

Introduction de bandes rugueuses sur les routes nationales de la préfecture de Hokkaido (Japon)

M. Asano, M. Hirasawa
Service d'ingénierie de la circulation, Institut de recherche en génie civil de Hokkaido, Japon
(Institution administrative indépendante)
m-asano@ceri.go.jp

H. Aita
Service du développement technique, Nippon Hodo Co., Ltd., Japon

Abrégé

Comparée aux autres régions du Japon, la préfecture de Hokkaido est caractérisée par le taux de mortalité très élevé dans les accidents de la route. Ce taux élevé s'explique en partie par le fait que la plupart des routes nationales de la préfecture de Hokkaido sont à deux voies, et ces routes connaissent donc de nombreux accidents avec choc frontal, sorties de route, collisions avec des structures en bordure de la route, ainsi que d'autres types d'accidents mortels typiques des zones périurbaines.

Pour réduire le nombre d'accidents de ce type aux Etats-Unis, on installe de plus en plus de "bandes rugueuses" (rumble strips) le long des routes. Les bandes rugueuses sont des bandes de chaussée rainurées, créées le long de la ligne médiane ou de l'accotement pour prévenir les conducteurs par des bruits et des vibrations avant qu'ils ne franchissent la ligne médiane ou ne débordent sur l'accotement. Elles sont considérées comme un moyen efficace de lutte contre la somnolence et l'inattention des conducteurs.

Ce document livre les conclusions d'essais de conduite sur circuit d'essai, et d'une observation par caméra d'un essai sur une route nationale. Ces essais ont été réalisés pour étudier la mise en application de bandes rugueuses dans la lutte contre les accidents avec choc frontal.

En effet, nous avons demandé à des usagers de rouler sur un circuit d'essais équipé de bandes rugueuses de trois profondeurs différentes, à savoir 9, 12 et 15 mm. Pendant qu'ils conduisaient, nous avons procédé à des mesures physiques quantitatives de manière à évaluer chaque profondeur objectivement. A l'issue des essais de conduite, nous avons demandé aux conducteurs de répondre à un questionnaire destiné à déterminer leur évaluation subjective de la sécurité associée à chaque profondeur. Celui-ci a révélé que les conducteurs de deux-roues ne trouvaient pas les bandes dangereuses tant que la profondeur ne dépassait pas 12 mm. Cette profondeur a été retenue comme profondeur standard dans la mesure où elle n'a pas été considérée dangereuse par les conducteurs dans le cadre de bandes rugueuses sur la ligne médiane de la chaussée.

L'étude a conclu, grâce à l'installation expérimentale de bandes rugueuses sur une route nationale, que celles-ci constituent un moyen efficace de prévention d'accidents avec choc frontal, en ce sens qu'elles facilitent la bonne marche de la circulation tout en ayant un bon rapport coût-avantages.

Mots-clé : sécurité routière, accident en banlieue, choc frontal, sortie de route, bande rugueuse

1. Etude des schémas de rainurage et du matériel de fraisage des bandes rugueuses

1-1 Etude des schémas de rainurage

La longueur type de la plupart des bandes rugueuses aux Etats-Unis est égale ou supérieure à

Tableau 1 Schémas de rainurage

	Schéma 1	Schéma 2	Schéma 3
Largeur : a	350	350	350
Longueur : b	127	147	163
Ecart entre les rainures : c	175	155	139
Profondeur : d	9	12	15

Dimensions indiquées en mm

Figure 1 Fraisage à l'aide d'un engin utilisant une roue à profil non-circulaire



Photo n°1 Engin de fraisage

400 mm. Pour les besoins de l'essai, une longueur de 350 mm a été adoptée pour que la bande tienne dans l'interligne (500 mm) de la double ligne médiane qui indique une interdiction de dépasser. Le tableau 1 montre les schémas de rainurage étudiés.

1-2 Matériel de fraisage

Le fraisage a été réalisé à l'aide d'une roue à profil non-circulaire (Figure 1, photo n° 1)

2. Installation d'essai sur le circuit d'essai de l'Institut

2-1 Essais de conduite par des usagers et résultats

Sur le circuit d'essai de l'Institut, des bandes rugueuses continues de trois profondeurs différentes ont été installées avant les essais de conduite par des usagers. La conduite des conducteurs a été observée par des caméras vidéo pendant les essais, et les conducteurs ont ensuite rempli un questionnaire sur les conditions de circulation.

