

Auteur ou collectivité : Congrès international de la route. 1908. Paris

Titre : Premier congrès international de la route : Paris, 1908

Auteur : Werneck, Paul (18..-19..)

Titre du volume : Les routes futures (à l'exclusion de la voirie urbaine) : tracé, profil en long et profils en travers courbes, conditions à satisfaire en tenant compte de la sécurité du traffic et de la circulation des automobiles

Adresse : Paris : Imprimerie générale Lahure, 1908

Collation : 1 vol. (16 p.-[1] f. de pl. dépl.) : ill. ; 27 cm

Cote : CNAM-BIB 4 Ky 107 (23)

Sujet(s) : Routes rurales -- Innovations technologiques -- Allemagne -- 1900-1945 ; Routes -- Conception et construction -- Allemagne -- 1900-1945

Langue : Français

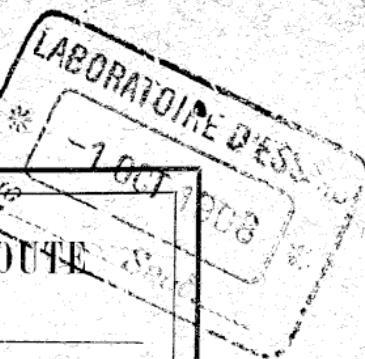
Date de mise en ligne : 06/04/2018

Date de génération du document : 6/4/2018

Permalink : <http://cnum.cnam.fr/redir?4KY107.23>

56

4^e Ky 107



I^{ER} CONGRÈS INTERNATIONAL DE LA ROUTE
PARIS 1908

4^e QUESTION

LES ROUTES FUTURES

(A L'EXCLUSION DE LA VOIRIE URBAINE)

TRACÉ, PROFIL EN LONG ET PROFILS EN TRAVERS
COURBES, CONDITIONS A SATISFAIRE
EN TENANT COMPTE DE LA SÉCURITÉ DU TRAFIC
ET DE LA CIRCULATION DES AUTOMOBILES

RAPPORT

PAR

M. WERNECKE

Landes-Bauinspektor, Königlicher Baurat, à Francfort-sur-Mein.

PARIS
IMPRIMERIE GÉNÉRALE LAHURE
9, RUE DE FLEURUS, 9

1908

LES ROUTES FUTURES

(A L'EXCLUSION DE LA VOIRIE URBAINE)

TRACÉ, PROFIL EN LONG ET PROFILS EN TRAVERS
COURBES, CONDITIONS A SATISFAIRE
EN TENANT COMPTE DE LA SÉCURITÉ DU TRAFIC
ET DE LA CIRCULATION DES AUTOMOBILES

RAPPORT

PAR

M. WERNECKE

Landes-Bauinspektor, Königlicher Baurat, à Francfort-sur-Mein.

Les Administrations des chaussées publiques se sont trouvées en face d'exigences nouvelles par suite de la transformation qui s'est opérée dans le mouvement de la circulation durant ces dernières années.

Au cours de la deuxième moitié du siècle dernier se manifesta un accroissement important et général du trafic des routes. Mais les mesures qui durent être prises à cette occasion furent dictées par des considérations qui ne sortaient guère du cadre de celles dont la justesse avait antérieurement déjà été reconnue.

A la fin du xix^e et au début du xx^e siècle s'introduisit dans le domaine de la route un nouvel engin de locomotion, dont l'importance augmente actuellement de jour en jour. C'est le véhicule à moteur, l'automobile, dont l'apparition dans la circulation publique a placé les techniciens spécialistes des routes vis-à-vis de problèmes nouveaux.

Ces problèmes s'étendent aussi bien au mode de premier établissement qu'à l'entretien des routes.

Les exigences du nouvel engin de locomotion nécessitent la prise en considération des points suivants :

1^o Par leur mode de construction et de fonctionnement, les automobiles

WERNECKE.

1 r

exercent sur la surface de la chaussée une action toute spéciale, car il ne s'agit plus ici, comme antérieurement, de roues mues par traction, mais de roues automotrices.

2^e La vitesse des automobiles, abstraction faite des camions automobiles pour transports pondéreux, est le plus souvent un multiple considérable de la vitesse avec laquelle les véhicules de trait se déplacent sur la route.

