

# COMPORTEMENT AU VOLANT SUR LA SURFACE DE ROUTE HIVERNALE DANS SAPPORO

Par Roberto Abraham Tokunaga\*, Toru Hagiwara\*\*, Yuki Onodera\*\*,  
Akira Takahashi\*\*\*, Toshiyuki Matsunaga\*\*\*\*

\*Civil Engineering Research Institute of Hokkaido  
1-34, 1-jo 3-chome, Hiragishi, Toyohira-ku, Sapporo 062-8602 JAPAN  
Tel: +81-11-841-1738, Fax: +81-11-841-9747, E-mail: roberto@ceri.go.jp

\*\*Graduate School of Engineering, Hokkaido University  
Kita 13-jo Nishi 8-chome, Kita-ku, Sapporo 060-0813 JAPAN  
Tel: +81-11-706-6214, Fax: +81-11-706-6211, E-mail: hagiwara@eng.hokudai.ac.jp

\*\*\*General Affairs Section, Management Department, Construction Bureau, City of Sapporo  
Kita 1-jo Nishi 2-chome, Chuo-ku, Sapporo 060-8611 JAPAN  
Tel: +81-11-211-2444, Fax: +81-11-218-5134, E-mail: akira.takahashi@city.sapporo.jp

\*\*\*\*Planning and Research Department, Nippon Data Service Co., Ltd.  
1-14, Kita 16-jo Higashi 19-chome, Higashi-ku, Sapporo 065-0016 JAPAN  
Tel: +81-11-780-1120, Fax: +81-11-780-1130, E-mail: matu@ndsinc.co.jp

## 1. Introduction

L'état verglacé des routes a des conséquences directes sur la fluidité et la sécurité de la circulation automobile à Hokkaido et ce, de diverses manières. Pour évaluer le type d'entretien requis pour des chaussées verglacées, sachant que cet entretien joue un rôle important dans la fluidité et la sécurité de la circulation, on utilise le coefficient de dérapage. Ce dossier analyse la corrélation entre niveau d'entretien des chaussées en conditions hivernales, coefficient de dérapage et comportement au volant.

Cette étude a pris la forme de 9 essais menés entre les 4 janvier et 1<sup>er</sup> février 2000 sur des axes routiers situés dans la ville de Sapporo. Pour mesurer le coefficient de dérapage, l'étude a fait appel à un véhicule spécial mis au point par l'université d'Hokkaido. Le comportement routier a été déterminé par des vitesses relevées (vitesse, accélération / décélération) à bord d'un véhicule conduit sur des tronçons-tests.

## 2. Méthodologie

### 2.1 Véhicules tests

Pour les besoins de cette étude, nous avons utilisé deux véhicules différents pour mesurer le coefficient de dérapage, la vitesse et l'accélération (ici le terme « accélération » peut avoir une valeur positive ou négative, « accélération » signifiant une accélération proprement dite ou une décélération, selon le signe qui lui est attribué).

a) Véhicule A: Pour mesurer le coefficient de dérapage, nous avons utilisé le type de véhicule mis au point par l'université d'Hokkaido (Figure 1).

b) Véhicule B: Pour mesurer le comportement au volant, nous avons mesuré la vitesse et les accélérations d'une berline Toyota Vista FF de 1985, conduite par un expérimentateur sur des tronçons tests.



que latitudinal. Il est équipé d'un torsiomètre qui mesure la force de résistance exercée sur le pneu; il suffit alors de calculer la charge exercée sur le pneu pour obtenir le coefficient de dérapage. Celui-ci a été relevé lorsque la roue était totalement bloquée.

### **2.3 Mesure de l'accélération et de la vitesse**

Pour mesurer les accélérations et la vitesse, nous avons équipé le véhicule d'appareils d'enregistrement. L'accélération est mesurée en tant que valeur positive (accélération proprement dite) ou négative (décélération) par un accéléromètre placé dans le tableau de commande (centre de gravité) du véhicule. La mesure a été prise dans le sens de la marche du véhicule. Lorsque le véhicule démarre, l'accélération est détectée dans le sens opposé à la marche. Dans la présente étude, l'accélération au moment du démarrage a été définie comme positive, et comme négative au moment de l'arrêt. Lorsque le véhicule s'arrête, l'accélération est détectée dans le sens de la marche. L'accélération détectée est celle générée par le mouvement du véhicule dans le sens de l'axe de déplacement, outre celle due à la vibration du châssis dans le sens de l'axe de déplacement. Comme nous savons que, dans des conditions normales, l'accélération au moment du démarrage ou de l'arrêt est équivalente à 0,2 G, nous avons utilisé un accéléromètre capable d'enregistrer jusqu'à 2 G. L'accélération est détectée par une jauge de contrainte intégrée à l'accéléromètre. Les données recueillies par l'accéléromètre ont été enregistrées en même temps que d'autres données, après traitement sur l'ordinateur de bord du véhicule. Un échantillonnage est recueilli toutes les vingt secondes.

