cat 3-4-5).

Tel que :

$R'_v$  : c'est le rayon vertical (m).

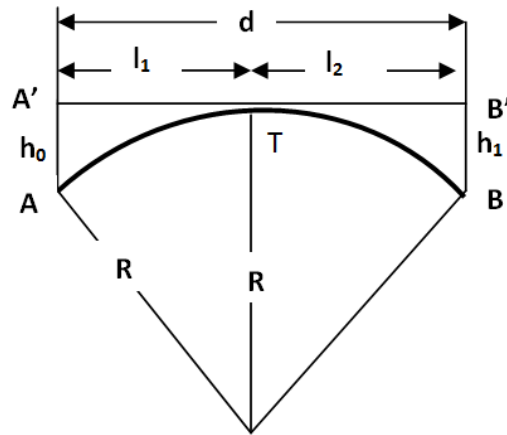
$V$  : vitesse de référence (km/h).

### III.2.2.2.3. Rayon de courbure en profil :

Aux changements de déclivité en PEL, on prévoit les raccordements circulaires de grands rayons :

#### a) Rayons minimaux en angles saillants : ( $R_v$ )

Le rayon minimal est déterminé comme suit



**Figure III.11** : schématisation du rayon minimal en angle saillant

$$AA' = h_0; BB' = h_1; (R + h_0)^2 = l_1^2 + R^2; (R + h_1)^2 = l_2^2 + R^2 \dots \dots \dots (28)$$

$$(R + h_0)^2 = R^2 + h_0^2 + 2Rh_0 = l_1^2 + R^2 \dots \dots \dots (29)$$

$$(R + h_1)^2 = R^2 + h_1^2 + 2Rh_1 = l_2^2 + R^2 \dots \dots \dots (30)$$

$$h_0^2 \text{ et } h_1^2 \text{ sont négligés } \Rightarrow 2Rh_0 = l_1^2 \text{ et } 2Rh_1 = l_2^2 \dots \dots \dots (31)$$

$$d = l_1 + l_2 = \sqrt{2Rh_0} + \sqrt{2Rh_1} = \sqrt{2R}(\sqrt{h_0} + \sqrt{h_1}) \dots \dots \dots (32)$$

$$d^2 = 2R(\sqrt{h_0} + \sqrt{h_1})^2 \dots \dots \dots (33)$$

$$R_v = \frac{d^2}{2(h_0 + h_1 + 2\sqrt{h_0 h_1})} \dots \dots \dots (34)$$

Les valeurs à donner à d,  $h_0$  et  $h_1$  sont prises selon le type de chaussée :

- **Chaussées unidirectionnelles (04 voies ou 02 chaussées) :**

$h_0 = 1,10 \text{ m}$  } Risque de collision avec un obstacle fixe  
 $h_1 = 0,15 \text{ m}$  }

$d = d_1 = \text{distance d'arrêt.}$

Le rayon minimal absolu est :

$$R_{vm1} = \frac{d_1^2}{2(1,10 + 0,15 + 2\sqrt{1,10 * 0,15})} \dots \dots \dots (35)$$

$$R_{vm1} = 0,24d_1^2 \text{ (m)} \dots \dots \dots (36)$$

- **Chaussées bidirectionnelles (route 02 ou 03 voies) :**

$h_0 = 1,10 \text{ m}$  } Véhicule venant en sens inverse  
 $h_1 = 1,20 \text{ m}$  }

$d = d_{Md} = \text{distance de manoeuvre de dépassement.}$

Le rayon minimal absolu est :

