

ÉTUDE DU COMPORTEMENT DES CONDUCTEURS SUR LES ROUTES DE LA PROVINCE D'UDINE (ITALIE)

M. BORDIN

Département d'Ingénierie Civile, Université d'Udine, Italie
mario.bordin@dic.uniud.it

RÉSUMÉ

Une vaste recherche a été développée en 2001 sur les routes de la Province d'Udine (Région du Friuli-Venezia Giulia, Italie), afin d'examiner le comportement des conducteurs par rapport aux caractéristiques géométriques du tracé routier. Parmi les routes considérées, on a choisi de présenter la Route Provinciale N° 49 *Osovana*.

Les caractéristiques géométriques de la route ont été analysées en contrôlant la conformité avec les normes techniques et en réalisant les diagrammes de vitesse. Une caméra dissimulée a été utilisée pour le relevé des trajectoires décrites par les véhicules et des vitesses: une attention spécifique a été consacrée à l'examen des manœuvres exécutées par les conducteurs qui s'approchent d'un virage.

La recherche a mis en évidence que les conducteurs ont tendance à régler leur vitesse en fonction des caractéristiques d'ensemble du parcours et ont de la difficulté à s'adapter à la présence de sections exigeant une réduction de la vitesse.

L'étude a permis de tirer des critères et des recommandations de caractère général aptes à l'évaluation de la sécurité aussi bien des routes existantes que des projets routiers.

MOTS CLÉS

CONDUCTEUR / TRAJECTOIRE / VITESSE / COURBE / SÉCURITÉ

1. INTRODUCTION

En 2001, sur la base d'une convention stipulée entre la Province d'Udine et l'Université d'Udine, une «Recherche sur le comportement des conducteurs sur les routes provinciales pour l'analyse de la géométrie et de la sécurité du tracé» a été effectuée sous la responsabilité scientifique de l'auteur.

Les résultats concernant la Route Provinciale N° 49 *Osovana* (S.P. N. 49), route extra-urbaine à deux voies reliant Udine à la zone industrielle de Rivoli di Osoppo au nord sur un tracé d'environ 20 kilomètres, sont présentés ici. La donnée de circulation la plus significative est le TMJA relevé dans la localité de Feletto Umberto durant l'enquête de circulation 1998/99, correspondant à 6 459 véhicules/jour, dont 9% poids lourds.

La figure 1 représente la route avec l'indication de la section qui sera ensuite examinée, section présentant un taux d'accidents élevé (§ 4).

2. ANALYSE DU TRACÉ DE LA S.P. N. 49 OSOVANA

Le tracé de la S.P. N. 49 *Osovana*, obtenu à partir de la carte technique régionale, a été examiné selon les critères de composition de l'axe établis par les normes routières (C.N.R., 1980; Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 2001). Les normes définissent les proportions devant être respectées par les différents éléments composant l'axe routier et en particulier les rapports entre les rayons de courbes circulaires successives et les rapports entre la longueur d'un alignement et le rayon des courbes adjacentes.

Il a été noté que le tracé est composé de lignes droites et de courbes circulaires sans courbes de raccordement interposées.

Les contrôles ont démontré entre autres que, dans la section examinée (§ 4), le rayon de la dernière courbe est trop réduit par rapport à la longueur de l'alignement au nord.



Figure 1 – La S.P. N. 49 Osovana (–) et la section examinée (○).

Pour la totalité de la route a été rédigé le diagramme de la vitesse de référence, de la *vitesse opérative* (V_{85}) et des limites de vitesse. Une différence significative a été relevée entre la vitesse de référence et la *vitesse opérative*.

