

ETUDE COMPARATIVE DES INSTRUCTIONS SUR LES CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES ROUTES DE RASE CAMPAGNE UTILISEES AU MAROC ET EN SUEDE

Par : Mr TAOUFIK LFADELI / DRCR

INTRODUCTION :

Vu le taux croissant des accidents de la route que connaît le Maroc et qui coûtent des pertes énormes à l'économie nationale , le Ministère de l'Equipeement et du Transport , dans sa politique innovatrice visant à s'ouvrir sur les nouvelles techniques et normes utilisés dans le monde et surtout dans les pays leader dans ce domaine , a chargé la Direction des Routes et de la Circulation Routière , dans le cadre de la coopération Maroco-Suedoise d'actualiser et de réviser l' instruction sur les caractéristiques géométriques des routes de rase campagne adoptés au Maroc.

La DRCR a collaborer avec SIDA(Swedish International Development Cooperation Agency) représentée par ces experts et assistés par les cadres de la DETN/DRCR , dans le cadre du projet (Méthodologies pour l'audit de la sécurité routière et l'analyse des causes des accidents) , l'étude d'actualisation de l'instruction sur les caractéristiques géométriques des routes de rase campagne utilisé au Maroc , visant à comparer les deux instructions et ce dans l'objectif de soulever les anomalies dans celui utilisé au Maroc afin de le rectifier et de l'actualiser .

La présente étude passe en revue toutes les composantes relatives au tracé routier des deux instructions, et effectue une comparaison afin d'aboutir à des recommandations et commentaires comme fruit de cette étude.

I - PARAMETRES DE DIMENSIONNEMENT :

Plusieurs sont les paramètres de dimensionnement pris en compte dans l'étude d'une liaison routière. Dans ce chapitre, on s'est focalisé sur les plus décisifs à savoir :

1- Catégories des routes :

🚦 Au Maroc les routes sont classées dans quatre catégories selon la vitesse de référence à savoir

- ✓ Catégorie exceptionnelle 120 km/h
- ✓ 1^{ere} catégorie 100 Km/h.
- ✓ 2^{eme} catégorie 80 km/h.
- ✓ 3^{eme} catégorie 60 km/h.

🚦 Les classes qui correspondent selon la norme Suédoise sont aussi prises en fonction de la vitesse de référence avec une réduction régulière de 10km/h , ce qui accroît la marge de sécurité sur la route pour les usagers.

- ✓ 1^{ere} catégorie 110 km/h.
- ✓ 2^{eme} catégorie 90 km/h.

✓ 3^{ème} catégorie 70 km/h.

✓ 4^{ème} catégorie 50 Km/h.

2 - Distance d'arrêt :

🚦 Selon l'instruction Marocaine, la distance d'arrêt en attention diffuse se calcule comme suit :

$$d(m) = 0,01 V^2 + 0,4 V$$

V : la vitesse de référence en (Km/h)

🚦 Pour l'instruction Suédoise , la distance d'arrêt se calcule comme suit :

$$d(m) = ((V_0^2 - V_1^2) / (2.g .f .i))$$

V₀ : la vitesse dans la position finale en m/s

V₁ : la vitesse dans la position initiale en m/s

f : coefficient de frottement dû au freinage

g : force de gravité (m/s²)

i : la pente (%)

le coefficient de frottement se calcule en fonction de la vitesse

$$f = 0,55.e^{-0.0057V}$$

V : la vitesse de référence en Km/h

MAROC		SUEDE					
Vr (km/h)	d (m)	Vr (km/h)	f	i (%)	V ₁ (m/s)	V ₀ (m/s)	d (m)
120	192	110	0.293	0.846	30.55	0	192
100	140	90	0.329	0.692	25	0	140
80	96	70	0.368	0.545	19.44	0	96
60	60	50	0.413	0.4	13.88	0	60

En comparant les deux formules, ils se correspondent quand le temps de réaction est pris égal à 1,5s. En signalant qu'en Suède la valeur utilisée varie entre 1,5-2 s.

Concernant la hauteur de visibilité (hauteur de l'obstacle) , il est estimé à 1,10m pour les deux normes , alors que l'épaisseur de l'obstacle est différent . au Maroc 0,3m , mais en Suède il est pris égal à 0,2 m. Ce qui renforce plus les mesures de sécurité.

