

Matière :
Géotechnique Routière

Chapitre I :
Géométrie des Routes

Partie :
I.1 Généralités

I.1 Notions et définitions de base

Les travaux publics, notamment le domaine des routes, constituent un secteur stratégique, et participent au développement économique et social des pays, des villes, des provinces, et des régions lointaines. Le terme route vient du mot latin «viarupta» qui signifie voie frayée. C'est donc une voie de communication terrestre permettant de relier un point à un autre, un village à un autre, etc.

I.1.1 Classification de routes

I.1.1.1 Définition

Une **route** est une voie terrestre (au niveau du sol, pénétrant le sol par un tunnel ou sur viaduc) aménagée pour permettre la circulation de véhicules à roues. Elle est classée en plusieurs catégories.

I.1.1.2 Classification donnée par : BOS Nicolae 1984

Les voies de communication terrestres peuvent être répertoriées selon plusieurs critères. Elles sont classifiées, de point de vue administratif, d'après la vitesse de référence, elle-même établie en fonction des conditions du terrain (BOS Nicolae 1984, 2^{ème} Edition).

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

I.1.1.3 Classification de routes en Algérie

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

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

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

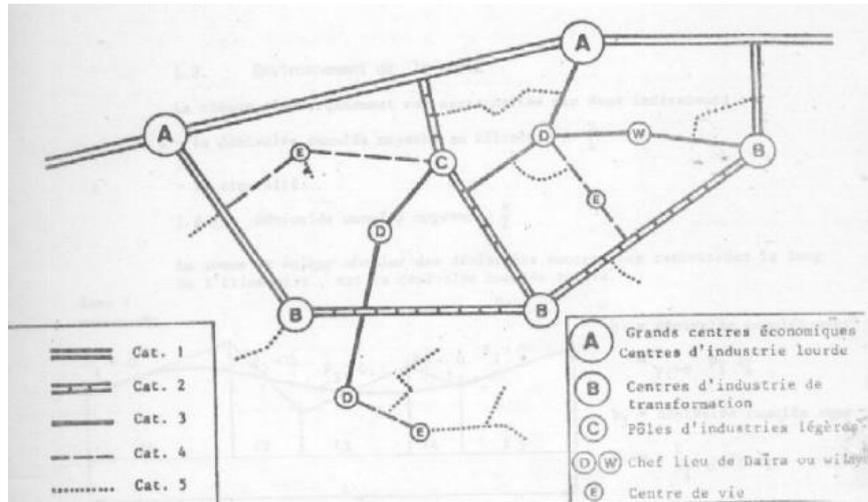


Figure I.1 : Classification des routes en Algérie.

I.1.2 Paramètres de dimensionnement des structures de chaussées et élargissements des voies

Le dimensionnement d'une chaussée neuve ou l'élargissement d'une voie existante fait intervenir plusieurs paramètres. Ceux considérés les plus significatifs sont ci-dessous décrits:

- Vocation de la voie ;
- Trafic en poids lourds (PL) ;
- Agressivité du trafic PL ;
- Durée de service ;
- Classement géotechnique des sols naturels ;
- Etat hydrique du sol support et sa sensibilité à l'eau ;
- Type d'hiver et indice de gel ;

I.1.2.1 Vocation de la voie

Les voiries routières font généralement partie du domaine public, et ont pour vocation de desservir le territoire communal, départemental, national, etc. C'est-à-dire de relier les principaux lieux de vie et d'activités économiques et touristiques. La vocation d'une route est souvent affectée par la situation géographique (centre ville, périphérie, zone rurale,...) et par la présence de réseaux souterrains. Les voies communautaires sont classées, d'après leur vocation, en 4 grandes catégories à savoir:

- Des voies situées en périphérie d'agglomération. Ces voies sont dites de **transit périurbain** et des voies en **zones industrielles** (ZI).
- Des voies permettent de structurer l'agglomération et d'assurer des liaisons internes à celle-ci. Ces voies sont dites de **liaisons, structurantes ou pénétrantes**.
- Des voies pour lier les chemins communaux à la zone urbaine. Ces voies sont dites de **desserte** (le fait desservir).
- Des voies situées en dehors des zones agglomérées. Ces dernières sont appelées **voies de lotissement ou voies rurales**.

