

LES ROUTES EN MILIEU DESERTIQUE

Abdelaziz BEN ASSILA

Chef du service tracé

Le milieu désertique présente des particularités dont l'ingénieur routier doit se pénétrer pour éviter des erreurs de conception lourdes de conséquences et dont il doit essayer de tirer au mieux parti dans un souci d'économie.

Ces particularités se caractérisent par :

- Un climat à hauteur cumulée moyenne de précipitations annuelles extrêmement faible ne dépassant pas 50 mm.*
- La rareté de l'eau et la faible humidité ont comme conséquence une végétation très clairsemée composée de plantes de très faible port.*
- Un relief peu accidenté, dont l'altitude culmine à 672 m constitué d'une succession de vastes plateaux (hamadas) et de grandes dépressions (sebkhas) plus ou moins ensablées.*

En général le relief est très facile, mais il est parsemé de passages difficiles et parfois très difficiles; (Falaises, vallées encaissées, massifs de dunes, sebkha).

I/ CARACTERES GENERAUX DES NORMES.

L'élaboration des normes propres aux routes en milieu désertique a été rendue nécessaire en raison des particularités morphologiques, hydrologiques et climatiques qu'il présente. L'importance des distances à parcourir et la monotonie du paysage imposaient en outre de mettre à la disposition des usagers des routes rapides et sûres.

Les principes directeurs retenus pour l'élaboration des normes sont les suivants :

- Adoption de caractéristiques géométriques en plan autorisant la pratique de vitesses élevées.
- Adaptation des caractéristiques du profil en long aux contraintes imposées par la présence de sable éolien afin d'éviter le risque de coupure de la route par ensablement.
- Rétablissement des écoulements naturels (cours d'eau) au niveau de la chaussée aménagée pour éviter sa destruction lors des crues.
- Prise en compte des spécificités du trafic pour le dimensionnement de la largeur et de la structure des chaussées.
- Recours aux matériaux locaux pour la construction des chaussées.

II/ CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES.

1) Champ des spécifications.

Les présentes spécifications s'appliquent aux routes en milieu désertique, selon la définition valide au moment de l'étude; provisoirement, la partie du territoire marocain où les précipitations annuelles sont en moyenne inférieures à 50 mm.

2) Zones caractéristiques.

Il est fait distinction ci-dessous de trois types de zones :

- dunaire, caractérisée par la présence de dunes actives, se déplaçant sous l'action du vent,
- sableuse, caractérisée par des dépôts de sable au pied des reliefs, des traînées de sable sous le vent de certains obstacles, la présence éventuelle de dunes consolidées mais non de dunes actives.
- non sableuse, caractérisée par l'absence des éléments ci-dessus; des vents de sable peuvent y souffler, mais les dépôts sont rares.

3/ Géométrie - Généralités.

D'une manière générale, indépendamment des spécifications détaillées énoncées ci-dessous, les projeteurs auront à l'esprit les caractères spécifiques du milieu désertique:

- les distances sont généralement grandes, l'environnement monotone; il en résulte un risque d'inattention des conducteurs de véhicule qui implique d'éviter toutes dispositions de nature à les surprendre dangereusement,
- en dehors même des zones dunaires, les routes sont menacées d'ensablement dans les zones sableuses,
- les zones de dunes présentent des difficultés auxquelles aucune solution définitive n'a été trouvée à ce jour.

Ces particularités sont sous-jacentes à la plupart des spécifications ci-dessous qui doivent être interprétées en conséquence.

4) Vitesse de base.

Il sera fait en principe usage de deux vitesses de base ci-après.

- hors zone dunaire : 120 Km/h,
- en zone dunaire ou terrain montagneux : 80 Km/h.

Dans ce dernier cas, la vitesse de base modérée adoptée doit avoir réellement pour effet de réduire les vitesses pratiquées, en conséquence :

- on introduira dans le tracé des virages au rayon minimum absolu à intervalles de 3 Km au plus,
- pour l'une et l'autre vitesse de base, les règles de continuité édictées ci-dessous à l'article 9 seront respectées.

En terrain montagneux particulièrement difficile, ne permettant pas d'adopter la vitesse de base de 80 Km/h, on appliquera les spécifications énoncées ci-dessous pour la vitesse de 60 Km/h.

Des caractéristiques hors de ces trois catégories ne pourront être adoptées qu'avec l'accord préalable de l'Administration en terrain exceptionnellement difficile.

Il sera admis que des sections de route contiguës appartiennent à des catégories non adjacentes (par exemple, vitesse de base de 120 Km/h et 60 Km/h sous réserve du respect des règles de continuité énoncées ci-dessous.

5) Normes fondamentales du tracé en plan et du profil en long.

Les normes fondamentales qui apparaissent au tableau ci-dessous découlent, pour le tracé en plan, des considérations de l'article 4 ci-dessus et de celles qui suivent pour le profil en long.

Les pentes seront limitées à 4% pour les vitesses de base 120 Km/h et 80 Km/h en terrain dunaire, 6 % en terrain montagneux. Des pentes plus fortes peuvent toutefois être indiquées et seront admises :

- si un calcul économique en justifie le bien fondé,
- si l'adoption d'une pente forte sur une courte longueur permet d'éviter des terrassements générateurs de risques d'ensablement.

Ces fortes pentes ne pourront régner sur des longueurs dépassant les normes ci-dessous :

6%	2.000 ml
7,5%	900 ml
9%	400 ml
12%	250 ml
15%	150 ml

et seront, s'il y a lieu, séparées par des "paliers" de 2% de déclivité maximale d'au moins 500 m de longueur. Celle de plus de 9% ne sont admises que si des circonstances exceptionnelles le justifient et sont obligatoirement précédées d'un "palier" dans le sens de la montée.

Tableau des Caractéristiques Minimales

	Catégorie		
	VB = 120	VB = 80	VB = 60
Tracé en plan Rayon des courbes: - Minimum normal - Minimum absolu	 1 000m 500m	 250m 150m	 125m 75m
Profil en long Rayon des raccorde- ments saillants : - Minimum normal - Minimum absolu	 16 000m 7 000m	 4 000m 1 800m	 1 500m 1 500m
Rayon des raccordements rentrants : - Minimum unique	1 500m	900m	500m

VB = Vitesse de Base en Km/h.

La notion de minimum normal et minimum absolu en plan est précisée ci-dessous à l'article 9 (règle de continuité).

En profil en long.

a)- Les projeteurs feront usage de rayons en angle rentrant aussi grands que le terrain le permet, en évitant des terrassements en déblai ou des terrassements en remblai de plus de 1 m de hauteur.