## Chapitre III : Caractéristiques géométriques des routes

$$R_{Vm2} = \frac{d_{1Md}^2}{2(1,10 + 1,20 + 2\sqrt{1,10 * 1,20})} \dots \dots \dots (37)$$

$$R_{Vm2} = 0,11d_{1Md}^2 \quad (m) \dots \dots \dots (38)$$

• **Remarques :**

- Les rayons minimaux normaux  $R_{vn}(Vr) = R_{vm}(Vr+20) \Leftrightarrow$  normaux  $R_{vn1}(Vr) = R_{vm1}(Vr+20)$  et normaux  $R_{vn2}(Vr) = R_{vm2}(Vr+20)$ .
- Il n'existe pas de valeur de  $R_{vm2}$  et  $R_{vn2}$  pour  $V_r = 120$  Km/h, car cette valeur de  $V_r$  ne s'applique pas aux routes bidirectionnelles de 02 ou 03 voies.
- Pour les chaussées bidirectionnelles, on doit assurer au moins sur la moitié du parcours la distance de visibilité minimale  $d_d$ . le rayon assurant cette condition pour les hauteurs  $h_0 = 1,10$  m (œil) et  $h_2 = 1,20$  m (véhicule) est le rayon de liberté de dépassement  $RV_D$ .

$$RV_D = 0,11 d_d^2 \quad (m) \dots \dots \dots (39)$$

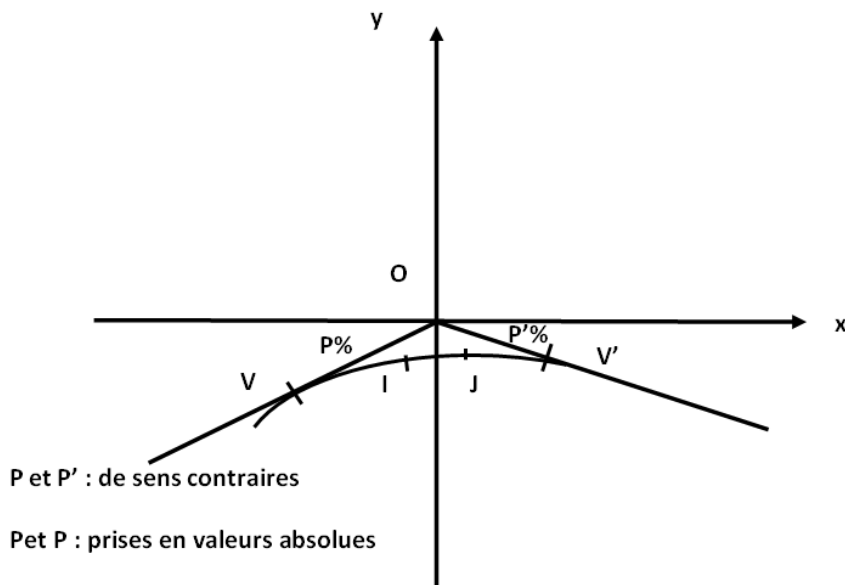
### III.2.2.2.4. Détermination pratique des éléments de raccordement en PEL :

Dans la pratique, on remplace le cercle de raccordement d'équation  $x^2 + y^2 - 2Ry = 0$  par une parabole d'équation :  $x^2 - 2Ry = 0$ , qui est caractérisée par quatre (04) points :