L'enquête par voie de questionnaire a été réalisée en novembre 2001. Cinquante-deux conducteurs ont participé aux essais, y compris des représentants des catégories démographiques ayant le plus d'accidents (les femmes et les personnes âgées). Les véhicules utilisés étaient des automobiles légères (cylindrée inférieure à 650 cc) ou compact (cylindrée entre 650 et 1500 cc), des motos et des cycles. Pour les petits véhicules comme les cycles, l'objectif principal était d'évaluer le sentiment de sécurité éprouvé par les conducteurs en roulant sur les bandes rugueuses. Les conducteurs avaient pour consigne de rouler sur des bandes rugueuses de 9, 12 et 15 mm d'épaisseur, puis de répondre au questionnaire concernant le sentiment de sécurité éprouvé. On leur a demandé ensuite de recommencer avec un véhicule d'un autre type avant de répondre à nouveau au même questionnaire.

D'après les réponses au questionnaire à l'issue de ces deux essais (Figure 2), le pourcentage de participants ayant répondu "Pas dangereux" diminuait à mesure que la profondeur des bandes augmentait. Pour des bandes de 15 mm de profondeur, le pourcentage de participants ayant répondu "Un peu dangereux" ou "Dangereux" était plus élevé que pour les deux autres profondeurs réunies.

L'enregistrement vidéo n'a pas révélé de conduite dangereuse telle que freinage brutal, embardées ou chutes.

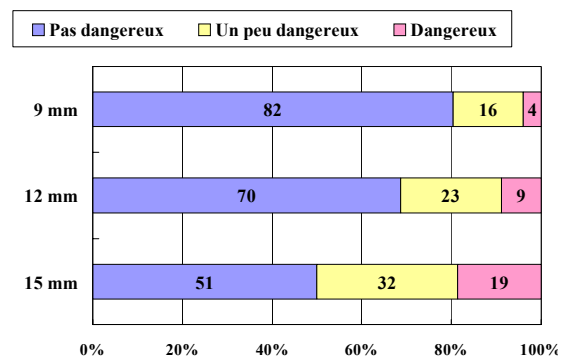


Figure 2 Résultats du questionnaire sur les essais de conduite par les utilisateurs

2-2 Evaluation physique et quantitative de l'efficacité des bandes rugueuses

(1) Vibrations

Afin de mesurer les vibrations ressenties par le conducteur, le capteur d'un vibromètre a été fixé au volant (photo n°2).

Quand un véhicule roule sur une bande rugueuse, le conducteur ressent de fortes vibrations. Les bandes produisent donc un effet de mise en alerte non négligeable. A une exception près, les mesures montrent que, lorsqu'un véhicule roule sur la



Photo n°2 Le capteur de vibromètre fixé au volant

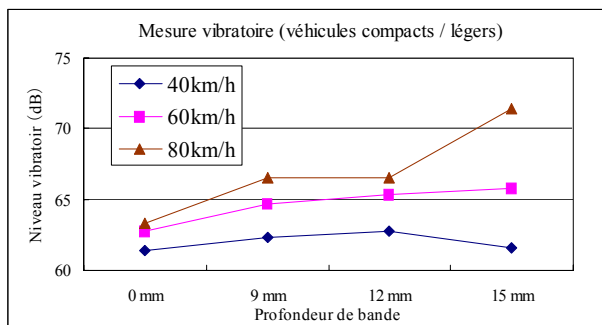


Figure 3 Mesure vibratoire (véhicules compacts / légers)

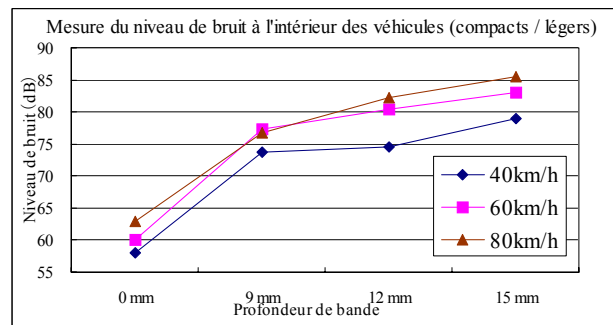


Figure 4 Mesure du niveau de bruit à l'intérieur des véhicules (compacts / légers)

bande rugueuse, la vibration produit de 1 à 4 dB de plus que sur la chaussée normale. La vibration est fonction de la vitesse du véhicule, mais n'est pas proportionnelle à la profondeur de la bande. La figure 3 montre les résultats d'une mesure vibratoire.