La *vitesse opérative* a été calculées par la formule (R. Lamm et al., 1999):

$$V_{85} = 8,549 \cdot 10^{-21} \cdot CCR_S^6 - 2,446 \cdot 10^{-16} \cdot CCR_S^5 + 2,748 \cdot 10^{-12} \cdot CCR_S^4 - 1,540 \cdot 10^{-8} \cdot CCR_S^3 + 4,620 \cdot 10^{-5} \cdot CCR_S^2 - 0,0784 \cdot CCR_S^2 + 101,8;$$

où CCR_S (*Curvature Change Rate of the Single Curve*) est défini de la façon suivante:

$$CCR_S = \frac{\frac{L_{c11}}{2R} + \frac{L_{cr}}{R} + \frac{L_{c12}}{2R}}{L} \cdot \frac{200}{p} \cdot 10^3.$$

CCR_S est exprimé en gon/km, L_{c11} , L_{c12} sont les longueurs des clothoïdes (m), L_{cr} est la longueur (m) et R le rayon (m) de la courbe circulaire, L (km) = $L_{c11} + L_{c12} + L_{cr}$.

3. ÉTUDE DU COMPORTEMENT DES CONDUCTEURS

Les éléments représentatifs du comportement des conducteurs, c'est-à-dire les trajectoires et les vitesses des véhicules, ont été relevés au moyen d'une caméra dissimulée aux regards. Une attention particulière a été consacrée aux trajectoires des véhicules dans les virages, puisque dans le passage de ligne droite à courbe circulaire (ou entre deux courbes), en l'absence d'une courbe de transition, les conducteurs braquent graduellement en décrivant une courbe à rayon variable pouvant être assimilée à une clothoïde, nommée «*clothoïde spontanée*» (Bordin & Stefanutti, 2000).

L'analyse des trajectoires détermine la longueur (Δ) de la clothoïde et le *déplacement transversal* (Ψ) du véhicule dans le passage ligne droite-courbe et vice-versa. L'*écart latéral* (Δ) est la distance entre la trajectoire et l'axe de la voie de circulation.

La sécurité est évaluée par le coefficient de sécurité de la vitesse (csv), lequel est le rapport entre la vitesse à la limite de stabilité (V_{st}) et la vitesse du véhicule (V):

$$CSV = \frac{V_{st}}{V}$$

La vitesse à la limite de stabilité se calcule de la façon suivante:

$$V_{st} = \sqrt{\frac{127,138 R (f_t + tga)}{1 + f_t tga}}$$

avec:

$$f_t = 1,016 - 0,09995 \log V$$

coefficient de frottement transversal sur chaussée sèche (AASHTO, 1994).

4. S.P. N. 49 OSOVANA – COURBE EN S PRÈS DE L' OSTERIA «AL CACCIATORE»

Cette section, près de l' Osteria «al Cacciatore» (figure 2), comprend deux courbes ayant courbure opposée reliées par un bref alignement.

En se dirigeant du sud vers le nord, la courbe sud a un rayon de 180 m et un développement de 95,10 m et est précédée d'un alignement de 71,80 m; suit un bref alignement (64,30 m). La courbe nord a un rayon de 200 m et un développement de 94,10 m et est suivie d'un alignement de 1 015 m, sur lequel les véhicules roulent très vite. Les vitesses des véhicules provenant du nord restent généralement élevées malgré la limite imposée de 70 km/h et les accidents sont fréquents. Les voies ont une largeur de 2,90 m et les bandes dérasées de 0,40 m.



Figure 2 – La courbe en s près de l' Osteria «al Cacciatore».

Des relevés de trajectoires et de vitesse T3 et T4 ont été effectués (figure 3).

La figure 4 représente les trajectoires des véhicules relevées dans la section T4; les tableaux 1 et 2 indiquent les valeurs significatives des paramètres géométriques et dynamiques. Les relevés font ressortir le fait que les vitesses moyennes (V_m) et les vitesses opératives dans les deux sens de circulation diffèrent sensiblement: pour les voitures, en direction nord $V_m=70,9$ km/h et $V_{85}=81,6$ km/h et en direction sud $V_m=79,9$ km/h et $V_{85}=87,5$ km/h, ce qui permet de souligner combien la vitesse est liée à la géométrie globale du parcours.

Une hypothèse d'intervention prévoit de redessiner la courbe en s afin d'obtenir deux courbes d'un rayon de l'ordre de 300 m (au lieu des 200 m actuels) faisant fonction de raccordement entre le tronçon fluide au nord et le tronçon sinueux au sud.