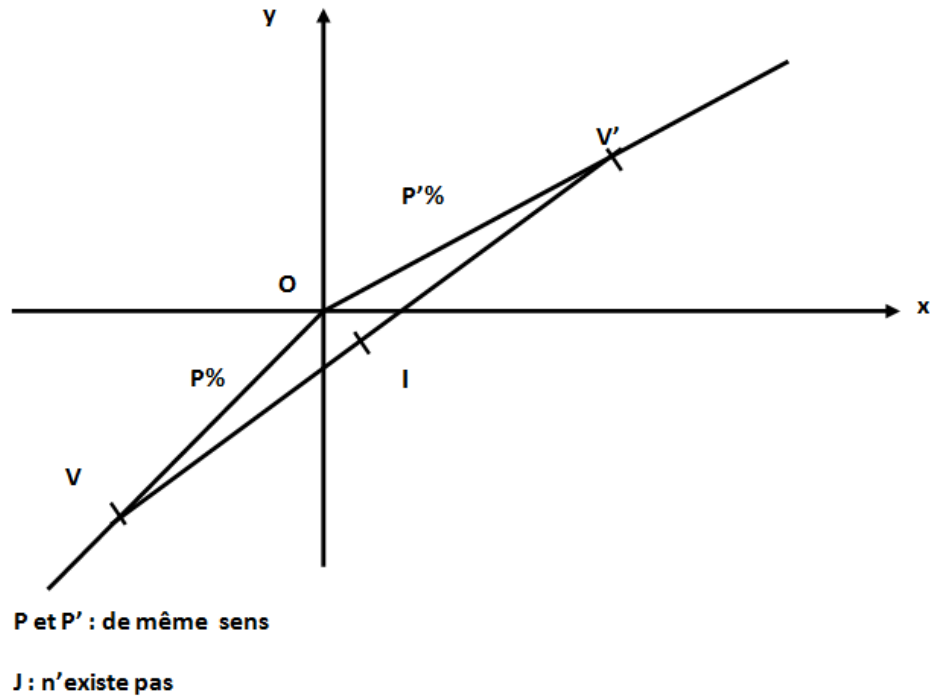
V, V' : points de tangence avec les AD.

I : milieu du raccordement, sur la bissectrice des 2 AD.

J : sommet de la parabole, lorsqu'il existe.



(a)



(b)

*Figure III.12 : Cas (a) et (b) : Eléments de raccordement en PEL*

Dans un repère Oxy, les coordonnées des quatre (04) points sont :

$$V \begin{cases} |x_V| = \begin{cases} R \cdot \frac{P+P'}{2} : \text{si } P \text{ et } P' \text{ sont de sens contraires} \\ R \cdot \left| \frac{P-P'}{2} \right| : \text{si } P \text{ et } P' \text{ sont de meme sens} \end{cases} \dots\dots\dots(40) \\ |y_V| = P \cdot |x_V| \end{cases}$$

$$V' \begin{cases} |x_{V'}| = \begin{cases} R \cdot \frac{P+P'}{2} : \text{si } P \text{ et } P' \text{ sont de sens contraires} \\ R \cdot \left| \frac{P-P'}{2} \right| : \text{si } P \text{ et } P' \text{ sont de meme sens} \end{cases} \dots\dots\dots(41) \\ |y_{V'}| = P' \cdot |x_{V'}| \end{cases}$$

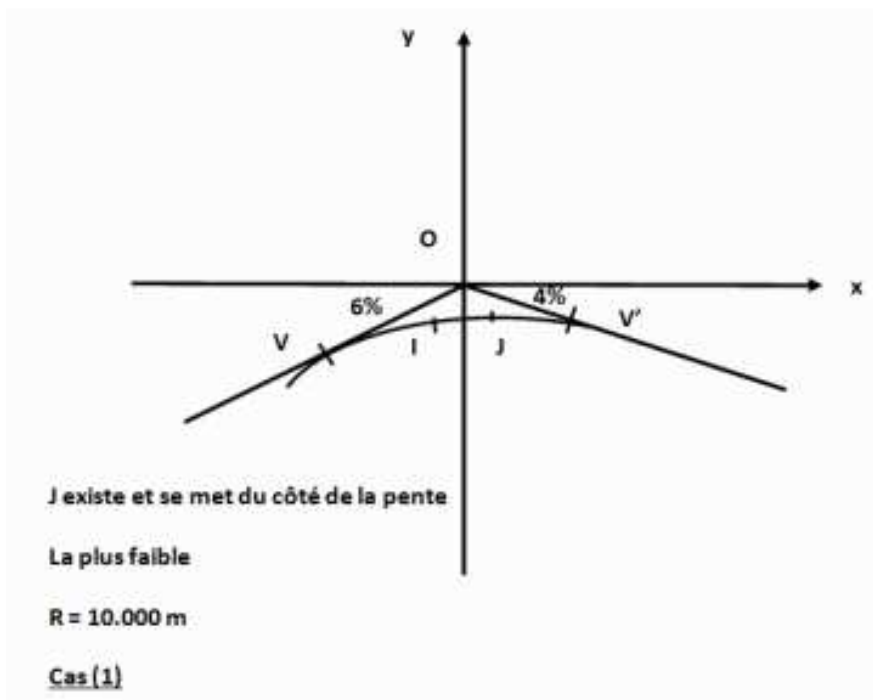
## Chapitre III : Caractéristiques géométriques des routes