Les minima ci-dessus ne seront utilisés qu'au franchissement d'oueds par des passages ou radiers submersibles.

b)- Dans le cas de changement de déclivité Dq inférieur aux valeurs définies dans le tableau ci-dessous, par catégorie, et donnant lieu à un angle saillant du profil en long, les projeteurs s'efforceront de placer un rayon de raccordement dit "rayon de visibilité" assurant la visibilité de 500 m entre points à 1,50m au dessus du sol, la présente prescription ne sera toutefois appliquée que si elle ne rend pas inévitables des terrassements en déblai ou des terrassements en remblai de plus de 1 m de hauteur et si la visibilité en plan est assurée à la même distance.

Catégorie	Dq
VB = 120	3 %
VB = 80	1,5 %
VB = 60	1 %

Le rayon de visibilité prend les valeurs ci-après en fonction de Dq .

Dq	RV
$> = 1,2 \%$	21 000 m
1,1 %	20 500 m
1,0 %	20 500 m
0,9 %	18 500 m
0,8 %	16 000 m
0,7 %	10 000 m

Enfin il n'y a pas lieu de raccorder par une courbe les déclivités dont la différence Dq est inférieure aux valeurs données ci-après pour les diverses catégories :

	VB = 120	VB = 80	VB = 60
Dq maximum	0,26 %	0,52 %	0,60 %

6) Coordination du tracé en plan et du profil en long.

Le tracé en plan et le profil en long doivent être coordonnés de telle sorte que les raccordements en angle saillant du profil en long ne puissent pas avoir pour effet que les usagers soient surpris par un virage les suivant immédiatement.

On y parviendra :

- soit en séparant nettement les courbes et changements de déclivité en angle saillant,
- soit en rapprochant autant que possible sommet de courbe et sommet de raccordement en profil en long.

a)- Dispositions générales.

Les tracés routiers se composent en première approximation d'alignements droits et de courbes circulaires, deux courbes de même sens ou de sens contraires étant obligatoirement séparées par un alignement droit de longueur appropriée (sauf exceptions énoncées ci-dessous).

Dans les alignements droits, les chaussées ont un profil en travers constitué :

- soit de 2 versants plans à 2,5% de pente vers l'extérieur avec un raccordement parabolique central de 1 m de largeur,
- soit d'un versant plan unique à 2,5% de pente dans les conditions spécifiées ci-dessus au Titre III (assainissement).

Dans les courbes, le profil en travers présente un versant plan de pente uniforme vers l'intérieur de la courbe, dit dévers lorsque le rayon de courbure est inférieur ou égal au double du rayon minimum normal pour les routes de vitesse de base 120 Km/h et 1,4 fois le rayon minimum normal pour les autres, le profil en alignement droit est conservé dans les courbes de plus grand rayon.

Il est évidemment nécessaire de ménager, sur une certaine longueur, un raccordement entre les profils en travers en alignement droit et en virage déversé.

Ce raccordement s'effectuera toujours en dehors de la courbe circulaire, dont le dévers est constant, soit sur les alignements droits contigus, soit sur des courbes de raccordement à courbure progressive disposées de part et d'autre des courbes circulaires.

En général, la cote de l'axe sera conservée, et le profil pivotera autour de l'axe le long de la section de raccordement dévers, le bord extérieur continuant à pivoter ensuite pour atteindre à son tour le dévers normal.

Le dévers aura les valeurs ci-après :

V.B = 120		V.B = 80		V.B = 60	
R	%	R	%	R	%
500	7	150	7	75	7
550	6,5	175	6	80	6,5
600	6	200	5	90	5,5
650	5,5	225	4,5	100	5
700	5	250	4	110	4,5
750	4,5	275	3,5	120	4
800	4,5	300	3	130	3,5
850	4	325	3		
900	3,5	350	2,5	150	3
1 000	3,5	350	profil normal	160	2,5
1 050	3			175	2,5
1 150	3			175	profil normal
1 200	2,5				
2 000	2,5				
> 2 000	profil normal				

Toutefois le dévers sera limité à 5% en zone dunaire ou sableuse.

b)- Règles applicables aux routes de vitesse de base 120 et 80 Km/h.

La variation de dévers se fera, si possible, à raison de 2% par seconde de temps de parcours.

Pour ces routes, la section de raccordement est obligatoirement une courbe de raccordement courbure progressive sauf si le rayon de la courbe circulaire est supérieur à 1,4 fois le rayon minimum normal, auquel cas le raccordement-dévers est en alignement droit.

La courbe de raccordement-dévers sera.

- Cas général : une clothoïde,
- entre deux courbes rapprochées de sens contraire, une courbe en S, formée de 2 clothoïdes raccordées par leur point d'inflexion,
- entre deux courbes rapprochées de même sens, une courbe en C, formée de 2 arcs de clothoïdes, raccordés par un point de courbure commune minimale,
- la courbure de la clothoïde au point de raccordement avec la courbe circulaire est la courbure de celle-ci.

Le rayon de courbure maximale d'une courbe en C ne peut être supérieur au rayon maximum des courbes déversées de la catégorie ni inférieur à 1,4 fois le rayon de la courbe de plus grand rayon raccordée (ce qui implique que seules des courbes de rayon inférieur ou égal au minimum normal peuvent être raccordées).

Pour éviter de donner aux usagers une impression inexacte sur la courbure des virages, les dispositions du projet devront être telles que la longueur de courbe circulaire subsistante soit au moins la moitié de celle des courbes de raccordement qui l'encadrent; l'usage de courbes à sommet (arcs de clothoïdes raccordés par un point de courbure maximale commune) est en conséquence évidemment interdit.

Les courbes de raccordement-dévers auront en principe une longueur telle que la variation du dévers soit celle imposée ci-dessus (2% par seconde de temps de parcours), mais pourra être réduite, pourvu que la clothoïde, ou la demi courbe en S, soit telle que le ripage de la courbe circulaire demeure au moins égal à 0,25m, ou, dans le cas d'une courbe en C, que le plus grand des ripages des deux courbes circulaires soit au moins égal à 0,50m.

Les dispositions de projet qui ne permettent pas de respecter ces règles sont interdites.

Pour simplifier la tâche des projeteurs, les paramètres types ci-après, qui satisfont approximativement à la règle de variation de dévers, pourront être utilisés dans le cas général :

Catégorie	Paramètre type
VB = 120 km/h VB = 80 km/h	360 m 220 m

c)- Règles applicables aux routes de vitesse de base 60 Km/h et dans les cas exceptionnels.

Pour ces routes le raccordement-dévers se fait en général en alignement droit à raison de 2% par seconde de temps de parcours, tout au plus 6% à la vitesse de 60 Km/h.

L'usage des courbes de raccordement à courbure progressive est autorisé sous réserve du respect de règles relatives au ripage des courbes circulaires énoncées ci-dessus au paragraphe [b)-]. On notera en particulier que l'usage de courbes en C permet de disposer des virages de même sens à faible distance.