(2) Bruit

A mesure que la profondeur augmente, le niveau de bruit augmente aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des véhicules. Le niveau de bruit alertant le conducteur doit être élevé. Les résultats d'une de ces mesures du niveau de bruit sont présentés dans la figure 4.

Les bandes rugueuses n'étant pas installées sur la partie de la voie où les véhicules roulent normalement, le niveau de bruit généré par ces bandes ne devrait pas poser de problème pour l'environnement.

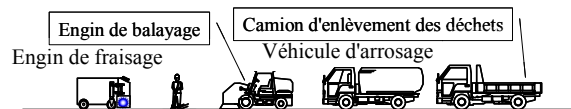
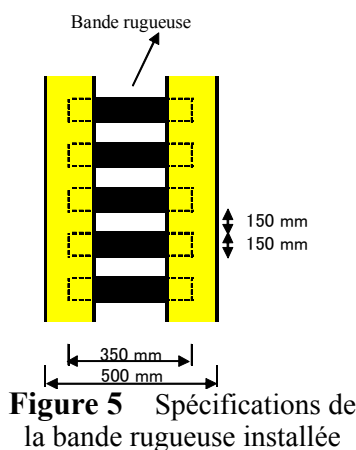
3. Installation expérimentale sur la route nationale 5 à Yakumo (Préfecture de Hokkaido)

3-1 Types de bandes rugueuses installées

(1) Présentation générale

L'enregistrement vidéo des essais de conduite sur le circuit de l'Institut n'a pas révélé de comportement dangereux en présence de bandes rugueuses quelles que soient les profondeurs de ces bandes. Cependant, il ressort du questionnaire que de nombreux conducteurs ayant participé aux essais forment des réserves concernant les bandes de 15 mm de profondeur. Pour les bandes rugueuses devant être installées à titre expérimental sur la route nationale 5 à Yakumo dans la préfecture de Hokkaido, il a donc été décidé de créer des bandes d'une profondeur de 12 mm pour des raisons de sécurité.

La largeur des bandes rugueuses a été fixée à 350 mm pour les raisons énumérées ci-dessus en 3-2 (Figure 5). La route a été fermée dans l'un de ses sens pendant les travaux d'installation qui ont été effectués à l'aide des engins montrés à la figure 6.



(2) Résultats de l'installation

En juillet 2002, des bandes rugueuses ont été installées sur un tronçon de la route nationale 5 à Yakumo. L'installation n'a pris qu'une journée. Les bandes rugueuses ont été installées à une vitesse de fraisage d'environ 3 m/min. Par ailleurs, elles ont été reconnues visuellement par les conducteurs sur la route. On a considéré qu'elles avaient donc un effet visuel en plus de leur effet de mise en alerte.

4-2 Conditions de circulation sur un tronçon pourvu de bandes rugueuses

Les effets de l'installation de bandes rugueuses sur les conditions de circulation ont été évalués. Pour les besoins de cette évaluation, on a mesuré la vitesse de déplacement et la distance entre la roue côté accotement et la ligne blanche côté accotement sur les tronçons avec et sans bandes rugueuses.

La distance entre la roue côté accotement et la ligne blanche côté accotement a été mesurée à l'aide de caméras vidéo. Pour faciliter la mesure de cette distance, des traces ont été matérialisées au sol tous les 20 cm en s'éloignant de la ligne blanche côté accotement. Pendant une heure, les caméras ont mesuré la circulation dans les deux sens des tronçons avec et sans bandes rugueuses. Les figures 7 et 8 indiquent les distances moyennes entre les roues extérieures (côté accotement) de grands (bus et poids lourds) et de petits véhicules, et la ligne blanche latérale séparant la voie de l'accotement sur les deux tronçons mentionnés ci-dessus. La distance moyenne entre la roue extérieure des véhicules et la ligne blanche de l'accotement sur le tronçon

équipé de bandes rugueuses a ensuite été comparée à la distance correspondante sur le tronçon sans bandes rugueuses. L'écart constaté entre les deux tronçons était de 24,8 cm dans le cas des petits véhicules et de 21,6 cm pour les grands véhicules. La distance séparant les véhicules de la ligne blanche latérale semble donc se réduire en présence de bandes rugueuses. Les conducteurs ont conduit de la sorte parce qu'ils ont reconnu la présence de bandes rugueuses. Les bandes rugueuses peuvent donc se révéler efficace dans la prévention de chocs frontaux.