$$I \left\{ \begin{array}{l} x_I = 0 \ ; \ x_I = \frac{P^2 - P'^2}{8} = 0 \text{ (en géométrie routière)} \\ y_I = \frac{Y_V + Y_{V'}}{4} \end{array} \right. \dots\dots\dots (42)$$

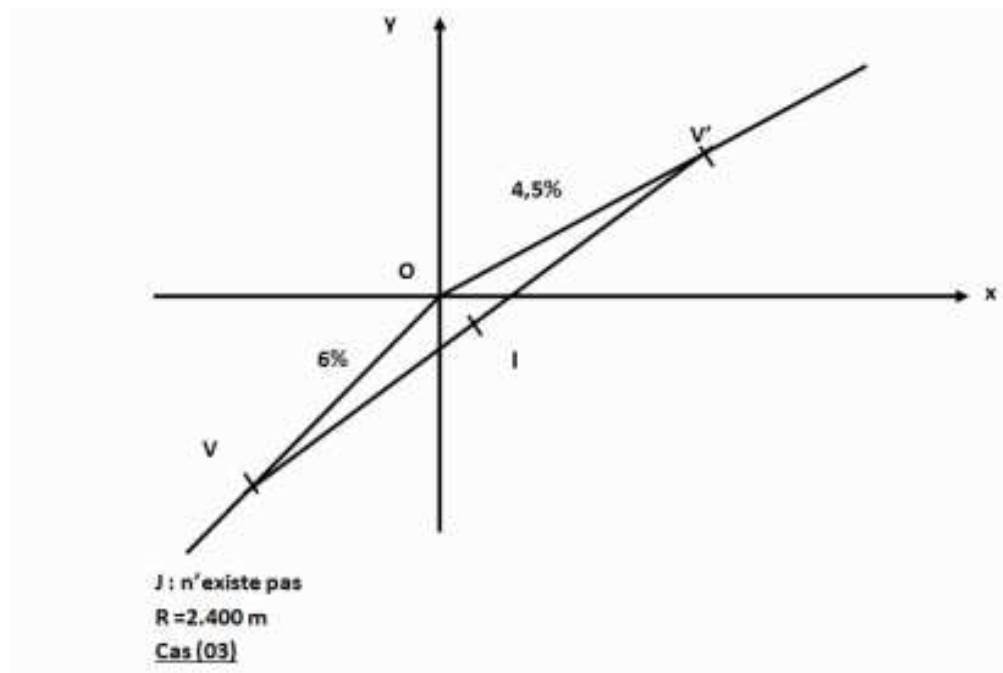
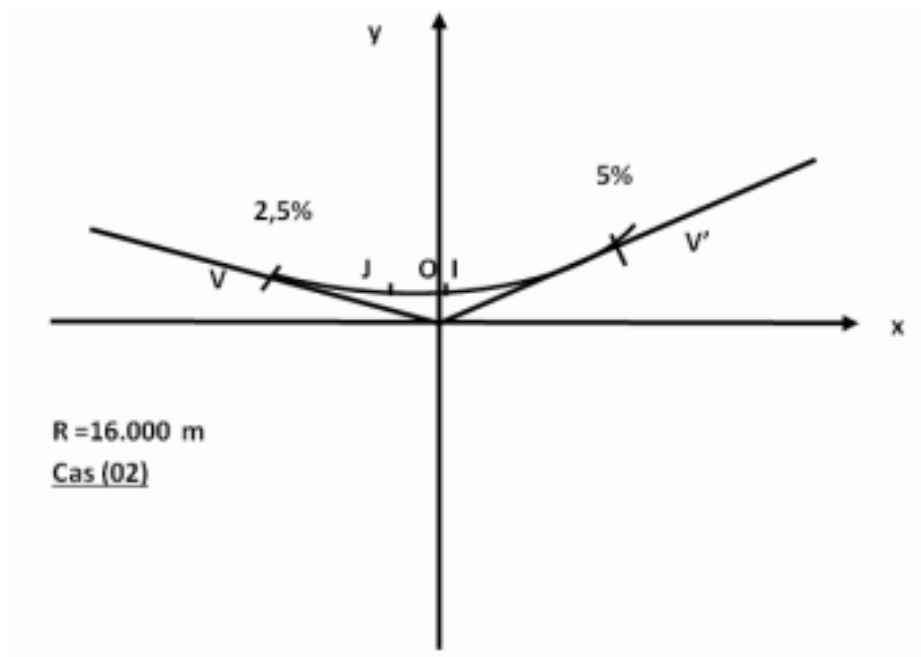
$$J \left\{ \begin{array}{l} |x_J| = R \cdot \left| \frac{P - P'}{2} \right| \\ |y_J| = \frac{RPP'}{2} \end{array} \right. \text{ quand il existe } \dots\dots\dots (43)$$