Des clothoïdes de paramètre 140 m peuvent être utilisées dans la cas général.

8) Profil en travers.

a)- Plateforme

Le profil en travers aura les caractéristiques données par le tableau ci-après, selon le trafic et la vitesse de base.

T	Vitesse de base	Largeur		
		Chaussée	Accôttements	Plateforme
Inférieur à 300 v/j.	120 80 60	3,70 3,70 3,30	2x1,50 2x1,50 2x1,70	6,70 6,70 6,70
300 à 1 000 v/j.	120 80 60	6 6 6	2x0,50 2x0,50 2x0,50	7 7 7
1 000 à 2 000 v/j.	120 80 60	6 6 6	2 x 2 2 x 2 2 x 2	10 10 10
supérieur à 2 000 v/j	120 80 60	7 7 6	2 x 2 2 x 2 2 x 2	11 11 10

Sur les itinéraires militaires la largeur minimum de la plateforme sera de 8 m pour permettre le croisement de 2 portechars chargés hors-gabarit et la largeur de la chaussée sera au minimum de 4 m.

L'accôttement aura une pente de 2,5% vers l'extérieur.

b)- Terrassements.

Dans toute la mesure du possible, le profil en travers est en remblai de 0,20 à 0,50 m de haut, épaisseur de chaussée comprise.

S'il est indispensable de passer en remblai de plus grande hauteur, la pente du talus sera de 3/2 (trois de pied pour deux de hauteur). Il est interdit d'avoir une chaussée déversée de plus de 4% sur un remblai de plus de 3 m à moins que le côté du profil soit sûrement toujours sous le vent. A cet effet, on évitera s'il y a lieu les courbes en plan indiquant un dévers plus élevé.

Sauf en zone certainement non sableuse, les déblais sont interdits sauf en cas de nécessité absolue, comme par exemple pour les sections à flanc de falaise ou au franchissement de crêtes. En pareil cas, la pente des talus est 10/1 sur une largeur de 8 m et, audelà, de 1/1 à 1/5 selon la tenue du sol.

c)- Prescriptions particulières aux zones dunaires.

Les précautions supplémentaires ci-dessous s'appliquent aux zones dunaires. Le tracé en plan sera étudié de telle sorte que les bords de plateforme soient, dans toute la mesure du possible, à une distance du pied des dunes égale à 2 fois, mieux trois fois leur hauteur et le plus loin possible du côté des dunes sous le vent dominant.

Les dunes peu importantes qui, pour respecter la condition ci-dessus, imposeraient un tracé difficile sont déblayées pour construire la plateforme et évacuées loin du tracé, sous le vent dominant.

S'il est inévitable de franchir des dunes, il y a lieu de choisir les cols les mieux dégagés et de les franchir sans encrêtement ni remblai, de préférence en alignement droit et perpendiculaire au sif. Les projeteurs mettront à profit les normes peu sévères énoncées au chapitre 5 ci-dessus en matière de déclivités et raccordements en profil en long pour limiter les terrassements, exclusivement en remblai, sur le flanc des dunes. Si cette exigence vient en conflit avec les règles de coordination du tracé en plan et du profil en long, elle est prépondérante.

9) Règles de continuité.

a)- Continuité à l'intérieur d'une catégorie.

Il ne peut être fait usage de rayons de courbure en plan inférieur au minimum normal que si le virage considéré est encadré par des virages d'un rayon inférieur ou égal à son propre rayon multiplié par le rapport, dans la catégorie, du rayon minimum normal au rayon minimum absolu, la distance entre extrémités de virage n'excédant pas une demi-minute de temps de parcours à la vitesse de base.

Exemple : pour la vitesse de base 80 Km/h,

R minimum normal = 250 m

R' minimum absolu = 150 m

$R/R' = 5/3$

Un virage de 180 m de rayon doit être encadré par deux virages d'au plus 300 m de rayon séparés par des alignements droits de 337 m au maximum.

b)- Continuité entre sections de catégories différentes.

Il convient de ménager une section de transition chaque fois qu'en raison d'un changement du terrain on passe d'une catégorie d'aménagement à une autre, par exemple d'une section en terrain plat non dunaire à la vitesse de base 120 Km/h à une section en terrain montagneux difficile à la vitesse de base de 60 Km/h.

On remarquera que les changements de terrain en milieu désertique sont souvent brusques; s'ils sont bien visibles de jour, ils peuvent n'être pas perçus des usagers la nuit.

Pour éviter des sections de transition trop longues, il est admis, sous les réserves ci-après, de passer d'une catégorie à une catégorie inférieure, même non contiguë par une succession de virages : minimum normal - minimum absolu - minimum normal de la catégorie immédiatement inférieure - etc... ou par une succession analogue qui respecte les rapports minimum absolu / minimum normal d'une catégorie et minimum normal d'une catégorie / minimum absolu de la catégorie immédiatement supérieure.

Les courbes de la section de transition sont déversées selon les règles applicables à la catégorie inférieure.

Ce mode de transition relativement brusque n'est accepté qu'à condition que

chaque virage d'un rayon inférieur à celui du virage précédent soit abordé dans des conditions de bonne visibilité et que la distance entre virages (en alignement droit ou virage de grand rayon) n'ait pas permis aux usagers de reprendre une vitesse excessive. A titre indicatif, la distance entre extrémités de virages ne devrait pas dépasser 200 m. Lorsque cette condition ne peut pas être respectée, il y a lieu de répéter un second virage de même rayon ou de rayon voisin.

c)- Longueur maximale des alignements droits.

Il n'est pas admis en aucun cas d'alignement droit de plus de 3 Km (VB/80) à 5 Km (VB = 120). On remarquera qu'en zone dunaire, l'obligation d'introduire des virages au rayon minimum absolu à intervalles de 3 Km au plus aggrave cette prescription puisque ces virages sont normalement encadrés par des virages au rayon minimum normal.

10) Surlageur de chaussée dans les virages.

Une surlageur est souhaitable pour permettre le croisement en virage des véhicules de grande longueur dans le cas des chaussées à deux voies. Si le trafic prévu et le tracé donnent une certaine probabilité de croisement en virage, on appliquera les règles ci-après :

La largeur de chaque voie sera augmentée d'une surlageur donnée par la formule

$$S = 50 / R$$

dans laquelle S et R sont exprimés en mètres, cette surlageur s'appliquant à chacune des voies de la chaussée (sauf dans le cas où l'on écarte la possibilité de croisement de deux véhicules de grande longueur).

On ne se préoccupera des surlageurs que pour les courbes de rayon inférieur à 250 m.