Sur la figure 2, on peut voir un exemple de mesure de l'accélération. La courbe représente les données correspondant à une accélération provoquée par la vibration du châssis et la poussée en avant du véhicule. Les accélérations provenant d'un démarrage ou d'un arrêt ont une basse fréquence. Les ondes haute fréquence générées par la vibration du châssis ont été neutralisées et toutes les mesures recueillies ont été traitées par un filtre basse fréquence IIR 2Hz. Le trait gras de la figure 2 correspond aux données recueillies après traitement des ondes. Les maxima d'accélération au démarrage et à l'arrêt sont présentés dans la figure 2. L'impact de la pente a également été neutralisé par traitement des données. La figure 3 montre ce qui se passe lorsque le véhicule s'arrête à un croisement avant de repartir. On note ici une accélération positive quand bien même le véhicule se trouve à l'arrêt, car il est sur une pente ascendante. Nous avons défini l'accélération au démarrage comme résultant de la différence entre l'accélération maximum au départ et l'accélération au repos (Figure 2). De la même manière, nous avons défini l'accélération en phase d'arrêt comme la différence entre l'accélération maximum à l'arrêt et l'accélération au repos. Toutefois, comme la circulation alentour influe sur le véhicule de mesure, nous avons utilisé une image vidéo pour déterminer les moments auxquels le véhicule était contraint de s'arrêter ou de redémarrer du fait des encombrements ou de situations d'urgence, pour exclure les données recueillies dans de telles circonstances.

La vitesse a été calculée d'après, d'une part, le temps mis par le véhicule pour parcourir le tronçon test, et, d'autre part, la distance de celui-ci. Les passages piétons et les entrées de tunnel signalées sur le tronçon ont servi de points de repère. La distance parcourue a été calculée grâce à un capteur décomptant les tours de roue, émettant des impulsions cinq fois par tour de roue à intervalles réguliers. La tension des impulsions est transmise à un compteur intégré à l'ordinateur de bord, qui compte le nombre d'impulsions. Cet équipement permettait d'enregistrer le décompte

de l'ordinateur de bord et d'afficher simultanément le résultat sur écran dans le véhicule. En outre, le véhicule était équipé sur le siège arrière d'une caméra vidéo qui filmait à la fois les gestes du conducteur, l'écran d'affichage du compteur de tours de roue et une diode électroluminescente (DEL) que le conducteur activait, grâce à un bouton situé sur le volant, au passage des points de repère. La figure 3 montre une image prise par la caméra vidéo montrant la DEL en marche. La distance parcourue au moment où la DEL était activée pouvait être lue sur le compteur. Le temps a été mesuré d'après le temps enregistré sur l'image vidéo. Cependant, pour corrélérer correctement vitesse et influence de l'état de la chaussée, nous n'avons retenu que les données de vitesse recueillies aux moments où le véhicule n'était pas momentanément immobilisé par un feu ou contraint de ralentir du fait de la circulation.



**Figure 3 Image vidéo du véhicule d'évaluation de la conduite**

#### **2.4 Conditions concrètes de l'expérience**

Le véhicule test a parcouru des tronçons dans les deux sens (6.6 km au total) sur la rue Oiwake (pont autoroutier sur la Japan Railways Hakodate RN / Route 5) et la rue Miyanosawa (Route 5 / rues Nishino-Tonden) dans le quartier Nishi de Sapporo. La rue Oiwake est une grande artère toute droite, à deux voies dans les deux sens, sans pente et avec une rocade. La rue Miyanosawa, nationale à trois voies dans les deux sens, offre sur presque toute sa longueur un dénivelé supérieur à 4 %. La qualité de l'entretien du revêtement sur cette section routière est élevée: on a choisi d'y épandre un produit anti-verglas plutôt que de chauffer la route. Les différences constatées entre un niveau d'entretien normal (rue Oiwake) et un niveau élevé (rue Miyanosawa) ont été comparées. La figure 4 met en parallèle le tracé des tronçons tests et le niveau d'entretien des chaussées en hiver.

Le véhicule ayant servi à l'étude du comportement routier a parcouru dans les deux sens les deux tronçons (entretien normal, et renforcé) quatre fois par jour du mardi au vendredi pendant huit semaines d'affilée, de décembre 1999 au début février 2000. Des relevés ont été effectués à 10h00, 13h00, 16h00 et 19h00. Notons que le véhicule a été constamment conduit par le même conducteur.