**Application (04):**

Déterminer les éléments de raccordement des profils dans les trois cas suivants :



## Chapitre III : Caractéristiques géométriques des routes



**Rép :**

Cas (1) : V (-500 m ; - 30 m) ; V'(500 m ; - 20 m) ; I(0 m ; - 12,5 m) ; J(100 m ; - 12 m) .

Cas (2) : V (-600 m ; 15 m) ; V'(600 m ; 30 m) ; I(0 m ; 11,25 m) ; J(-200 m ; 10 m) .

Cas (3) : V (-18 m ; -1,08 m) ; V'(18 m ; 0,81 m) ; I(0 m ; -0,675 m) ; J n'existe pas .

### III.2.2.3. Coordination du tracé en plan et profil en long (TEP-PEL) :

Le respect des bonnes conditions de visibilité et la garantie d'une bonne lisibilité de l'itinéraire par l'utilisateur imposent de veiller à une bonne coordination des éléments du tracé en plan et du profil en

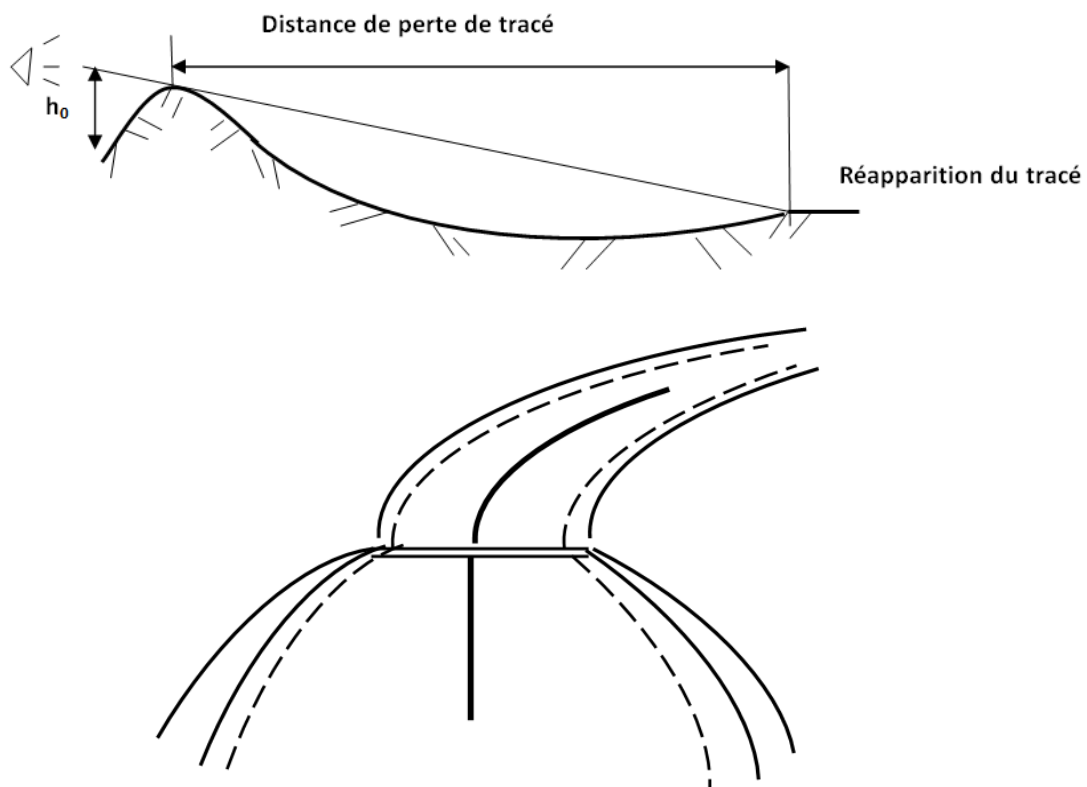
## Chapitre III : Caractéristiques géométriques des routes

long. C'est la combinaison de ces deux éléments qui conditionnent l'image offerte réellement à l'utilisateur, et ce fait, est le paramètre déterminant vis à vis de son comportement.

Outre les objectifs d'intégration dans le site, cette coordination vise également en termes de sécurité à assurer pour l'utilisateur :

- La perception des points singuliers de l'itinéraire (carrefours, échangeurs,...),
- La prévision anticipée des évolutions du tracé,
- L'appréciation de l'adaptation au terrain sans être abusé par des trompe-l'œil ou gêné par des brisures ou des discontinuités.