3^e Le trafic des routes, par suite de l'apparition de l'automobile, a perdu plus ou moins le caractère local qu'il possédait jusqu'ici. L'automobile a ajouté un élément international à la circulation. Journellement circulent sur les routes de chaque pays un nombre considérable de voitures étrangères, dont les conducteurs ne sont pas familiarisés avec les conditions locales. Cette circonstance, ajoutée à la vitesse du nouvel engin de locomotion, suscite des considérations tout à fait spéciales, notamment au point de vue du maintien de la sécurité de la circulation publique.

En tenant compte des faits signalés plus haut sous les n°s 2 et 3, nous examinerons ci-après les mesures qui devraient être prises d'une manière générale dans l'établissement des routes (alignements droits, profil en long, profils en travers, courbes), en vue de garantir la sécurité de la circulation.

Il est bien certain que les mesures à prendre pourront être arrêtées avec le maximum de certitude lorsque les circonstances défavorables, par exemple un trafic très intense en même temps qu'une très grande vitesse de circulation, pourront être soumises à observation pendant une période suffisamment longue. Les accidents survenus seront particulièrement instructifs, car ils indiqueront de la manière la plus précise les dispositions qui paraissent indispensables pour les prévenir par la suite.

C'est pourquoi nous avons fait servir de base à la présente discussion les expériences qui ont pu être rassemblées lors de deux grandes courses d'automobiles dans le Taunus, arrondissement administratif de Wiesbaden, en 1904 et 1907.

En l'année 1904 eut lieu dans la région montagneuse du Taunus la course Gordon-Bennett qui s'effectua sur un circuit de routes d'environ 128 km, lequel fut parcouru quatre fois.

La course de la Coupe de l'Empereur, en 1907, s'effectua sur un circuit de 118 km empruntant une partie des routes parcourues en 1904, ce circuit étant également couvert quatre fois.

Les routes empruntées réalisent des rampes atteignant jusqu'à 15 pour 100 et des courbes dont le rayon descend jusque 18 m. en rase campagne.

Dans la course Gordon-Bennett, réservée à des voitures de course dont le poids ne pouvait pas dépasser 1000 kg, la vitesse moyenne atteinte fut d'environ 110 km à l'heure; la plus grande vitesse enregistrée atteignit 160 km à l'heure.

La course de la Coupe de l'Empereur en 1907 était réservée à des voitures de tourisme munies de carrosseries de course; et dont le poids ne pouvait pas descendre en dessous de 1175 kg.

La vitesse moyenne atteinte fut d'environ 80 km à l'heure. La vitesse maxima développée fut d'environ 130 km à l'heure.

En raison des parcours d'essai effectués par les firmes intéressées pendant plusieurs semaines avant chacune des deux courses, et de la circulation intense d'automobiles ordinaires qui précéda les jours de course, les routes du circuit, tout au moins partiellement, furent très fortement sollicitées. Pour citer un exemple, le recensement effectué par l'Administration sur la route provinciale de Francfort vers Siegen, entre Homburg et Saalburg, indiqua pendant la semaine qui précéda la course du 14 juin 1907, de 6 heures du matin à 6 heures du soir, une moyenne de 110 voitures de course et de 449 automobiles ordinaires, soit ensemble un passage de 559 automobiles par jour. Cette circulation, avec celle des véhicules ordinaires qui comporte en temps normal un passage journalier de 577 animaux de trait, devait être supportée par une chaussée de 7 m. de largeur.

Cette sollicitation exceptionnelle des routes constituait une occasion très favorable d'entreprendre des observations ayant pour objet d'établir si les chaussées actuelles sont à même de satisfaire entièrement à un trafic considérablement accru et d'un genre nouveau.

Si l'on impose en outre cette condition, que la circulation de tous les usagers de la voirie doit s'effectuer avec une sécurité aussi complète que possible, on est amené à conclure que les dispositions générales à donner aux routes doivent répondre nécessairement aux exigences suivantes, lesquelles devront être prises en sérieuse considération pour les routes futures.