I.1.2.2 Trafic en poids lourds (PL)

Dans le jargon technique (ou terminologie technique), le mot **trafic** exprime le nombre de passages de véhicules dans une période déterminée pour **une seule voie de circulation**. Les chaussées sont

dimensionnées par rapport au trafic en poids lourds (PL). Ce, car seuls les véhicules de poids total en charge autorisé (PTCA) ont un effet significatif sur le comportement des chaussées.

L'influence des véhicules en PL sur les chaussées est plutôt référée à la charge par essieu. Un essieu chargé de 130kN est, en moyenne, 4 à 5 fois plus agressif qu'un essieu chargé à 100kN. A l'opposé, les véhicules légers ont un effet négligeable sur les chaussées. Ils provoquent seulement une usure de la couche de roulement et éventuellement une pollution de celle-ci. Ainsi, le seul trafic qui sera pris en compte pour le dimensionnement des chaussées est celui du **trafic lourd**. C'est-à-dire celui relatif aux véhicules utilitaires et au transport en commun (J. RAMPIGNON 1994 ,1998 et 2009).

1.1.2.3 Agressivité du trafic poids lourds (PL)

Le dimensionnement d'une chaussée tient aussi compte de l'agressivité du trafic qu'elle subit. Le terme agressivité désigne les dommages causés à une chaussée par le passage d'un ou de plusieurs essieux. Cette agressivité est, en majorité, due au passage des véhicules en poids lourd (J. RAMPIGNON 1994 ,1998 et 2009).

1.1.2.4 Durée de service

La durée de service d'une chaussée est définie comme étant la période du temps pour laquelle l'ouvrage réalisé n'aura pas un entretien structurel.

1.1.2.5 Classement géotechnique des sols naturels

Les sols naturels sont constitués d'éléments granulaires pouvant se séparer par simple mouvement ou éventuellement sous l'action d'un courant d'eau. La classe géotechnique d'un sol en place est déterminée sur la base d'essais de laboratoire pratiqués sur des échantillons représentatifs de ce dernier effectué dans des conditions standards. Le **Guide Technique Routier (GTR)** définit quatre grandes classes géotechniques de sols naturels. Ces classes se distinguent par leurs propriétés physiques et mécaniques. Celles-ci sont:

- **Classe A:** Cette classe regroupe les sols fins. Elle est subdivisée en quatre sous classes: A1, A2, A3 et A4 ;
- **Classe B:** Cette classe regroupe les sols sableux et graveleux contenant des fines. Elle est subdivisée en six sous-classes: B1, B2, B3, B4, B5 et B6 ;
- **Classe C:** Cette classe regroupe les sols comportant des fines et des gros éléments. Elle est subdivisée en deux sous classes: C1 et C2. (**Remarque** : Le sous-classement, en fonction de l'état hydrique et du comportement des sols de cette classe, s'établit en considérant celui de leur fraction 0/50 mm qui peut être un sol de la classe A ou de la classe B) ;
- **Classe D:** Cette classe regroupe les sols insensibles à l'eau. Elle est subdivisée en trois sous-classes: D1, D2 et D3.

1.1.2.6 Etat hydrique du sol support

En plus du classement géotechnique du sol, l'état hydrique joue un rôle essentiel en termes de possibilité de réutilisation des matériaux et de l'aptitude au compactage. Cinq états hydriques sont usuels dans la pratique: très humide (**th**), humide (**h**), moyen (**m**), sec (**s**) et très sec (**ts**).

L'état hydrique du **sol support** est pris en compte à travers la portance de celui-ci. Cette portance est estimée à partir de **l'essai de poinçonnement CBR** dont les conditions d'imbibition (immédiat ou à 4 jours) sont liées à la zone climatique considérée.