La surlageur totale sera généralement portée par moitié de part et d'autre de l'axe de la route et sera maintenue sur toute la longueur de la courbe. Elle sera introduite progressivement en même temps que le dévers.

11) Profil en travers sur ou sous ouvrages d'art.

Sur les ouvrages d'art de faible portée tels que ponceaux, dalots etc... la largeur de la chaussée et des accôttements est conservée.

Les radiers et passages submersibles sont marqués, de part et d'autre de la chaussée, sur toute leur longueur, par des plots à intervalle maximum de 10 m. L'espace libre entre ceux-ci est égal à la largeur de chaussée de plus de $2 \times 0,50$ m, et au minimum à 6,60 m.

Les ouvrages plus importants donnent lieu à une étude particulière.

Sous ouvrages d'art, le gabarit (ou tirant d'air) est de 4,50 m.

12) Carrefours.

Sauf circonstance très particulière, les carrefours ne seront pas aménagés. Ils sont soumis aux prescriptions ci-après.

Ils sont formés des voies qui se rencontrent, sans modification de profil en travers, sinon un simple raccordement circulaire entre rives adjacentes.

On distingue :

- les carrefours à 3 branches, le plus souvent formés d'une voie débouchant et se terminant sur une autre (carrefour en T);
- les carrefours à 4 branches, le plus souvent formés de 2 voies qui se rencontrent et se poursuivent de part et d'autre (carrefour en croix);
- les carrefours à plus de 4 branches. Ils sont à éviter en général, en les éclatant en 2 ou plusieurs carrefours, qui seront alors, autant que possible, éloignés d'au moins 150 m.

Le tracé doit être tel, quel que soit le niveau de circulation, que :

- les usagers soient en mesure de prendre, pour éviter tout accident, des précautions efficaces;
- l'écoulement des eaux soit assuré et ne risque de provoquer ni des dégradations des chaussées, ni d'accumulation de terre et détritiques dans le carrefour ou à ses abords.

A cet effet, le projet devra respecter les dispositions particulières ci-après :

- tracé : les axes des diverses branches du carrefour ne formeront entre eux, à l'intersection, en aucun cas, un angle inférieur à 60° .

Si cette condition ne se trouve pas remplie dans un carrefour en croix existant à transformer, on y satisfera par modification du tracé d'une des voies, la moins importante en principe.

On évitera d'éclater le carrefour en T, à moins que les mouvements de traversée d'une des voies par les usagers de l'autre ne soient en nombre négligeable.

- Raccordement : ils seront conçus de manière à ne rendre nécessaire pour les usagers, poids lourds notamment, aucune manoeuvre interdite par le code de la route, comme celle consistant à se porter à droite pour virer à gauche et vice-versa. Ceci implique notamment de donner aux raccordements circulaires entre rives adjacentes un rayon minimal de 15m.

III/ STRUCTURES DE CHAUSSEE.

1) Généralités.

La structure de chaussée des routes en milieu désertique doit être conçue en fonction de leurs particularités :

- le trafic est habituellement faible,
- le climat aride autorise l'utilisation de matériaux plastiques, voire solubles (gypses).

Sauf là où, exceptionnellement, la nappe phréatique est proche de la surface (sebkas) ou le trafic prévu supérieur à la classe T4 (selon l'interprétation énoncée ci-dessous), la chaussée est formée d'une couche de base et d'un revêtement superficiel, la couche de base ayant l'épaisseur minimale pratiquement réalisable (15 à 20 cm selon la nature et la dimension des matériaux).

Dans les autres cas, les couches de chaussée sont dimensionnées conformément aux prescriptions du Catalogue des structures de chaussée pour la zone aride (chaussées du type 2 bis).

En vue de son application, la classe de trafic est déterminée comme suit :

- la proportion de poids lourds, si elle n'est pas connue par des mesures, est de 50% (au lieu de 35% au Maroc-Nord),
- en l'absence de résultats de pesées, un poids lourd est supposé équivalent à 0,5 essieu de 13 T (au lieu de 0,11 au Maroc-Nord),
- exemple : une route appelée à supporter 150 véh/j, a un trafic équivalent de $150 \times 0,50/0,35 \times 0,50/0,11 = 974 \text{ v/j}$ (T2).

Le sol support sera classé :

S4, s'il répond aux spécifications de cette classe,

S2, s'il s'agit d'un sol plastique et que la nappe phréatique est proche de la surface,

S3, dans tous les autres cas.

Dans tous les cas les matériaux constitutifs des couches de chaussée répondront aux prescriptions énoncées ci-dessous.

2) Classification des matériaux.

Les matériaux sont classés en premier lieu en 3 classes selon leur granularité d'après le "fuseau discriminant" donné en annexe 2.

Sont classés :

- en classe II, les matériaux dont la courbe granulométrique est toute entière à l'intérieur du fuseau (zone II du graphique),
- en classe I, ceux dont la courbe granulométrique se trouve au dessous du fuseau (zone I du graphique) ou en partie dans les zones I et II,
- en classe III, tous les autres matériaux.

A l'intérieur de ces classes, des types de matériaux sont caractérisés par un ou plusieurs des paramètres :

- Los Angelès
- teneur en carbonates,
- teneur en sulfates solubles,
- limites d'Atterberg.

TYPES DE MATERIAUX DE CLASSE I.

On distingue 3 types de matériaux dans la classe I :

I.1. Graves caillouteuses : matériaux naturels ou obtenus par criblage mécanique, écrêtement manuel ou concassage dont la courbe granulométrique ne sort de la zone II que vers le haut (gravier).

I.2. Graves creuses : matériaux généralement naturels, dont la courbe granulométrique ne sort de la zone II qu'au milieu (sable).

I.3. Graves à faible teneur en fines : matériaux, généralement naturels, dont la courbe granulométrique sort du fuseau vers le bas (limons). Ce type se subdivise en deux sous-types :

I.3.B - Graves à granulométrie continue : contenant au moins 6% de sable grossier (fraction 0,5 à 2 mm).

I.P.3 - Graves à granulométrie discontinue : contenant moins de 6% de sable grossier.

TYPE DE MATERIAUX DE CLASSE II.

On distingue dans la classe II :

II.1. Graves continues : matériaux naturels ou obtenus par concassage de granulométrie continue, ce type se décomposant en :

II.1B - Los Angeles égal ou supérieur à 40.

II.1P - Los Angeles égal ou supérieur à 40.

II.2. Graves discontinues : matériaux généralement naturels, de granulométrie discontinue, ce type se décomposant en :

II.2B - Los Angeles inférieur à 40

II.2B' - Los Angeles supérieur à 40 et indice de plasticité supérieur à 6 ou teneur en carbonates (CaCO_3) supérieure à 20%.