A) **Alignements droits, y compris profil transversal.** — Dans les alignements droits, la circulation des automobiles n'impose aucune condition nouvelle (abstraction faite des points développés au littera B, profil en long).

On n'a point enregistré d'accidents qui auraient pu être attribués aux dispositions générales des routes.

Il suffit uniquement d'attirer l'attention sur ce point, que la largeur de la chaussée doit être proportionnée à l'intensité du trafic.

Le profil transversal usuellement adopté jusqu'ici, permettant un écoulement d'eau de part et d'autre sur deux versants réalisant une déclivité de 4-6 pour 100, répond entièrement à son but.

B) **Profil en long.** — En ce qui concerne les conditions de rampe, on peut admettre qu'il n'est point d'autres considérations à faire intervenir que celles antérieurement suscitées par le trafic ordinaire. Toutes les

rampes, entre les limites du palier et de l'inclinaison de 15 pour 100, n'ont offert aucun inconvénient pour l'automobilisme.

Par contre, il a été constaté qu'aux points où se produisent les variations de pente, des effets de choc se manifestent d'autant plus tôt que la vitesse de circulation est plus élevée, et que le passage d'une inclinaison à l'autre est plus brusque. Toute variation subite de pente nécessite au surplus un changement de vitesse du véhicule, et peut exercer une action nuisible aussi bien sur les automobiles que sur la chaussée.

Aussi sera-t-il recommandable, en vue d'obtenir des transitions moins brusques, de racheter, lors de la construction de routes nouvelles, les variations de déclivité par des arcs de cercle dont les rayons seront notamment supérieurs à ceux adoptés jusqu'à présent (fig. I).

C) **Courbes, y compris profil transversal.** — Presque tous les accidents qui se sont produits pendant le parcours des deux courses du Taunus ont été observés dans les parties courbes des routes. Ces accidents n'ont jamais pu être attribués à la constitution de la surface de la chaussée; leur cause doit au contraire être recherchée dans la manière dont l'automobile se comporte dans les sections de route en courbe.

Ces accidents peuvent être classés en deux catégories, à savoir :

1^o Dérapage des voitures dans les courbes.

2^o Collision de voitures parcourant la même courbe en sens contraire.

En outre, il faut encore remarquer en particulier :

Pour 1 : Dérapage de voitures.

Les cas de l'espèce doivent être attribués aux circonstances suivantes :

a) Traversée de la courbe à une vitesse trop forte, spécialement lorsque les chauffeurs n'étaient pas encore suffisamment familiarisés avec les circonstances locales.

Les accidents se produisirent le plus fréquemment là où un alignement droit de grande longueur, qui était parcouru à toute vitesse, était suivi d'une courbe à faible rayon. Les voitures, sous l'action de la force centrifuge, étaient culbutées du côté extérieur de la courbe (fig. II).

b) Dans les mêmes circonstances, par suite d'une manœuvre tardive du volant de direction, la voiture, au lieu de prendre le tournant, peut continuer suivant la tangente et être projetée en dehors de la route (fig. II).

c) Dépassemens en courbe. La voiture qui mène roule sur le versant intérieur de la courbe, inclinée vers le centre suivant le bombement du profil, et marche à la plus haute vitesse que permet le rayon de la courbe. La voiture qui dépasse accroît sa vitesse au-delà de cette limite; elle doit en outre utiliser le milieu de la route ou le versant incliné vers l'extérieur. Dans ces conditions le dérapage se produit et la voiture qui dépasse culbute en suite de la force centrifuge (fig. III).

Pour 2 : Collisions.

Eu égard au raccourcissement du parcours et à la plus grande sécurité de circulation qu'offre le versant de la route incliné vers l'intérieur, les deux voitures marchant dans une direction opposée prennent l'une et l'autre le côté intérieur de la courbe. Si par la topographie des lieux la vue est masquée, une collision est pour ainsi dire inévitable, et d'autant plus probable que les vitesses des voitures sont plus grandes (fig. IV).

En considération des circonstances exposées sous 1^{abc} et 2, les routes futures devront répondre aux exigences suivantes en vue d'augmenter la sécurité de la circulation :

En ce qui concerne les points 1^a et 1^c :

Après avoir établi la relation entre la vitesse de circulation admissible et le rayon des courbes de la route, ladite vitesse devra être renseignée sur des tableaux placés avant le point d'origine des courbes.