1.1.2.7 Type d'hiver et Indice de gel

L'appréciation de la tenue de la chaussée est établie par une vérification menée séparément et après étude de la tenue mécanique sous trafic en poids lourds. Pour effectuer cette vérification, il est indispensable de retenir certaines définitions tirées de la **norme NF P 98-080-1**, en l'occurrence:

- **L'hiver de référence:** C'est l'hiver contre les effets pour lesquels on désire protéger une chaussée pour une région donnée ;
- **L'hiver rigoureux exceptionnel:** C'est l'hiver le plus sévère rencontré dans la période pour laquelle on dispose de statistiques complètes. Il correspond au plus fort indice de gel relevé ;
- **L'indice de gel:** Cet indice caractérise la sévérité (le danger) de l'hiver de référence. Il est exprimé en degrés Celsius par jour (C^o.J). L'indice de gel correspond, pour un lieu et une période donnés, à la valeur absolue de la somme des températures moyennes journalières négatives ;
- **L'indice de gel admissible:** C'est la limite en dessous de laquelle les phénomènes de perte de portance et de gonflement sont suffisamment modérés (acceptable) pour que des désordres ne puissent pas apparaître, ce qui permet d'éviter l'introduction des restrictions (recommandations) de circulation.

1.1.3 Objectifs visés par l'élargissement des voies

L'élargissement des voies routières a pour but d'améliorer le niveau de service de celles-ci à travers :

- L'amélioration du système de drainage ;
- L'augmentation de la capacité de la route ;
- L'amélioration de la sécurité et la réduction du temps de parcours ;
- L'amélioration des flux du trafic routier entre les régions ;
- La réduction des risques d'accidents vis-à-vis des piétons et des véhicules ;
- Doter la chaussée d'une structure adéquate capable de supporter le trafic actuel et futur ;
- L'amélioration du niveau de service et les conditions de circulations de la route par la fluidification du trafic routier ;
- L'amélioration substantielle de la qualité de l'air grâce à la réduction des émissions des véhicules et la limitation des nuisances sonores sur la route.

1.1.4 Choix des itinéraires

1.1.4.1 Règles à respecter dans le tracé en plan

Dans ce paragraphe on va citer les règles qu'il faut les tenir en compte (*sauf dans des cas exceptionnels*) lors de la conception du **tracé en plan**. L'élaboration du tracé en plan s'appuiera sur les règles suivantes [6]:

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur ;
- Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement ;
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage ;
- Rechercher un équilibre entre les volumes de remblais et les volumes de déblais.
- Eviter une hauteur excessive en remblai ;

I.1.4.2 Environnement de la route

L'environnement est par définition l'état actuel de **relief**, et il y a trois classes d'environnement (**E₁**, **E₂** et **E₃**) ont été proposées et sont caractérisées par deux indicateurs:

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

Tableau I.1: Classification du relief en fonction de la dénivelée cumulée moyenne

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

Tableau I.2: Classification de la sinuosité (ϕ)

N° de code	La dénivelée cumulée moyenne « $\phi = h /L$ »	Classification
1	$\phi \leq 0.1$	Faible
2	$0.1 < \phi \leq 0.3$	Moyenne
3	$0.3 < \phi$	Forte

L'association de deux paramètres précédents (sinuosité moyenne et dénivelée cumulée moyenne), nous donne les trois types d'environnement et ceci selon le **Tableau I.3** ci –dessous :

Tableau I.3: Environnement en fonction du relief et de la sinuosité

		Sinuosité		
		Faible	Moyenne	Forte
Relief	Plat	E ₁	E ₂	E₃
	Vallonné	E ₂	E ₂	E ₃
	Montagneux	E₁	E ₃	E ₃

I.1.4.3 Projection d'une voie routière sur un tracé en plan selon son environnement



Figure I.2 : Choix des itinéraires

I.1.5 Trafics routiers

L'étude du trafic routier est un élément essentiel qui doit être préalable à tout projet de réalisation ou d'aménagement d'infrastructures de transport, elle permet de déterminer le type d'aménagement qui convient et, au-delà les caractéristiques à lui donner depuis le nombre de voie jusqu'à l'épaisseur de différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée.

L'étude de trafic constitue un moyen important de saisie des grands flux à travers un pays ou une région, elle représente une partie appréciable des études de transport, et constitue parallèlement une approche essentielle de la conception des réseaux routiers.