II.2P - Ne satisfaisant aucune des conditions ci-dessus, qui sont reclassés en classe III.

TYPE DE MATERIAUX DE CLASSE III.

Les matériaux déclassés de la classe II et ceux de la classe III contiennent principalement, comme matériaux de chaussée :

III.1. Graves, sols fins carbonatés : matériaux dont la teneur en carbonate exprimée en CaCO_3 est supérieur à 70%.

III.2. Graves, sables et limons gypseux : matériaux dont la teneur en sulfates, exprimée en gypse $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ est supérieure à 70%.

III.3. Argiles très plastiques : argiles de limite de liquidité supérieure à 50.

III.4. Matériaux subnormaux : tous autres matériaux de classe III, à l'exception des sables sans cohésion, limons et argiles peu plastiques.

Remarque : Les matériaux à la fois carbonatés et gypseux appartiennent au type III.2., pourvu que la teneur totale en carbonates exprimée en CaCO_3 et en sulfates en $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ soit supérieure à 70%.

Remarque Générale : Les spécifications ci-dessus s'entendent pour un matériau prêt à l'emploi : il est évidemment possible d'y satisfaire par divers traitements (addition de sable éolien, presque partout disponible, recomposition, vannage, etc...).

3) Couche de base.

Les matériaux des types ci-dessus admis en couche de base, avec ou sans réserve, apparaissent au tableau ci-dessous, où (x) signifie sans réserve et les réserves explicitées en note de bas de tableau.

Matériaux	Cas général	Trafic Lourd
I.1 Graves caillouteuses	(x)	(x)
I.2 Graves creuses	(1)	(1)
I.3B Graves à faible teneur en fines	(x)	
II.1B Graves continues	(x)	(x)
II.2B Graves discontinues dures	(x)	(x)
II.2B' Graves discontinues plastiques ou carbonatées	(x)	(x)
III.1 Graves et sols fins carbonatés	(x)	(x)
III.2 Graves, sables et limons gypseux	(2)	(2)
III.3 Argiles très plastiques	(3)	

Notes : 1. Sous réserve qu'un essai ait montré qu'elles sont compactables.

2. Sous réserve d'un revêtement très imperméable.

3. Chaussée non revêtue seulement.

Toutefois, au cas où la chaussée est au niveau du sol et la nappe phréatique proche ou qu'il y a risque de submersion, seuls les matériaux non sensibles à l'eau sont admis, c'est-à-dire les types :

I.1, I.2, I.3B, II.1B, II.2B, à condition que leur indice de plasticité soit inférieur à 6,

II.2B, à condition que son indice de plasticité soit inférieur à 6 et sa teneur en carbonates (Ca CO_3) supérieure à 20%.

4) Couche de fondation :

Tous les types de matériaux définis ci-dessus au chapitre 2 sont admis en couche de fondation pourvu qu'ils soient compactables.

Toutefois seuls les matériaux non sensibles à l'eau sont admis dans les cas de proximité de la nappe ou de risque de submersion évoqués, ci-dessus pour la couche de base ; ce sont les types :

- I.1, I.2, I.3B, II.1B, II.1P, II.2B, à condition que leur indice de plasticité soit inférieur à 6
- I.3P à condition que son indice de plasticité soit inférieur à 6 et qu'il soit compactable
- II.2B' à condition que son indice de plasticité soit inférieur à 6 et sa teneur en carbonates (Ca CO_3) supérieur à 20%.

5) Couche de forme :

On entend par couche de forme, dans le cas des routes en milieu désertique, la couche de matériaux insensibles à l'eau sur laquelle repose la chaussée proprement dite, si nécessaire, lorsqu'elle est au niveau du sol dans les conditions évoquées ci-dessus.

Les matériaux admis en couche de forme sont de même type qu'en couche de fondation.

6) Accôttements :

Tous les matériaux admis en couche de base ou en couche de forme le sont pour les accôttements à l'exclusion des matériaux solubles et des matériaux érodables par le vent.

7) Dimension maximale :

On entend par dimension maximale d'un matériau celle de la maille du tamis qui n'en retient pas plus de 10%, le tamis de la dimension immédiatement supérieure n'en retenant aucun.

Le tableau ci-dessous donne pour la dimension maximale ainsi définie le minimum et le maximum admis, ainsi, pour la couche de base seulement, qu'un optimum.

Ces dimensions s'appliquent aux matériaux grenus, c'est-à-dire aux types ci-après:

- Tous ceux des classes I et II
- III.1 et III.2 s'il s'agit de graves.

La dimension maximale, en couche de base, des matériaux des classes I et II, sauf II.2B doit être comprise entre l'optimum et le maximum si leur indice de plasticité est inférieur à 6; la dimension maximale des autres matériaux grenus et de ceux employés dans les autres couches de chaussée est seulement soumise à la condition d'être comprise entre le minimum et le maximum, sans toutefois pouvoir dépasser la moitié de l'épaisseur de la couche concernée.

	Dimension maximale (<i>tamis</i>)		
	Minimum	Optimum	Maximum
Base	20	31,5	50
Fondation	20	-	100
Forme	20	-	200
Accotements	20	-	100

Ces dimensions s'entendent du matériau en place après compactage. Il est admis d'approvisionner des matériaux contenant des éléments de dimension supérieure pourvu que :

- Il soit estimé qu'ils se fractionneront en majeure partie au compactage
- Toutes précautions soient prises pour fractionner ou éliminer manuellement ceux qui résisteraient aux premières passes de compactage.

IV/ ASSAINISSEMENT ET OUVRAGES D'ART

A/ Assainissement.

1) Généralités :

L'assainissement des routes en milieu désertique doit évidemment être conçu en fonction des particularités du climat de l'environnement :

- La hauteur cumulée moyenne des précipitations est faible mais très variable d'une année à l'autre
- La notion même de moyenne annuelle est peu significative, une seule précipitation pouvant l'atteindre ou même la dépasser
- Le sol est en général extrêmement sec avant les précipitations; il a en conséquence en surface peu d'affinité pour l'eau et le coefficient de ruissellement est élevé
- L'absence de végétation facilite le ruissellement et les temps de concentration sont relativement courts

- Les précipitations sont souvent localisées, si bien que les écoulements de surface sont très irréguliers; un thalweg où ne se discerne aucune trace d'écoulements antérieurs peut fort bien être un jour le siège d'une lame déferlante et brutale
- Le front de crue a fréquemment l'aspect d'une lame déferlante extrêmement destructrice.

2) Assainissement en section courante :

En conséquence des dispositions du titre I des présentes Spécifications Techniques, les routes en milieu désertique sont en remblai sur la majeure partie de leur développement; les sections en cause n'appellent pas de fossé en section courante.