En ce qui concerne le point 1^b :

La création de courbes (fig. V) de transition est recommandable. Ces courbes de transition (paraboles, anses de panier) devraient assurer le passage progressif de la section en alignement droit à la section en courbe, et permettre ainsi d'aborder cette courbe avec sécurité. Elles seront surtout désirables dans le cas de courbe suivie de contre-courbe (Lacet). Semblable disposition a déjà été appliquée antérieurement en divers endroits, — de même que pour les chemins de fer — mais elle devrait être réalisée plus soigneusement et d'une manière plus générale. Un élargissement proportionné de la chaussée est également très désirable dans toutes les courbes.

En ce qui concerne les points 1^c et 2 :

La réalisation de profils transversaux offrant une pente unique vers l'intérieur de la courbe donnera au passage de celle-ci la même sécurité en tout point de la largeur de la chaussée (fig. III).

Les précédentes conditions à réaliser seront examinées plus en détail ci-après.

En ce qui concerne les conditions relatives à 1^a, 1^c et 2, il est nécessaire de déterminer la relation qui existe entre la vitesse de marche et le rayon des courbes de la route. Il faut encore établir une distinction, suivant que les véhicules parcourent la courbe du côté intérieur ou du côté extérieur, c'est-à-dire sur le versant du profil transversal incliné vers l'intérieur ou vers l'extérieur de la courbe (fig. VI).

**I. — DÉTERMINATION DE LA VITESSE,
LA VOITURE ROULANT SUR LE VERSANT INTÉRIEUR DE LA COURBE**

La figure VII se rapporte à ce cas. Dans cette figure, N et D représentent les points de contact des roues de l'automobile avec la surface de la chaussée; M le centre de gravité de la voiture; A le point milieu de la voie de l'automobile.

Il sera fait usage des annotations suivantes :

c = vitesse de marche en mètres par seconde.

g = accélération de la pesanteur = 9 m. 81 sec.

r = rayon de la courbe.

G = poids de la voiture.

C = force centrifuge.

R = résultante de G et C .

u = largeur de voie de l'automobile.

s = projection de la voie sur l'horizontale.

h = dénivellation transversale de la chaussée sur la longueur s .

a = distance entre la résultante R et le point milieu de la voie.

k = hauteur du centre de gravité au-dessus de la surface de la chaussée.

α = angle d'inclinaison du profil transversal de la chaussée.

β = angle formé par la résultante R et la ligne MA.

m = grandeur auxiliaire.

Nous avons les relations suivantes :

$$(1) \quad C = G \frac{c^2}{gr}$$

$$\tan(\alpha + \beta) = \frac{C}{G}$$

d'où

$$(2) \quad \tan(\alpha + \beta) = \frac{Gc^2}{grG} = \frac{c^2}{gr}$$

ensuite

$$\tan(\alpha + \beta) = \frac{\sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta}{\cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta}$$

Si l'on introduit dans cette expression

$$\sin \alpha = \frac{h}{u}$$

$$\cos \alpha = \frac{s}{u}$$

$$\sin \beta = \frac{a}{m}$$

$$\cos \beta = \frac{k}{m}$$

on obtient

$$(5) \quad \tan(\alpha + \beta) = \frac{hk + sa}{sk + ha}$$

de (2) et (5) l'on déduit

$$\frac{c^2}{gr} = \frac{hk + sa}{sk + ha}$$

d'où

$$(4) \quad c = \sqrt{gr \frac{hk + sa}{sk + ha}} \text{ en m. et sec.}$$

donc

$$(5) \quad c = 3,6 \sqrt{gr \frac{hk + sa}{sk + ha}} \text{ en km. et heures.}$$

Comme $g = 9,81$, cette expression se transforme en

$$(6) \quad c = 11,275 \sqrt{r \frac{hk + sa}{sk + ha}} \text{ en km. et heures.}$$

II. — DÉTERMINATION DE LA VITESSE DE MARCHE, LA VOITURE ROULANT SUR LE VERSANT EXTÉRIEUR DE LA COURBE

A ce cas se rapporte la fig. VIII.