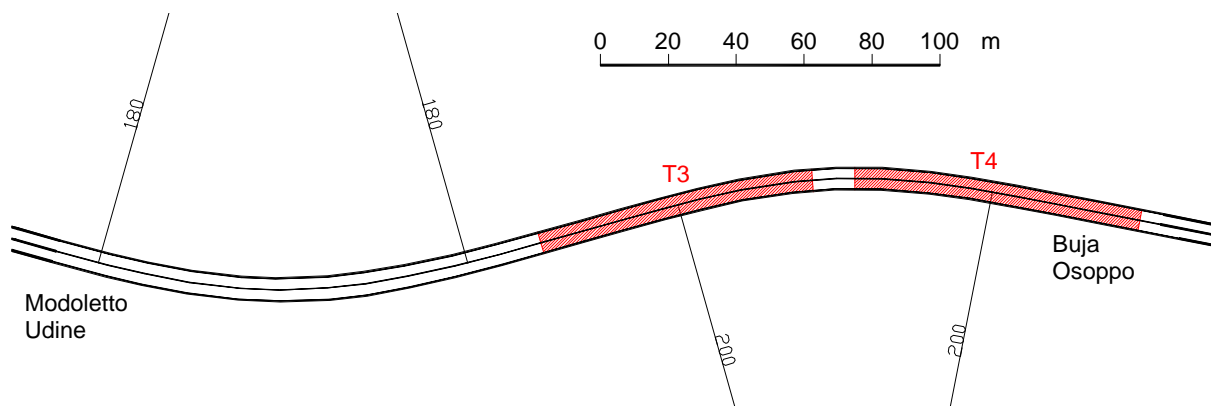


Figure 3 – Relevés effectués sur la courbe en s près de l' Osteria «al Cacciatore».

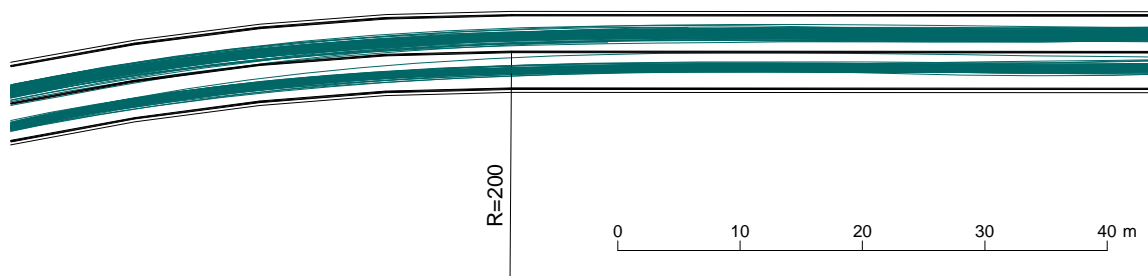


Figure 4 – Distribution des trajectoires sur la section T4.

Tableau 1 – Vitesses des véhicules et coefficients de sécurité.

Direction	Vitesse - voitures		Vitesse - tous véhicules		Coefficient de sécurité	
Nord	Vm (km/h)	70,9	Vm (km/h)	65,6	csvm	1,97
	Dév. St. (km/h)	10,4	Dév. St. (km/h)	14,2	Dév. St.	0,57
	V85 (km/h)	81,6	V85 (km/h)	80,3	α	11,97
					β	0,16
				csv15	1,39	
Sud	Vm (km/h)	79,9	Vm (km/h)	78,2	csvm	1,55
	Dév. St. (km/h)	7,4	Dév. St. (km/h)	8,4	Dév. St.	0,17
	V85 (km/h)	87,5	V85 (km/h)	86,9	α	82,51
					β	0,02
					csv15	1,37

Tableau 2 – Paramètres des trajectoires des véhicules.