Les sections en profil mixte et les sections en déblai sont assainies :

- Le niveau de la chaussée en zone non sableuse, avec des fossés de pied de talus et les exutoires nécessaires; il n'y a en général pas lieu de prévoir de descentes d'eau au passage de ravines coupées par les talus de déblai
- Au niveau de la chaussée en zone sableuse, lorsque la route se développe en profil mixte sur une grande longueur, les accôttements et la chaussée sont déversés vers le talus de remblai de façon à assurer un drainage transversal. le raccordement du dévers avec les sections voisines au profil normal se fait à raison de 2% par seconde de temps de parcours à la vitesse de base; si deux sections à profil déversé sont séparées par une section, où cette configuration ne s'impose pas, mais trop courte pour respecter cette, règle, le profil déversé est conservé.

Cette règle ne doit pas aboutir à créer des contres-dévers dans les courbes.

3) Rétablissement des écoulements de surface :

En raison des considérations développées au paragraphe 1 ci-dessus, le rétablissement des écoulements de surface (oueds, ravines, thalwegs, sebkhas) est assuré, sauf circonstances exceptionnelles rendant inacceptables les coupures de circulation, même rares et de courte durée, par des ouvrages aussi peu vulnérables que possible plutôt que garantissant les moindres risques de coupure.

a) Franchissement d'oueds :

1° Oueds semi-permanents: sont considérés comme tels les cours d'eau caractérisés, en année normale, par l'écoulement dans leur lit mineur d'une lame d'eau de plus de 20 cm de hauteur moyenne pendant plusieurs crues brutales. Ils sont ordinairement franchis:

- Dans leur lit mineur, par un radier semi-submersible, tel que défini au chapitre II ci-dessous,
- dans leur lit majeur, par un radier ou passage submersible,
- les sections de raccordement en remblai entre ces deux types d'ouvrages présentent les pentes les plus fortes et les raccordements les plus raides autorisés par le Titre I des présentes spécifications techniques afin d'en minimiser le développement en raison de leur vulnérabilité; les talus de remblai sont protégés par des enrochements et les accôttements constitués de matériaux peu érodables.

2° Autres oueds: les autres oueds sont franchis comme il est dit ci-dessous soit pour les ravines, soit pour les thalwegs selon que les caractéristiques de leur lit se rapprochent davantage de l'une de ces catégories.

b) Franchissement de ravines

On entend par ravine un lit généralement à sec, étroit et suffisamment encaissé pour que ses rives soient à l'abri de tout risque de submersion.

Les ravines alimentées par un bassin versant de moins de 1km^2 sont franchies en remblai, sans ouverture.

Les ravines plus importantes sont franchies par des ouvrages busés, dalots, ponceaux, exceptionnellement par des ponts.

c) Franchissement de Thalwegs

On considère ici les thalwegs, au sens général du mot, qui ne sont pas occupés par un oued semi-permanent ou une ravine. Ils sont franchis par l'un des deux types ci-après d'ouvrage submersible.

1° Passage submersible: ce type sera adopté partout où la configuration du terrain le permet et où les crues ne sont pas suivies d'inondations durables; c'est une section de route dont la chaussée est au niveau du sol naturel; tout talus de remblai est interdit à l'amont, tout talus de déblai interdit à l'aval et on limite au strict minimum les autres talus; il est admis, pour y parvenir, de donner à la chaussée un dévers unique pouvant atteindre 4% en pente de l'amont vers l'aval; le raccordement du dévers avec les sections voisines au profil normal se fait à raison de 2% par seconde de temps de parcours à la vitesse de base.

En terrain meuble ou rippable, les abords de l'ouvrage sont débarrassés par nivellement sommaire des obstacles à l'écoulement des eaux susceptibles de provoquer son envasement ou son engrèvement.

Les accôtements sont formés de matériaux non érodables ou sont revêtus. Ils sont délimités par une coulisse à l'amont et un paraffouille à l'aval.

Les talus inévitables sont protégés par des matériaux non érodables.

2° Radier submersible : c'est un ouvrage en béton ordinaire destiné à être submergé par les crues, mais établi à un niveau suffisant pour mettre la chaussée hors d'eau pendant les inondations durables qui les suivent; sauf circonstance exceptionnelle, ils seront conformes aux ouvrages de l'espèce du Catalogue d'Ouvrages d'Art Types de la DRCR, non évidés ou évidés, ce dernier type ne s'appliquant qu'aux cas où:

- des écoulements de faible débit mais susceptibles d'inonder la chaussée sur une hauteur de plus de 20 cm se produisent plusieurs fois par an (oueds autres que semi-permanents),
- la nature du sol ne permet pas à l'eau de s'infiltrer ou de s'écouler de l'amont vers l'aval par écoulement souterrain et qu'il y a un inconvénient sérieux à prolonger la durée de l'inondation à l'amont.

4) débouché superficiel des ouvrages

A moins qu'exceptionnellement on dispose des résultats de mesures des débits de crue sur une période d'au moins 20 ans, le débouché superficiel des ouvrages sera dimensionné comme suit:

a) Prévision des Débits de crue.

Le débit de crue décennale des cours d'eau alimentés par des bassins versants d'une superficie supérieure à 1 km^2 et inférieure à 50 km^2 sera estimé par application des formules ci-après, dans le cas d'une superficie de plus de 50 km^2 , par une étude particulière.

* Bassins versants de 1 à 20 km^2

$$Q = 0,52 A$$

où Q est le débit en mètres cubes par seconde,
et A la surface du bassin versant en kilomètres carrés.

* Bassins versants de 20 à 50 km^2

$$Q = 2K \log(1+aH) A/VLV(1+4\log T-\log A).$$

où K est une constante prise égale à 1,56.

a une constante prise égale à 20

Q le débit en mètres cubes par seconde

H la hauteur moyenne annuelle des précipitations en mètres

A la superficie du bassin versant en kilomètres carrés

L la plus grande longueur du bassin versant en kilomètres

T la période de récurrence (10 ans)

En l'absence d'observations contraires, H sera pris égal à 0,100 mètre.

b) Débouché superficiel

Le débouché superficiel nécessaire sera estimé, selon le cas, par la plus adéquate des formules:

- de "Delorme" (écoulement critique)

$$Q = 1,70 LH^{3/2} \text{ (section rectangulaire)}$$

$$Q = 2,8 rH^{3/2} \text{ (section circulaire)}$$

Formules dans lesquelles:

Q, est le débit en mètres cubes par seconde

L, la largeur de la section rectangulaire, en mètres

r, le rayon de la section circulaire en mètres

H, la hauteur d'eau à l'amont, en mètres.