Mêmes annotations que pour I.

Toutefois β = l'angle formé par R et la verticale passant par M.

m, n, o, p, q = grandeurs auxiliaires.

Nous avons de nouveau :

$$(1) \quad C = G \frac{c^2}{gr}$$

ensuite

$$\tan \beta = \frac{C}{G}$$

donc

$$(2) \quad \tan \beta = \frac{Gc^2}{grG} = \frac{c^2}{gr}$$

comme

$$(3) \quad \tan \beta = \frac{q}{o} \text{ il s'ensuit } \frac{q}{o} = \frac{c^2}{gr}$$

donc

$$c^2 = gr \frac{q}{o}$$

$$(4) \quad c = \sqrt{gr \frac{q}{o}}$$

q et o se déterminent comme suit :

$$k : p = s : h,$$

d'où

$$(5) \quad p = \frac{kh}{s}$$

Comme en outre

on obtient

$$(6) \quad n = a - p, \\ n = a - \frac{kh}{s}$$

Ensuite l'on a

d'où

$$n : q = u : s,$$

$$n = \frac{uq}{s}$$

en introduisant dans cette expression la valeur de n de l'égalité (6),

$$(7) \quad a - \frac{kh}{s} = \frac{uq}{s}$$

$$(8) \quad q = \frac{s}{u} \left(a - \frac{kh}{s} \right)$$

Pour la détermination de o :

soit

$$m^2 = o^2 + q^2$$

et

$$o^2 = m^2 - q^2$$

et comme

$$m^2 = k^2 + a^2,$$

on obtient

$$(10) \quad o = \sqrt{k^2 + a^2 - q^2}$$

Si l'on introduit dans cette expression la valeur de q prise dans (8), on obtient :

$$(11) \quad o = \sqrt{k^2 + a^2 - \frac{s^2}{u^2} \left(a - \frac{kh}{s} \right)^2}$$

De (8) et (11) résulte :

$$\frac{q}{o} = \frac{\frac{s}{u} \left(a - \frac{kh}{s} \right)}{\sqrt{k^2 + a^2 - \frac{s^2}{u^2} \left(a - \frac{kh}{s} \right)^2}}$$

Cette valeur introduite dans (4) donne

$$(12) \quad c = \sqrt{gr \frac{\frac{s}{u} \left(a - \frac{kh}{s} \right)}{\sqrt{k^2 + a^2 - \frac{s^2}{u^2} \left(a - \frac{kh}{s} \right)^2}}} \text{ en m. et sec.}$$

Pour avoir cette valeur exprimée en kilomètres et heure, il suffit de multiplier par le coefficient 3,6, de sorte qu'en introduisant la valeur de $g = 9,81$, on obtient :

$$(15) \quad c = 11,275 \sqrt{r} \frac{\frac{s}{u} \left(a - \frac{kh}{s} \right)}{\sqrt{k^2 + a^2 - \frac{s^2}{u^2} \left(a - \frac{kh}{s} \right)^2}} \text{ en km. par heure.}$$

En vue d'obtenir des valeurs numériques, nous adopterons pour nos exemples de calcul les dimensions suivantes :

- $u = 1,4$ m. suffisant pour une pente transversale de 6 0/0.
- $s = 1,4$ m. soit $s = u$ exactement.
- $h = 0,084$ m. pour une inclinaison transversale de 6 0/0.
- $k = 0,8$ m.

HYPOTHÈSE I. — *La voiture roule sur le versant intérieur de la courbe.*

Cas a. — Condition : la résultante R passe par le point milieu A de la voie (fig. VII), et est donc dirigée normalement à la surface de la chaussée.

Sécurité équivalente à celle en alignement droit. Si l'on introduit dans la formule (6) les valeurs prémentionnées de u , s , h et k , et si l'on y fait $a = o$, on obtient

$$c_1 = 2,76 \sqrt{r} \text{ km. à l'heure.}$$

Pour diverses valeurs du rayon r de la courbe résultent alors les valeurs suivantes de la vitesse c_1 .