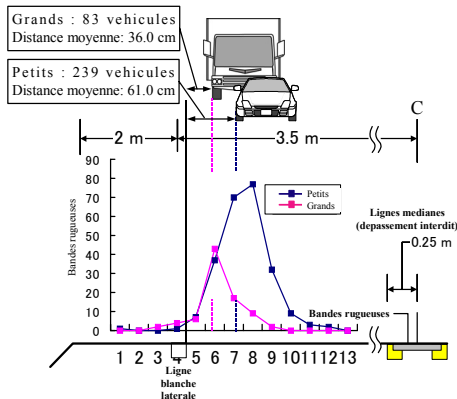


Figure 7 Distance entre la roue extérieure (coté accotement) et la ligne blanche latérale (côté accotement) sur un tronçon équipé de bandes rugueuses

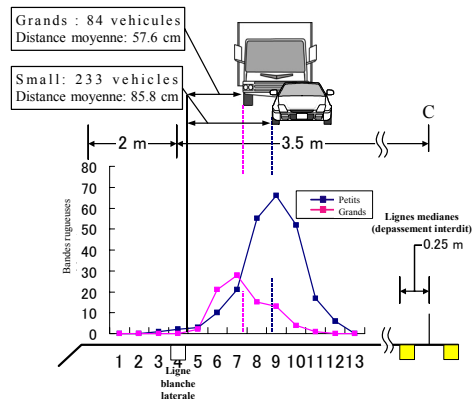


Figure 8 Distance entre la roue extérieure (côté accotement) et la ligne blanche latérale sur un tronçon sans bandes rugueuses

4. Analyse du rapport coût-avantages

Nous avons calculé le rapport coût-avantages pour les bandes rugueuses installées le long de la route nationale 5 à Yakumo.

Le tableau 2 indique les causes d'ordre humain à l'origine des accidents avec choc frontal recensés sur les tronçons périurbains des routes nationales de la préfecture de Hokkaido entre 1995 to 1999. Or, 39 % des accidents ont été attribués à une détection tardive du véhicule venant de face, due à la somnolence et à l'inattention. Nous avons retenu comme hypothèse de calcul que les accidents dus à la somnolence et à l'inattention sur ces tronçons périurbains pourraient être évités grâce à l'effet de mise en alerte produit par les bandes rugueuses. Le calcul s'établit comme suit :

Table 2 Causes d'accidents avec choc frontal sur les routes nationales de Hokkaido entre 1995 et 1999 (tronçons périurbains)

Réaction tardive (somnolence et inattention)	Erreur de jugement (dépassement hasardeux, etc.)	Fausse manœuvre (volant, freins, etc.)	Négligence (par exemple, conduite en état d'ivresse).	Inconnues
※ 956 39%	488 20%	940 38%	85 3%	5 0%

Note : le chiffre supérieur représente le nombre d'accidents ; le chiffre inférieur représente le pourcentage d'accidents pouvant être évités par des bandes

Sur un tronçon de 20 km de la route nationale 5 à Yakumo comportant le tronçon équipé de bandes rugueuses, il s'était produit 74 accidents comprenant un choc frontal en l'espace de dix ans, avec 16 personnes tuées. Durant cette même période, il y a eu 25 blessés graves et 94 blessés légers. Le coût humain des ces chocs frontaux a été déterminé conformément au rapport 2002 sur les accidents de la circulation et l'assurance automobile (2002 Report of Traffic Accidents and Automobile Insurance Data³). Le coût de chaque décès a été fixé à 33,04 millions de yens et chaque blessé de la route a coûté 1,66 millions de yens. Les dégâts matériels se sont élevés à 0,364 millions de yen par accident. Le coût par kilomètre a été établi sur la base du nombre de chocs frontaux, sur ce tronçon de 20 km, multiplié par le 0,39 (39 %) de la figure 9. Ce calcul a permis d'évaluer l'avantage économique que procurent les bandes rugueuses. Les coûts en vie humaines et en dégâts matériels ont été estimés comme suit:

Avantage que constitue la réduction du coût en vies humaines : $[(16 \text{ personnes} \times 33,04 \text{ millions de yens}) + (25 + 94) \text{ personnes} \times 1,66 \text{ million de yens}] / 20 \text{ km}] \times 0,39 (39 \%) = 14,16 \text{ millions de yens}$
 Avantage constitué par la réduction du coût en dégâts matériels: $[(74 \text{ cas} \times 0,364 \text{ millions de yens}) / 20 \text{ km}] \times 0,39 = 0,53 \text{ millions de yens}$

Le gain constitué par cette réduction du coût en vies humaines et en dégâts matériels s'établit donc à 14,69 millions de yens, que l'on peut arrondir à 15 millions de yens. Ceci signifie que les bandes rugueuses permettent de réaliser un gain économique de 15 millions de yens en 10 ans.