Avec les conditions:

$H < 1,5h$ (section rectangulaire)

où h est la hauteur d'eau au débit maximum

$1,66r < H < 3r$ (section circulaire)

- De "Manning Strickler"

$$Q = KS R^{2/3} I^{1/2}$$

Où Q est le débit en mètres cubes par seconde,

K une constante qui sera prise entre 35 et 45,

S, la surface mouillée en mètres carrés,

R, le rayon hydraulique en mètres,

I, la pente.

B/ Ouvrages d'Art

1) Généralités

L'étude des ouvrages d'art des routes en milieu désertique est, d'une manière générale, soumise aux règles en vigueur pour les autres régions du pays.

Les prescriptions complémentaires ci-dessous s'y appliquent.

2) Types d'ouvrages

a)- Généralités

Parmi les ouvrages en béton armé couramment construits dans les autres régions du Maroc on donnera la préférence aux ouvrages massifs, moins sensibles que, par exemple, les voiles minces aux dégradations superficielles qui n'auraient pas pu être évitées malgré les précautions postcure en raison de la rigueur du climat.

Ceci s'applique tout particulièrement aux appuis: les contraintes peu élevées qui y règnent permettront souvent l'emploi de granulats locaux économiques.

b)- Radiers semi-submersibles

Les radiers semi-submersibles sont composés comme ailleurs au Maroc d'une dalle continue de section hydrodynamique reposant sur des appuis conçus pour s'opposer au glissement transversal du tablier. La conception de ce type d'ouvrages devra être menée en étroite liaison avec la DRCR, Division Technique, Service des Ouvrages d'Art.

Le positionnement en niveau est particulièrement délicat en milieu désertique en raison de l'irrégularité du régime des crues. Si le bassin versant du cours d'eau franchi comprend des zones non désertiques d'où les crues peuvent transporter des débris végétaux lourds, le tablier devra être en dessous du niveau des crues les moins fortes susceptibles de le faire. Il devra toutefois être suffisamment haut pour ne pas risquer d'être frappé par les fronts de crue.

c)- Petits ouvrages

On évitera de transporter sur de longues distances des buses préfabriquées; on préfère généralement:

- soit couler sur place un ouvrage massif comportant des puits de section circulaire tenant lieu de buses,
- soit adopter un autre type d'ouvrage, dalot en particulier.

Dans certaines conditions, les buses métalliques peuvent, contrairement aux autres régions du Maroc, être intéressantes en raison de leur légèreté et du peu de main d'oeuvre nécessaire à leur mise en place. On prendra néanmoins garde au risque de corrosion par les eaux agressives, en particulier celles provenant de remontées capillaires. Là où le risque existe, les buses métalliques reposeront obligatoirement sur une couche d'au moins un mètre de matériaux grenus propres (sable éolien par exemple).

3) Aspect des ouvrages

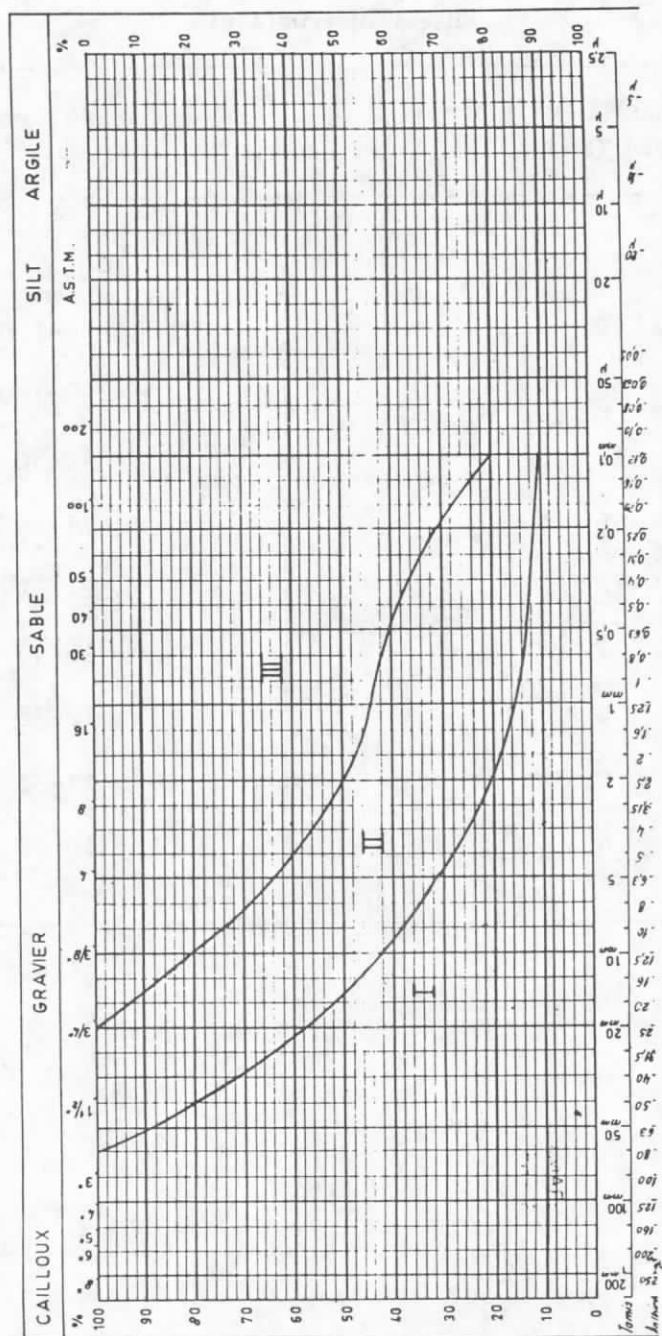
Sauf dans les villes ou à leurs abords, les considérations économiques et de robustesse l'emporteront sur celles d'esthétique.

ANNEXE
Fuseau discriminant
de classification des matériaux.

Fuseau discriminant

DIMENSION MAILLE tamis (mm)	PASSANT en %
60	100
40	80-100
20	58-100
10	42-80
5	31-64
2	21-50
1	16-44
0,4	12-38
0,2	11-31
0,1	10-20

FUSEAU DISCRIMINANT



ROUTES EN MILIEU DESERTIQUE

Spécifications techniques

Note justificative.

La présente note, en apportant des justifications aux spécifications adoptées, vise à en faire comprendre l'esprit aux projeteurs et par là à les aider à les appliquer judicieusement.

Elle se réfère aux différents paragraphes des spécifications qui ont paru appeler des commentaires.

I/ CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES

A/ Champ d'application

Il aurait été plus satisfaisant de définir le milieu désertique moins arbitrairement que par une hauteur de précipitations annuelles inférieure à 50mm, dont on est en mesure de fournir qu'une carte approximative. Le caractère désertique dépend aussi de la fréquence des événements pluvieux qui est très mal connue. Un bon indicateur de celle-ci est la végétation naturelle. C'est à elle qu'il convient de se fier en cas de doute.