Rayon r .	Vitesse c_1 en kilomètres à l'heure.
20 mètres.	12,5 kilomètres.
25	15,8
30	15,1
35	16,5
40	17,5
50	19,5
60	21,4
70	23,4
80	24,7
90	26,2
100	27,6
125	30,9
150	33,8
175	36,5
200	39,0
250	43,6
300	47,8
350	51,6
400	55,2

Cas b. — Condition : la résultante R coupe la surface de la chaussée en un point dont la distance au milieu de la voie est égale au $1/6$ de cette voie ; la sécurité de marche est encore largement suffisante. Il faut faire $a = \frac{u}{6}$ dans la formule (6).

En introduisant les valeurs numériques admises *a priori*, on obtient :

$$c_2 = 6,65 \sqrt{r} \text{ km. à l'heure,}$$

d'où l'on déduit les valeurs numériques suivantes :

Rayon r .	Vitesse c_2 en kilomètres à l'heure.
20 mètres.	29,6 kilomètres.
25	53,2
30	56,5
35	59,5
40	42,0
50	46,9
60	51,4
70	55,5
80	59,5
90	62,9
100	66,5
125	74,1
150	81,2
175	87,7
200	95,8
250	104,8
300	114,8
350	124,4
400	132,6

Cas c. — Condition : la résultante R rencontre la surface de la chaussée en un point dont la distance au milieu de la voie est égale au $1/3$ de cette voie. Ce cas sera considéré comme correspondant à la limite de la vitesse admissible.

Il faudra faire $a = \frac{u}{3}$ dans la formule (6).

Celle-ci devient alors

$$c_3 = 8,99 \sqrt{r} \text{ km. à l'heure.}$$

d'où l'on déduit les valeurs numériques ci-après :

Rayon <i>r.</i>	Vitesse c_3 en kilomètres à l'heure.
20 mètres.	59,7 kilomètres.
25 —	44,5 —
50 —	48,7 —
55 —	52,6 —
40 —	56,5 —
50 —	62,9 —
60 —	68,9 —
70 —	74,4 —
80 —	79,5 —
90 —	84,4 —
100 —	88,9 —
125 —	99,4 —
150 —	108,9 —
175 —	117,6 —
200 —	125,7 —
250 —	140,6 —
300 —	154,0 —
350 —	166,5 —
400 —	177,8 —

Cas d. — Condition : la résultante R rencontre la trace des roues extérieures. Il y a équilibre instable, donc sécurité nulle.

Il faudra faire $a = \frac{u}{2}$ dans la formule (6).

Ceci donne

$$c_4 = 10,65\sqrt{r} \text{ km. à l'heure,}$$

d'où les valeurs numériques suivantes :

Rayon <i>r.</i>	Vitesse c_4 en kilomètres à l'heure.
20 mètres.	47,5 kilomètres.
25 —	55,2 —
50 —	58,3 —
55 —	62,9 —
40 —	67,5 —
50 —	75,2 —
60 —	82,4 —
70 —	89,0 —
80 —	95,0 —
90 —	100,9 —
100 —	106,5 —
125 —	118,8 —
150 —	130,2 —
175 —	140,6 —
200 —	150,3 —
250 —	168,1 —
300 —	184,1 —
350 —	198,9 —
400 —	213,6 —

HYPOTHÈSE II. — *La voiture roule sur le versant extérieur de la courbe.*

Cas a. — Condition : la résultante R rencontre la surface de la chaussée en un point dont la distance au milieu de la voie est égale au $1/6$ de cette voie.

Il faudra faire $a = \frac{u}{6}$ dans la formule 45.

On obtient après substitution des valeurs numériques

$$c_5 = 5,59\sqrt{r} \text{ km. à l'heure,}$$

et de là :

Rayon r .	Vitesse c_5 en kilomètres à l'heure.
20 mètres.	24,1 kilomètres.
25 —	27,0 —
30 —	29,5 —
35 —	31,9 —
40 —	34,4 —
50 —	38,4 —
60 —	41,8 —
70 —	45,1 —
80 —	48,2 —
90 —	51,2 —
100 —	53,9 —
125 —	60,5 —
150 —	66,5 —
175 —	71,5 —
200 —	76,2 —
250 —	85,2 —
300 —	95,4 —
350 —	100,9 —
400 —	107,8 —

Cas b. — Condition : la résultante R rencontre la surface de la chaussée en un point dont la distance au milieu de la voie est égale au $1/5$ de cette voie. Ce cas sera considéré comme correspondant à *la limite de la vitesse admissible*.