Les pertes de tracé, si elles ne sont pas gênantes pour l'utilisateur, peuvent parfois engendrer une perception erronée du tracé routier de jour comme de nuit. En conséquence, il est nécessaire d'assurer la visibilité d'une longueur de route compatible avec la distance d'accommodation moyenne pour la vitesse pratiquée (distance conducteur – point sur lequel il fixe son attention). En cas d'impossibilité, on évitera la réapparition de la route à une distance inférieure à cette longueur.



*Figure III.13 : distance de perte de tracé*

Pour cette approche, il est nécessaire d'utiliser des perspectives qui permettent une synthèse entre les deux éléments en deux dimensions. L'expérience acquise dans ce domaine permet d'édicter quelques règles simples à respecter :

## Chapitre III : Caractéristiques géométriques des routes

- Essayer de faire coïncider les courbes de tracé en plan avec les courbes de profil en long en essayant de respecter une proportion entre le rayon en plan et le rayon en profil en long par exemple retient (**R vertical > 6 R horizontal**),
- Eviter qu'un début de courbe faible (< 300m) se situe en point haut de profil en long car cela entraîne une dégradation de la perception du virage,
- Eviter de positionner des carrefours ou accès en point haut, courbes ou zone de visibilité réduite (éventuellement côté externe des courbes non déversées après vérification des conditions de visibilité).

### III.2.3. 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 les données nécessaires à leur réalisation, 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, pentes des surfaces et talus,...etc).