L'installation des bandes rugueuses pour l'essai a coûté 1500 yens par mètre ou 1,5 million de yens / km. Le rapport coût-avantages est calculé comme suit:

Rapport coût-avantages (B/C) = 15 millions de yens / 1,5 millions de yens = 10,0

La durabilité des bandes rugueuses n'est pas encore connue, mais on s'attend à une vie utile d'au moins 10 ans dans la mesure où elles sont installées à des endroits où les roues de véhicules ne passent pas habituellement.

5. Les défis à relever

A l'avenir, il faudra relever les défis suivants :

- 1) Réduire le coût d'installation en améliorant l'efficacité d'installation ;
- 2) Clarifier les avantages et les inconvénients des bandes rugueuses dans les conditions hivernales (neige et verglas) ;
- 3) Assurer la sécurité des cyclistes et conducteurs d'autres types de véhicules si des bandes rugueuses latérales sont installées du côté de l'accotement comme aux Etats-Unis (c'est-à-dire élaborer une norme qui assurera la sécurité de l'ensemble des usagers de la route).

Le point n°3 ci-dessus est déjà à l'étude (voir commentaire ci-après).

Les accotements sont larges aux Etats-Unis où l'on affirme que les bandes rugueuses installées sur le côté de la route sont remarquablement efficaces dans la prévention d'accidents dus à une sortie de route ^{1), 2)}.

Cependant, elles constituent un danger potentiel pour les cyclistes. Comme il est mentionné ci-dessus, un essai a été réalisé avec des cyclistes sur le circuit d'essai de l'Institut. Le questionnaire a permis de qualifier les rainures de 12 et 15 mm de gênantes mais non dangereuses.

Pour développer des bandes rugueuses qui n'occasionnent pas de gêne aux cyclistes, nous étudierons l'utilisation de bandes rugueuses d'une largeur de 80 mm et d'une profondeur de 9 mm.

Les bandes rugueuses à rainures étroites ne peuvent être réalisées à l'aide du cylindre de fraisage monté sur des engins de fraisage classiques. Un appareil à traction pour le fraisage de rainures étroites (photo n°4) a été installé pour fraiser des rainures d'un certain type. Les cyclistes les ont trouvées un peu moins gênantes que les bandes aux trois profondeurs mentionnées ci-dessus.

Nous étudions actuellement la largeur d'accotement minimale nécessaire à la réalisation de bandes rugueuses du côté de l'accotement, le meilleur schéma de rainurage, etc.



Photo n°6 Fraisage de rainures étroites

6. Postface

En 2002, le nombre de personnes tuées sur la route était deux fois moins élevé qu'en 1970, année record en la matière. Les bandes rugueuses peuvent être un moyen efficace de prévention d'accidents de la circulation, de par leur faible coût d'installation, leur rapport coût-avantages élevé, et le fort taux d'acceptation par les utilisateurs. Les bandes rugueuses ne doivent pas gêner le déblaiement de la neige, opération très courante dans les régions froides et enneigées qui constituent environ 60 % de la superficie du Japon. Elles peuvent donc être plus efficaces que des poteaux centraux et des clous. De plus, le positionnement des marquages au sol matérialisant les voies est indiqué aux conducteurs par des vibrations. Cette indication est possible même lorsque les marquages au sol ne sont plus visibles à cause de la neige sur la chaussée, d'une mauvaise visibilité due à une tempête de neige ou à d'autres facteurs.

Le Bureau de Développement de Hokkaido a reconnu l'efficacité des bandes rugueuses. Au cours des cinq années à venir, la longueur installée sera portée à environ 310 km.

Références

- 1) Federal Highway Administration: <http://safety.fhwa.dot.gov/programs/>
- 2) Michael S. Griffith : Safety Evaluation of Rolled-in Continuous Shoulder Rumble Strips Installed on Freeways, 2000 (Evaluation sur la sécurité des bandes rugueuses latérales roulées sur des autoroutes, 2000)
- 3) Association japonaise de l'assurance maritime et incendie : Rapport 2002 sur les accidents de la circulation et l'assurance automobile (mars 2003)