On fera $a = \frac{u}{5}$ dans la formule (15).

On obtient

$$c_6 = 8,03\sqrt{r} \text{ km. à l'heure,}$$

d'où se déduisent les valeurs numériques ci-après :

Rayon r .	Vitesse c_6 en kilomètres à l'heure.
20 mètres.	55,9 kilomètres.
25 —	40,2 —
50 —	44,0 —
55 —	47,5 —
40 —	50,8 —
50 —	56,8 —
60 —	62,2 —
70 —	67,2 —
80 —	71,8 —
90 —	76,2 —
100 —	80,5 —
125 —	89,8 —
150 —	98,4 —
175 —	106,2 —
200 —	115,5 —
250 —	127,0 —
500 —	159,4 —
550 —	150,2 —
400 —	160,6 —

Cas c. — Condition : la résultante R coupe la trace des roues extérieures. Équilibre instable, sécurité nulle.

Il faut faire $a = \frac{u}{2}$ dans la formule (15).

Ceci donne

$$c_7 = 9,94\sqrt{r} \text{ km. à l'heure,}$$

d'où l'on déduit les valeurs numériques suivantes :

Rayon r .	Vitesse c_7 en kilomètres à l'heure.
20 mètres.	44,4 kilomètres.
25 —	49,7 —
50 —	54,5 —
55 —	58,9 —
40 —	62,9 —
50 —	70,5 —
60 —	77,0 —
70 —	85,2 —
80 —	88,9 —
90 —	94,5 —
100 —	99,4 —
125 —	111,1 —
150 —	121,8 —
175 —	131,5 —
200 —	140,6 —
250 —	157,2 —
500 —	172,2 —
550 —	186,0 —
400 —	198,8 —

Les valeurs numériques de c_1 à c_7 calculées ci-dessus ont été représentées pour des rayons de 0 à 400 m. dans la figure IX, où les rayons ont été portés en abscisses et les valeurs correspondantes des vitesses en ordonnées.

En reliant les points d'ordonnée des vitesses, on obtient des paraboles. La comparaison de ces courbes montre que, dans les mêmes conditions de sécurité, la vitesse des voitures sur le versant extérieur de la courbe est beaucoup plus réduite que sur le versant intérieur. Il conviendra donc, pour les routes futures, d'adopter dans toutes les courbes une pente transversale unique d'environ 6 pour 100. Par ce moyen seul on pourra satisfaire aux exigences de la sécurité de circulation en ce qui concerne les points 1^a, 1^c et 2.

Par l'emploi de tableaux sur lesquels figurera pour chaque rayon la vitesse maxima admissible (en kilomètres à l'heure), tout conducteur d'automobile — même étranger — sera mis en mesure de régler sa vitesse d'après le rayon de chaque courbe.

Il incombe à l'industrie de vérifier la concordance des valeurs calculées avec les chiffres de la pratique, et de déterminer en même temps dans quelles limites et jusqu'à quel point, pour des angles au centre réduits, c'est-à-dire pour des courbes de faible développement, un accroissement de la vitesse de marche théoriquement calculée paraît admissible. Ce dernier point ne se prête guère à une étude théorique.

En ce qui concerne le point 1^b :

Il est recommandable d'adopter des courbes de transition et un accroissement proportionné de la largeur de chaussée. A ce sujet, il y a lieu de faire intervenir les considérations suivantes :

Les voitures, au passage brusque d'un alignement droit à une courbe accentuée, sont soumises à une forte sollicitation; il en est de même pour la chaussée. Plus la vitesse est élevée, plus le danger serait grand si la voiture refusait d'obéir à la direction. Pareil refus sera d'autant moins probable, que le passage de l'alignement droit à la courbe s'opérera moins brusquement. Les courbes de transition aussi bien que l'élargissement de la chaussée constituent donc des moyens de prévenir les dérapages.