Pour la bonne compréhension du profil en travers, quatre précisions doivent être apportées :

- La chaussée, au sens géométrique du terme, est limitée par le bord interne du marquage de rive ;
- La largeur de voie comprend une part du marquage de délimitation des voies ;
- L'accotement comprend une bande dérasée, constituée d'une surlargeur de chaussée supportant le marquage de rive et d'une bande stabilisée ou revêtue et la berme ;
- La bande dérasée de gauche est une zone dégagée de tout obstacle, située à gauche des chaussées unidirectionnelles. Elle supporte le marquage de rive ; elle peut être d'une structure plus légère que la chaussée.

#### III.2.3.1. Les types de profil en travers :

##### III.2.3.1.1 Profil en travers type :

Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais et mixte). L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la côte du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements.

La détermination du profil en travers constitue à définir la largeur de la chaussée et ses annexes.

##### III.2.3.1.2 Profil en travers courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à une distance régulière (10, 15, 20, 25 m...) qui sert à calculer les cubatures.

## Chapitre III : Caractéristiques géométriques des routes

### III.2.3.2. Les éléments de profil en travers :

Le profil en travers est constitué de (figure III.14) :

- **La chaussée** : C'est la partie affectée à la circulation des véhicules.
- **La largeur rouable** : Elle comprend les sur largeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt.
- **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, ...ect) limitée 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** : Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées.
- **Le fossé** : C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et talus et les eaux de pluie.

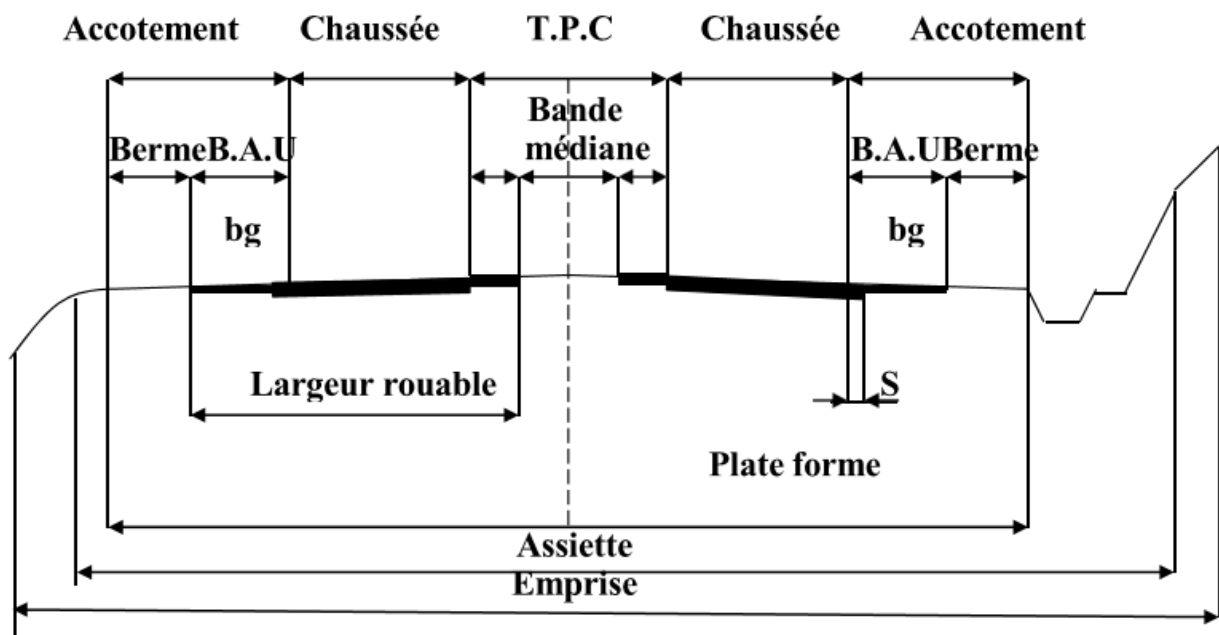


Figure III.14 : Les éléments du profil en travers type.

Le tableau III.3, récapitule les paramètres géométriques de la route.