3- véhicules référentiels :

Les dimensions des véhicules qui vont circuler sur les routes sont utilisées en tant que véhicules référentiels servant pour le dimensionnement de ces routes pour qu'elles soient capables de recevoir le trafic escompté.

🚦 En suède, les véhicules référentiels sont présentées comme suit :

Type.	Description.	Longueur.
P.	Car	5m
Lbn	Bus ,camion	12m
Lps	Semi remorque	16m
Ls	Remorque	24m
Lsp	Remorque spéciale	19m

🚦 Malgré l'importance primordiale de ce paramètre, l'instruction marocaine le néglige carrément.

II- LES PROFILS EN TRAVERS TYPE

1- Données générales :

Généralement, l'augmentation des voies de circulation sur les routes en rase campagne , augmente le nombre des accidents causant des blessés de presque 10%. Alors que , le nombre des accidents avec seulement des dégâts matériels augmente d'environ 100%. Ces données sont interprétées par le fait que l'augmentation des voies , incite les usagers de la route à rouler avec des vitesses plus grandes et changer plus les voies de circulation (dépassement).

La construction des voies descendantes, contribue à la réduction des accidents causant seulement des blessés de presque 20%. Aussi la construction des route de 4 voies et d'une petite distance réduit le nombre des accidents de la même nature d'environ 40%. En conclusion , le nombre d'accidents connaît une augmentation dans les routes conçues soit avec moins de 4 voies ou avec plus, (Harwood et St john 1985).

La surlargeur des routes de 1-3 m réduit le nombre des accidents laissant seulement des blessés de 5-10%. Mais , la surlargeur peut avoir les mêmes conséquences que la diminution de la largeur (Zegeer,Deen et Mayes 1981 , Rosbach 1984).

2 - Comparaison entre l'instruction marocaine et suédoise :

En Suède, nombreux sont les profils en travers types utilisés. chaque type est désigné pour un intervalle de flux de trafic et aussi, il dépend du type des paramètres environnementaux de la route.

Aussi, dans le cas où la pente est de 3% , on considère une voie en descente , entre le point où la vitesse est de 65 Km/h et le point où cette vitesse est réduite à 60km/h et que la distance entre ces deux points dépasse 400m sur une route du 2^{ème} catégorie (Vr=90km/h). Et dans le cas où la pente est de 2% , sa longueur doit être supérieure à 1500m.

Type de route	Description.	Section (m)			TMJA
		Accotement droit	Chaussée	Accotement gauche.	
Mv	Autoroute (unidirectionnelle)	2.75	2*3.75	1	>12 000
4F	Route à 4 voies unidirectionnelle	0.5	2*3.5	0.5	8000<TMJA<12 000
MI	Voie express	2.75	2*3.75	2.75	8000<TMJA<10 000
13-m normal	Route à deux voies	2.75	2*3.75	2.75	8000<TMJA<10 000
13-m wide	Route à deux voies	1	2*5.5	1	8000<TMJA<10 000
Normal vr90	Route à deux voies	0.75	2*3.75	0.75	2000<TMJA<8 000
Normal vr70	Route à deux voies	0.75	2*3.5	0.75	2000<TMJA<8 000
Narrow vr90	Route à deux voies	0.75	2*3.5	0.75	<2000
Narrow vr70	Route à deux voies	0.75	2*3	0.75	<2000

Les profils en travers types adoptés au Maroc sont clairement différents, du fait que la chaussée roulable est étroite. Mais les accotements sont larges.aussi le TMJA pour les types des rouets Mv et 4F, est en dessous de celui en Suede ce qui peut se justifier par les coûts de construction bas par rapport au Suede (voir tableau ci-dessous).

On considère, les voies descendantes lorsque les pentes sont supérieures ou égales à 4% et seulement pour des largeurs qui dépassent 7m.

Type de route	Description	Section (m)			TMJA
		Accotement droit	Chaussée	Accotement gauche	
Mv	Autoroute unidirectionnelle.	2.5	2*3.5	2	>4000
4F	4 Voies unidirectionnelles.	1.5	2*2.5	?	>4000
7-m	2- voies unidirectionnelles.	2.5	2*3.5	2.5	?
6-m	2- voies unidirectionnelles.	2	2*3	2	?
4-m (une voie)	1- voies unidirectionnelles.	2	1*4	2	?
3-m(une voie)	1- voies unidirectionnelles.	2	1*3	1	<50

En comparant les deux instructions, on conclut qu'au Maroc la voie droite est réservée toujours au poids lourd et la gauche est directe. Alors qu'en Suède , la voie droite est directe et la gauche pour les mouvements de dépassement.