Les courbes de transition serviront en outre à faciliter l'établissement des profils transversaux à inclinaison unique préconisés au sujet des points 1^c et 2. Le passage du profil normal en alignement droit au profil en courbe à inclinaison transversale unique se fera dans de meilleures conditions que si les courbes de transition n'existaient point.

En ce qui concerne les points 1^c et 2 nous avons préconisé, dans les passages en courbe, l'établissement de profils transversaux à pente unique. Moyennant l'existence de semblables profils, les voitures pourront circuler en tout point de la section transversale avec une égale sécurité.

Les automobiles n'ont, par conséquent, plus besoin de garder en marche rapide le côté intérieur de la courbe. Il leur devient possible, de même qu'en alignement droit, de circuler dans les courbes de manière à éviter les collisions, même aux endroits où la vue est masquée.

RÉSUMÉ

Eu égard à la sécurité du roulage et à la circulation des automobiles, les desiderata suivants doivent être pris en considération au sujet des dispositions générales à donner aux routes publiques (exception faite des rues dans les villes).

1^o Alignements droits. — Il n'y a pas lieu de satisfaire à des exigences spéciales, à condition toutefois de donner à la chaussée une largeur proportionnée à l'importance du trafic.

2^o Profil en long. — Aux points où se produisent des variations de pente doivent être établis des raccordements suivant un arc de cercle de rayon aussi grand que possible. De la sorte on réalisera la transition progressive d'une pente à l'autre, on évitera les chocs aux véhicules à grande vitesse, et l'on préviendra l'action nuisible exercée par ces chocs sur les véhicules et la surface de la chaussée.

3^o Courbes. — *a)* Le passage des alignements droits aux sections en courbe doit être facilité par des courbes de transition (anses de panier ou paraboles). Les courbes de transition sont particulièrement recommandables dans le cas de courbe et de contre-courbe sans alignement droit intermédiaire, ou séparées par un alignement droit de longueur réduite. Cette mesure a pour but d'ajouter à la sécurité de direction des voitures dans les sections en courbe.

b) Dans les courbes de rayon inférieur à 100 m., on devrait donner à la chaussée un surcroît de largeur, afin de faciliter le croisement et le dépassement des voitures, spécialement aux endroits où la vue est masquée.

c) Toutes les courbes pour lesquelles la vitesse admissible est inférieure à 80 km à l'heure — soit donc, sur la base des calculs précédents, les courbes de rayon inférieur à 100 m. — devraient être signalées par des tableaux renseignant sur la vitesse maxima admissible. On pourra, par ce moyen, prévenir maint accident.

d) Les résultats numériques obtenus, dans le présent rapport, pour les vitesses admissibles dans les courbes devraient être soumis à une vérification de la part de l'industrie. Cette vérification devrait être faite pour des voitures à faible largeur de voie et à centre de gravité élevé, et pour

des inclinaisons transversales de chaussée de 5-6 pour 100. Cette vérification devrait également avoir pour objet de déterminer dans quelles limites, pour des courbes dont l'angle au centre est faible, la vitesse admissible calculée dans le cas ordinaire paraît susceptible d'accroissement.

4^e Profils en travers. — *a)* En alignement droit, le profil transversal usuellement adopté jusqu'ici, avec écoulement d'eau de chaque côté et déclivité transversale de 4-6 pour 100, ne soulève aucune objection.

b) En courbe il est recommandable de réaliser un écoulement d'eau unique sur pente transversale d'environ 6 pour 100, afin que les voitures puissent utiliser indifféremment tout point du profil transversal avec une égale sécurité. On pourra ainsi éviter que des voitures marchant dans des directions opposées utilisent le même versant de la courbe, et supprimer le danger des dépassements.

Enfin les précédentes mesures, indispensables pour les routes futures, devraient également être appliquées aux routes existantes, pour autant que le besoin s'en fait sentir et que leur mise à exécution est possible. Cette remarque a trait aux points 2, 3^b, 3^c et 4^b.

Francfort-sur-Mein, juin 1908.

(Trad. MÜHLEN.)