B/ Zones caractéristiques

Il a été distingué une zone non sableuse, ce qui n'est pas habituel dans la littérature traitant des routes désertiques d'autres pays. Il apparaît en effet sur le terrain qu'au Sahara marocain, les dépôts de sable sont rares ou inexistantes sur de vastes étendues; il n'a pas paru utile d'y appliquer des dispositions onéreuses de prévention de l'ensablement.

C/ Vitesses de base.

Il n'a pas été prévu de vitesse de base intermédiaire entre 80 et 120 km/h, ce qui, lors de la première application des spécifications a parfois gêné les projeteurs. La base de 80 km/h est un maximum en zone dunaire où des dépôts de sable sur les chaussées sont à craindre et où il ne faut donc pas encourager les vitesses élevées; le cas du terrain vallonné où des caractéristiques intermédiaires pourraient être respectées sans renchérissement notable du projet est plus discutable. Dans ces zones l'on a considéré qu'un effort financier devait être fait pour donner à la route les caractéristiques géométriques correspondant à la vitesse de base de 120 km/h. En

outre, il a été estimé qu'en raison du risque d'inattention des conducteurs dans le contexte désertique, les catégories de routes devaient être, en vue de la sécurité, nettement contrastées. On notera que le rayon de 250m permet, en conduite sportive sur route sèche des vitesses très élevées, à ne pas dépasser sur un terrain où la visibilité n'est pas excellente.

D/ Normes fondamentales

Les normes fondamentales résultent des considérations ci-après:

- l'adhérence sur les routes généralement sèches du milieu désertique est meilleure qu'en climat tempéré,
- les vitesses pratiquées étant élevées, il n'est pas admissible de rechercher des économies au détriment de la visibilité,
- l'usage de petits rayons en angle rentrant du profil en long pour faciliter le franchissement des thalwegs peut avoir plus d'avantages que d'inconvénients; les remblais qui seraient inévitables autrement impliquent en effet des risques de coupure et d'ensablement;
- les terrassements faisant courir le même risque, il peut être admis de faire usage de fortes pentes pour les éviter à condition qu'elles soient suffisamment courtes pour ne pas mettre les poids-lourds chargés en difficulté.

Dans le détail, les normes ont été déduites de ces principes comme suit.

1) Tracé de plan.

Il convient d'abord de remarquer que les normes de l'instruction applicable au Maroc Nord comportent un coefficient de sécurité d'autant plus grand que la vitesse de base est plus élevée. En effet, l'accélération transversale étant proportionnelle à V^2/R , si l'on admettait la même accélération transversale pour les vitesses de 80 Km/h et 120 km/h que pour celle de 60 km/h, le rayon minimum absolu pour ces vitesses serait respectivement de 133m au lieu de 175 et de 300m au lieu de 700.

La valeur du coefficient de sécurité doit être proportionnée à la probabilité du risque qui le justifie, en l'occurrence celui de dérapage dû à un défaut exceptionnel d'adhérence. Les chaussées étant beaucoup plus rarement humides au sahara qu'ailleurs, le risque est moindre; il est donc légitime d'adopter un coefficient de sécurité réduit. Ceci justifie les rayons de 150 et 500m adoptés, valeurs intermédiaires entre celles correspondant au même coefficient de sécurité que pour les vitesses de 60 km/h et celles des normes applicables au Maroc Nord.

2) Profil en long

Pour le raccordement en angle saillant, puisqu'il est jugé contre-indiqué de rechercher des économies au détriment de la visibilité, les rayons minimum normal et absolu des normes applicables au Maroc Nord ont été conservées.

Pour les raccordements en angle rentrant, des normes réduites ont été adoptées à l'intention des passages et radiers submersibles. Leur inconvénient principal n'est pas d'occasionner de fortes accélérations verticales : elles atteignent respectivement, pour les vitesses de 60, 80 et de 120 km/h les valeurs de / 18 / 18 et / 13 qui sont très supportables.

Par contre ils ne procurent que des conditions très médiocres d'éclairement par les phares; la distance maximale d'éclairement, pour les trois rayons est respectivement de l'ordre de 17m, 31m et 51m à comparer avec les distances de freinage de 48m, 80m et 168m. C'est pourquoi il est prescrit de ne faire usage de rayons aussi petits que pour les passages et radiers submersibles.

Enfin, les longueurs maximales prescrites pour les fortes rampes correspondent à la distance à laquelle un poids-lourd en charge lancé atteint sa vitesse d'équilibre, au delà, la consommation de carburant devient très élevée et les moteurs s'échauffent rapidement.

E/ Profil en travers

On remarquera que pour les routes à faible trafic, on a adopté une largeur de chaussée de 3,30m pour 60km/h et 8,70m pour 80 et 120 km/h au lieu de celle de 3m précédemment en usage; cette faible largeur peut en effet, en milieu désertique, se rencontrer sur des sections à vitesse de base élevée, ce qui justifie une marge latérale plus importante.

II/ STRUCTURE DE CHAUSSEE

Les structures de chaussée adoptées découlent des considérations ci-après :

- En milieu désertique, où la saturation des couches de chaussée n'est pas à craindre, il est préférable que les matériaux aient un minimum de cohésion
- Les matériaux grenus non plastiques sont toutefois acceptés, à condition d'être compactables, mais seulement pour les chaussées revêtues
- La cohésion peut provenir de la plasticité ou des facultés de prise des carbonates ou sulfates.

L'emploi des tufs carbonatés et des gypses n'est jusqu'alors pas d'usage au Maroc; ce sont pourtant d'excellents matériaux largement éprouvés ailleurs. Il convient toutefois de respecter les spécifications relatives à leur teneur en carbonates de sulfates. Un projet de norme opératoire pour sa détermination est donné en annexe.

L'attention est attirée sur les cas exceptionnels des zones inondables et de celles où la nappe phréatique est proche de la surface, traversée de sebkhas en particulier, ce qui implique un risque de saturation des couches de chaussées; dans ces zones les matériaux utilisés ne doivent pas être sensibles à l'eau.

On prêtera aussi une attention particulière au risque de remontées capillaires chargées de sels dissous.

III/ ASSAINISSEMENT ET OUVRAGES D'ART

Les prescriptions de ce Titre sont commentées dans le corps du texte et n'appellent qu'un commentaire. Les ouvertures des ouvrages d'assainissement ont tendance à s'ensabler; les passages et radiers submersibles sont préférables aux petits ouvrages comportant des ouvertures; c'est pourquoi à la limite on préfère franchir en remblai les ravines dont le bassin versant est inférieur à 1 Km², les eaux de ruissellement étant éliminées par les effets de l'infiltration et de l'évaporation.