## Chapitre III : Caractéristiques géométriques des routes

Tableau III.3 : Les paramètres géométriques de la route

Paramètre	Unité	Valeurs des paramètres en fonction de l'environnement		
		Facile	Moyen	Difficile
- Vitesse de référence (VR)	Km/h	120	100	80
<b>- Tracé en plan</b>				
Alignement droit maximum (L)	m	2400	2000	1600
Rayon minimum normal (R)	m	1000	650	450
Rayon minimum absolu (R)	m	650	450	250
Rayon non dévers (R)	m	1500	900	650
Clothoïde minimum normal (A)	m	350	250/225	200/175
Clothoïde minimum absolu (A)	m	275/250	225/200	175/150
Rayon minimum sans courbe de transition (R)	m	3000	3000	1500
<b>- Profil en long</b>				
Déclivité maximum (Rampe)	%	4	5	5
Déclivité minimum au divers nul (Pente)	%	5	6	6
Raccordement convexe (RV)	%	10000	6000	3000
Raccordement concave (R'V)	%	4200	3000	2200
<b>- Profil en travers</b>				
Largeur de la voie	m	3,5	3,5	3,5
Dévers minimum	%	2,5	2,5	2,5
Devers de la voie	%	7,0	7,0	7,0

### Conclusion :

Une bonne géométrie d'une route est caractérisée par la bonne fixation des trois éléments : tracé en plan, profil en long, profil en travers. Cette fixation concerne, non seulement le respect des principes fondamentaux des différentes disciplines (physique, mécanique, mathématiques,... etc) mais aussi, vise à atteindre des objectifs afin d'avoir une route qui répond aux exigences.

# Conclusion générale

Le présent cours, cerne une synthèse de normes et de connaissances, qu'un étudiant inscrit en travaux publics doit connaître, elles sont réparties en des unités pédagogiques, comme suit :

## **a. Caractéristiques générales de la circulation routière**

Cette unité d'apprentissage comprend un bref historique et intérêt socio-économique de la route, tout en donnant une description générale du réseau routier Algérien, puis, des notions portant sur les caractéristiques des routes, à savoir le trafic routier, la classification, l'environnement et capacité des routes et enfin, un exemple d'application, qui traite la détermination de la capacité de la route (nombre de voies) en fonction des caractéristiques définies.

## **b. Mouvement des véhicules**

Cette unité d'apprentissage englobe deux grandes parties, la première, portant sur les deux éléments de circulation qui sont le conducteur (tout en citant les éléments influant sur sa conduite), ainsi que le véhicule (en définissant ses caractéristiques générales). la deuxième, porte sur la détermination de certains paramètres à savoir, la puissance et les distances de freinage et d'arrêt pour véhicule isolé, ainsi que les distance de sécurité entre deux véhicules , distance nécessaire pour exécuter un dépassement et les distances de visibilité de dépassement et de manœuvre de dépassement.

## **c. Caractéristiques géométriques des routes**

Cette unité cerne en premier lieu, les principes généraux de construction des routes (influences naturelles, influences techniques et économiques et sécurité d'exploitation et de confort), en deuxième lieu, les caractéristiques géométriques des routes, à savoir le tracé en plan, tout en définissant ses éléments géométriques (alignements droits ;arcs de cercle et raccordement a courbures progressives), profil en long (déclivités, raccordement en profil en long et coordination du tracé en plan et profil en long), et le profil en travers (types et éléments de profil en travers).

## Références bibliographiques

- [1]. M. Faure. « Cours de routes ». Tomes 1 et 2. Aléas.
- [2]. L. Gagnon. « Techniques routières ». Modulo.
- [3]. « B40 » : Normes techniques d'aménagement des routes en Algérie ».
- [4]. « B20 » : Normes techniques d'aménagement des routes en Algérie ».
- [5]. Collections SETRA-LCPC. France.
- [6]. R. Coquand. « Routes ». Tomes 1 et 2, Eyrolles.
- [7]. Collections OPU, Algérie.