Direction	Longueur de transition		Déplacement transversal		Écart latéral	
Nord	Δm (m)	53,0	Ψm (m)	0,63	$\Delta_{max,m}$ (m)	0,62
	Dév. St. (m)	14,4	Dév. St. (m)	0,34	Dév. St. (m)	0,34
	Δ_{85} (m)	67,9	α	3,38	Δ_{max85} (m)	0,97
			β	0,19		
			Ψ_{85} (m)	0,97		
Sud	Δm (m)	64,1	Ψm (m)	0,87	$\Delta_{min,m}$ (m)	-0,69
	Dév. St. (m)	8,9	Dév. St. (m)	0,24	Dév. St. (m)	0,30
	Δ_{85} (m)	73,4	α	13,68	Δ_{min15} (m)	-0,99
			β	0,06		
			Ψ_{85} (m)	1,12		

Il a en outre été observé que la largeur de la chaussée présente des variations importantes le long du parcours: compte tenu également du volume de trafic, il serait recommandé de rendre toute la route conforme au type C1 (route extra-urbaine secondaire), prévoyant deux voies de 3,75 m et des bandes dérasées de 1,50 m, avec un intervalle de vitesse de référence de 60-100 km/h.

5. CONCLUSIONS

Les résultats de cette recherche permettent d'affirmer que deux tendances nettement identifiables se manifestent très souvent dans le comportement des conducteurs.

La première, que l'on pourrait appeler «*inertie des conducteurs*», consiste dans le fait que la grande majorité des conducteurs préfère maintenir une vitesse le plus possible uniforme et n'apprécie pas les ralentissements imposés par le tracé ou par la circulation. Le résultat en est que, si entre des tronçons de route pouvant être parcourus à une certaine vitesse se présente un élément exigeant un ralentissement sensible (exemple classique, une courbe serrée à la fin d'un long alignement), le conducteur a tendance à maintenir une vitesse élevée.

La seconde pourrait être appelée «*attente des conducteurs*»: le conducteur parcourant un tronçon de route fluide s'attend à ce que le tronçon successif, qu'il n'est pas encore en mesure d'apprécier, possède des caractéristiques analogues au précédent.

De telles tendances sont clairement apparues lors des recherches effectuées sur les routes de la Province d'Udine. L'analyse des vitesses a mis en évidence les points suivants:

- discordance entre *vitesse opérative* et vitesse de référence;
- infraction fréquente des limites de vitesse imposées;
- indépendance essentielle de la vitesse par rapport à la chaussée;
- conditionnement réduit exercé par la courbure de chacune des courbes.

La vitesse apparaît par contre fondamentalement liée aux caractéristiques du tracé et, en particulier, de la section de route déjà parcourue et il est donc important de conférer à la totalité de la route la majeure uniformité possible.

La recherche s'est également penchée sur la manœuvre effectuée par les conducteurs s'approchant d'un virage: les études ont démontré comment, en l'absence de courbe de transition, l'exécution graduelle de la manœuvre de braquage ne permet pas au conducteur de s'adapter fidèlement à la géométrie de la route.

En conclusion, les considérations applicatives d'ordre général, valables pour le contrôle des routes existantes ainsi que pour l'optimisation de la géométrie de projet des nouvelles routes dans le cadre des programmes d'audit de sécurité routière, peuvent être résumées dans les critères suivants:

- Garantir la conformité du type de route à la classe de trafic, en assurant l'homogénéité de la chaussée et de la géométrie de l'axe le long du tracé.
- Insérer des courbes de transition entre courbes circulaires et lignes droites, ainsi qu'entre deux courbes.
- Éviter la présence de courbes à rayon réduit ($R < 200$ m) à l'intérieur de tronçons fluides.
- Limiter la longueur des alignements ($L < 2\ 000$ m).

RÉFÉRENCES

AASHTO (1994) A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. Washington.

Bordin M., Stefanutti M. (2000) Studio delle traiettorie veicolari in curva: la «curva di transizione spontanea». Atti del X Convegno Nazionale SIV, Catania, 26-28/10/2000.

C.N.R., Consiglio Nazionale delle Ricerche (1980) Norme sulle caratteristiche geometriche delle strade extraurbane. Bollettino Ufficiale, N. 78, Roma.

Lamm R., Psarianos B., Mailaender T. (1999) Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook. Mc Graw Hill, New York.

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (2001) Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade. Decreto 5/11/2001.