Cette conception repose, sur une partie stratégique, planification sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, qui est nécessaire pour:

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

I.1.5.1 Analyse des trafics existants

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

I.1.5.1.1 Mesure des trafics

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires:

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

I.1.5.1.2 Méthodes de comptages des trafics

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

- Les comptages manuels.
- Les comptages automatiques.

a- Les comptages manuels

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

b- Les comptages automatiques

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

- **Les comptages permanents:** sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes: réseau autoroutier, réseau routier national et le chemin de Wilaya les plus circulés.
- **Le comptage temporaire:** s'effectue une fois par an durant un mois pendant la période où le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournant.

L'inconvénient de cette méthode est que tous les matériels de comptage actuellement utilisés ne détectent pas la différence entre les véhicules légers et les poids lourds [3].

1.1.5.2 Différents types de trafics

- **Trafic normal**

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

- **Trafic dévié**

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

- **Trafic induit**

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

- **Trafic total**

C'est le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié [5].

1.1.5.3 Calcul de la capacité d'une chaussée

1.1.5.3.1 Définition de la capacité d'une chaussée

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

- Les conditions de trafic ;
- Les conditions météorologiques ;
- Le type d'utilisateurs habitués ou non à l'itinéraire ;
- Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs variables d'une route à l'autre) ;
- Des caractéristiques géométriques de la section considérée (nombre et largeur des voies) [4].

1.1.5.3.2 Calcul du trafic journalier moyen annuel horizon (TJMA_n)

Remarque : Pour un calcul fiable du trafic routier, le comptage doit se faire sur des voies de chaussées relativement plates et loin des carrefours et des échangeurs.

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

$$TJMA_h = TJMA_0 * (1 + \tau)^n$$

Où :

TJMA_h : Trafic journalier moyen annuel à l'année horizon

TJMA₀ : Trafic journalier moyen annuel à l'année zéro (ou l'année de référence)

n : Nombre d'année

τ : Taux d'accroissement du trafic (%)

1.1.5.3.3 Calcul des trafics effectifs (T_{eff})

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

$$T_{eff} = [(1 - Z) + P * Z] * TJMA_h$$

Où :

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

Z : pourcentage de poids lourds (%)

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

Tableau I-4 : Coefficients d'équivalence pour les poids lourds « P »

N° de Voies	Environnement		
	E ₁	E ₂	E ₃
2 voies	3	6	12
3 voies	2.5	5	10
4 voies et plus	2	4	8

1.1.5.3.4 Débit de pointe horaire normal (Q)

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

$$Q_h = (1/n) * T_{eff}$$

Où :

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

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

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

1.1.5.3.5 Calcul de la capacité théorique (C_{th})

$$C_{th} \geq Q_h / K_1 * K_2$$

Où :

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

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

K_1 : Coefficient lié à l'environnement

K_2 : Coefficient de réduction de capacité

1.1.5.3.6 Débit horaire admissible (Q_{adm})

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

$$Q_{adm} = K_1 * K_2 * C_{th}$$

Où :

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

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

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

Tableau I.5 : Valeur de K_1 . [B40]

Environnement	E ₁	E ₂	E ₃
K ₁	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau I.6 : Valeur de K₂. [B40]

Environnement	Catégorie de la route				
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
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-7 : Valeur de la C_{th} du profil en travers en régime stable. [B40]

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

1.1.5.3.7 Détermination du nombre de voies (N)

Cas d'une chaussée unidirectionnelle : le nombre de voie à retenir par chaussée est le nombre le plus proche du rapport [6].

$$N = S * (Q / Q_{adm})$$

Où:

N : Nombre de voies

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

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

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

1.1.5.3.8 Calcul du débit de saturation (Q_{sat})

$$Q_{sat} = 4 * Q_{adm}$$

Où :

Q_{sat} : Débit de saturation (uvp/h)

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

1.1.5.3.9 Calcul de l'année de saturation (n)

$$Q_{sat} = Q_h * (1 + \tau)^n$$

$$\text{Alors : } n = \ln[Q_{sat} / Q_h] / [\ln(1 + \tau)]$$

Où :

Q_{sat} : Débit de saturation (uvp/h)

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

Q_h : Débit à l'année horizon (uvp/h)

n : Année de saturation

τ : Taux d'accroissement du trafic (%)