La surlargeur des chaussées dans les virages, se calcule selon l'instruction Marocaine comme suit :

$$S = 50/R$$

Cette formule, ne s'applique que pour les courbes dont les rayons sont inférieurs à 250 m.

En Suède, cette surlargeur ne concerne que les chaussées de largeur supérieures à 7 m, situées dans des courbes de rayons inférieures à 300 m. les chaussées de largeur inférieure à 7 m sont généralement élargies lorsque les rayons de courbures sont inférieures à 500 m. Donc , on peut conclure que la surlargeur dépend de l'angle et du rayon de la courbe.

III - TRACE EN PLAN ET PROFIL EN LONG

1- Données générales :

Selon les études réalisées ces dernières années concernant le rôle des clotoïdes dans les accidents notamment celle de (Stewart and chudworh 1990) et (schandersson 1982), il s'est avéré que les courbes de transition n'ont pas un effet considérable sur les accidents de la route. La seule explication reste que peut être les clotoïdes ne font que transférer les éventuels accidents aux courbes adjacentes.

Une réduction des pentes dans une route de presque 10 % réduit également le taux des accidents de 10 % (Mc Bean 1982, english, loxton and dandrews 1988, matthews and barnes 1988). Et selon une étude de (matthews and barnes 1988) une route avec de petites courbes n'est pas forcément plus dangereuse que celle qui est avec des courbes surprenant parce que le conducteur dans le premier cas est préparé et averti et surtout si la fréquence de ces courbes est plus élevée ce qui contraint l'utilisateur de la route à réduire sa vitesse .

Mais l'existence d'une courbe isolée peut surprendre le conducteur en causant de graves accidents. Les courbes avec de grands rayons diminuent les risques des accidents selon la même étude (voir tableau ci-dessous).

De R	Au R					
	200-400	400-600	600-1000	1000-2000	>2000	>>2000
R<200	-50%	-	-	-	-	-
200-400	-	-33%	-	-	-	-
400-600	-	-	-23%	-	-	-
600-1000	-	-	-	-18%	-	-
1000-2000	-	-	-	-	-12%	-
>2000	-	-	-	-	-	0%

POURCENTAGE DE REDUCTION DES ACCIDENTS POUR LE CHANGEMENT DES COURBES HORIZONTALES A LA VITESSE DE 90 km/h (ETUDES REALISEES EN SUEDE, DENMARK,GRANDE BRETAGNE, NEW ZELAND ET USA)

L'analyse des résultats mentionnés dans le tableau ci-dessus a donné ce qui suit :

- La réduction des courbes, de façon à ne pas respecter l'instruction relative aux caractéristiques géométriques horizontales de la route peut augmenter les risques des accidents;
- L'augmentation des rayons des courbes, tout en respectant l'instruction relative aux caractéristiques géométriques horizontales de la route, réduit les risques des accidents ;
- Les routes les plus sécuritaires sont celles conçues avec de petites distances entre les courbes de rayons assez grands ;

- Les routes les moins sécuritaires, sont ceux conçues avec moins de courbes mais surprenant.

2- Comparaison entre l'instruction marocaine et suédoise :

La conception d'une route avec des caractéristiques du tracé en plan et du profil en long plus confortable et plus sécuritaire peut être sur le plan économique favorable mais très coûteuse sur le plan financier ce qui aura pour conséquence et selon les contextes économiques de chaque pays l'adoption de quelques dérogations dans l'instruction sur les caractéristiques géométriques des routes et Autoroutes.

En Suède, l'instruction de construction des Autoroutes a connu des dérogations selon les contextes économiques du pays. Ainsi, à la fin des années 1970, le budget réservé à la construction des autoroutes a été réduit, et pour faire face à ce manque de moyens de financement, le minimum pour les rayons verticaux qui a été appliqué dans tout le réseau était de 15 000m. Aussi, durant les années 1980 le budget national réservé à la construction des Autoroutes était élevé, par conséquent le minimum des rayons verticaux a atteint 25 000m et dans les années 1990 quand le budget réservé à la construction des Autoroutes a été réduit, le minimum des rayons verticaux a connu aussi une réduction jusqu'à 16 000m.

Une comparaison entre l'instruction Marocaine, Française et Suédoise a été effectuée dont les résultats sont mentionnés dans le tableau ci-dessous :

	CATEGORIE											
CLASSE	Exceptionnel			1 ^{ere}			2 ^{eme}			3 ^{eme}		
PAYS	M	F	S	M	F	S	M	F	S	M	F	S
Distance de freinage (m)	192	-	218	140	160	139	96	105	82	60	65	42
Distance de visibilité de dépassement (m)	500	800	900	370	629	900	250	500	700	180	350	700
Max surélévation %	7	7	5.5	7	7	5.5	7	7	5.5	7	7	4
Tracé en plan												
Minimum Normal (surelevation =4 %) (m)	1000	1000	-	500	665	-	250	425	-	125	240	140
Minimum Absolu (surelevation =max) (m)	700	665	1000	350	425	600	175	240	400	75	120	300
Profil en long (convexe)												
Minimum Normal (m)	16000	-	23000	9000	17000	11000	4000	10000	5000	2000	4500	3000
Minimum Absolu (m)	7000	-	16000	4000	10000	7000	1800	4500	3000	1500	1600	1800

Profil en long (concave)

Rayon minimum (m)	4000	42000	6500	2500	3000	4500	1500	2200	2500	1000	1500	1800
Pente maximale %	4	-	6	4	5	6	4	6	6	6	7	6

En Suède, le rayon minimal des courbes horizontal est calculé selon la formule suivante :

$$R \geq (V^2 / (0,28 \cdot e^{-0,0096 \cdot V} + E)) \cdot g$$

V:La vitesse en m/s.

v :la vitesse en km/h.

E :la surélévation en %.

g :la gravité en m/s².

Supposant que le rayon et la surélévation aient été choisis , le coefficient de frottement transversal requis est calculé comme suit :

$$f_s = ((v^2 / (g \cdot R)) \pm E$$

v : la vitesse en m/s.

R : le rayon choisi en m

E : la surélévation en degrés

g :la gravité m/s²

L'instruction Marocaine, limite la surélévation dans courbes à 2% par seconde de temps de parcours à la vitesse de référence.

En France, l'instruction spécifie que lorsque le rayon de la courbe est supérieur à 450 m à la vitesse de référence de 60 Km/h , à 600 m à la vitesse de référence de 80 Km/h et 900 m à la vitesse de référence de 100 Km/h la surélévation sera de 2.5%. La surélévation maximale est de 7% , il est utilisé pour les rayons inférieurs à 40 m.

IV- LA DISTANCE DE VISIBILITE

1 - Données générales :

Généralement, les petits rayons verticaux concaves inférieurs à 8 000 m réduisent la distance de visibilité et par conséquent, ils augmentent les risques des accidents. Cependant, l'étude de Björketun 1991 a prouvée qu'ils n'ont pas d'effet sur les risques des accidents, la seule raison pourrait être que les usagers de la route ajustent la vitesse de leurs véhicules selon les situations.

Les études menées par (Statens Vägverk 1987, Vaa 1991) et (Mc Bean 1982), ont démontrées que l'augmentation de la distance de visibilité réduit les risques des accidents de presque 20%.

2 - Comparaison entre l'instruction marocaine et suédoise :

Voir le tableau ci-dessous

MAROC			SUEDE		
Visibilité en arrêt		Visibilité au Dépassement	Vitesse (km/h)	Visibilité en arrêt	Visibilité au Dépassement
Rayon (m)	Distance de visibilité (m)	Distance de visibilité (m)		Distance de visibilité (m)	Distance de visibilité (m)
175	240	500m	120	235	900
125	180		100	165	
70	120		80	110	700
50	90		60	70	500
30	60		50	50	350
15	40		-	-	-

En comparant, les valeurs adoptées dans les deux normes. on conclut, que la distance de dépassement adoptée à l'instruction marocaine est fixe et elle est tangente sachant qu'il est important d'éviter les distances de visibilité entre 300 et 500m.

En conclusion, on peut dire, que l'instruction Suédoise requiert une distance de visibilité un peu long que celle adopté à l'instruction Marocain, mais en signalant que la Suède utilise une hauteur basse de l'obst