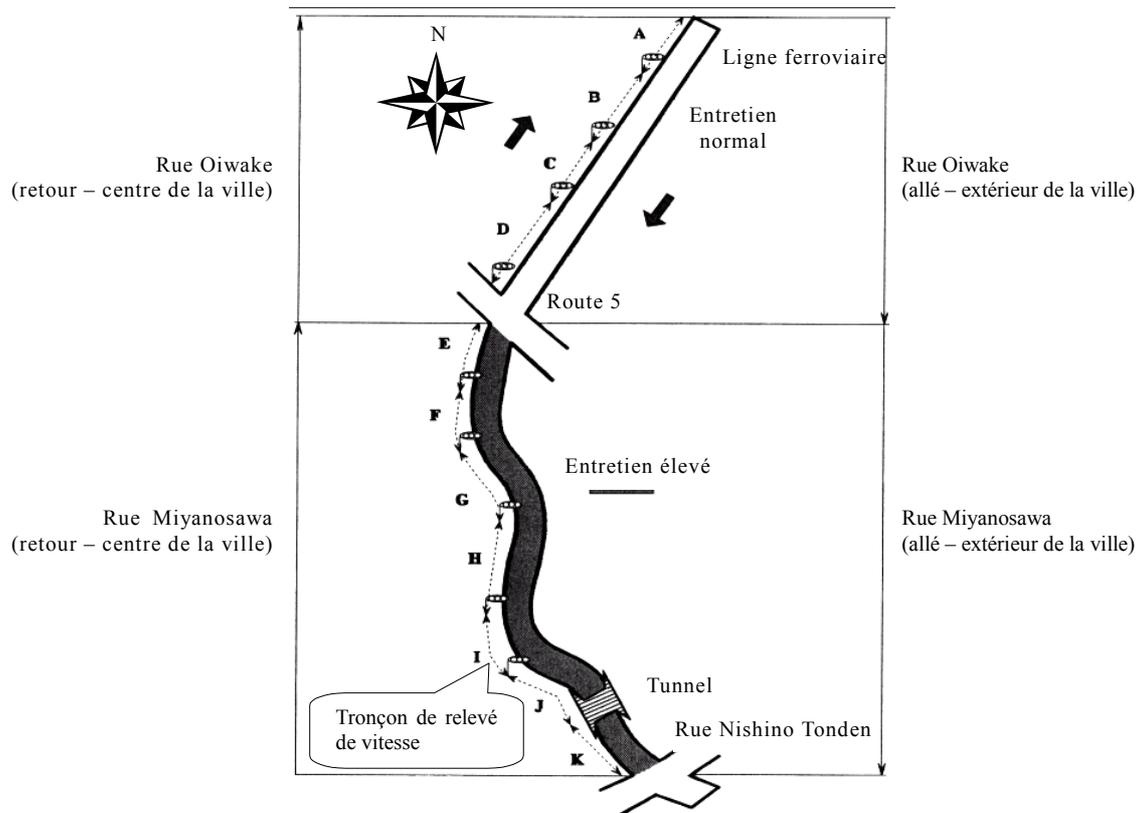


Figure 4 Tronçons tests à Sapporo

Tableau 1 Classification de l'état de surface des chaussées (en anglais).

Classification of road surface	Coefficient of Friction	Coefficient of Friction								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6			
1 Extremely Slippery Thin Ice Extremely Slippery Thick Ice Extremely Slippery Compacted Snow	~0.15 ~0.20	■	■							
2 Thick Ice Powder Snow on Ice Crust Thin Ice	0.15~0.20 0.15~0.30		■	■						
3 Granular Snow on Ice Crust Compacted Snow	0.20~0.30			■	■					
4 Powder Snow Granular Snow Slush	0.25~0.35				■	■				
5 Wet Dry	0.45~						■	■	■	■

\*Measurement conditions

Tire used : standard tires for winter road surface research

Tire size : 165 80 R13

Tire pressure : 1.9 kgf/cm<sup>2</sup>

Ground contact load : 400 kg

\*Coefficient of Friction roughly represents up to 50% the accumulation values of actual measurement by each visual classification of road surface.

Le véhicule servant à mesurer la résistance au dérapage a été conduit neuf fois, les mardi et vendredi, entre le 4 janvier et le 1er février 2000. Etant donné que le créneau horaire choisi pour établir la valeur de résistance au dérapage se situait entre 10h00 et 11h00, nous avons traité les données obtenues (résistance au dérapage, vitesse, accélérations ou décélérations) selon le jour et l'heure auxquels le véhicule de mesure de l'adhérence a parcouru les tronçons. Nous avons également tenu compte de l'état de surface de la route et de la température constatés au moment de la prise de relevés. Pour ce qui est de l'état de la route, nous avons évalué ce dernier a posteriori, d'après l'image vidéo enregistrée au moment de la mesure du coefficient de dérapage. Pour la température, nous avons équipé le véhicule d'un thermomètre. L'état de la route est caractérisé selon la Classification de l'Etat de Surface des Chaussées par Observation Visuelle du Manuel d'Entretien de l'Etat des Chaussées en Hiver du Bureau des Aménagements et Infrastructures d'Hokkaido (projet). Cette classification est indiquée au tableau n° 1.

### **3. Résultats de l'expérience**

#### **3.1 Etat de la chaussée et coefficient de dérapage**

Pendant les essais de conduite et de résistance au dérapage des deux véhicules sur les rues Oiwake et Miyanosawa, la température a été inférieure à 0° pendant cinq jours, et supérieure à 0° pendant quatre jours. Le tableau n° 2 indique les températures enregistrées au moment où a été évaluée l'adhérence. Les essais n'ont pas été limités aux moments où la chaussée était glissante, car notre objectif était de déterminer si des différents niveaux d'entretien des chaussées entraînaient des comportements au volant différents. En gros, il y a eu autant d'essais pratiqués par temps hors gel que sur des jours où la température était inférieure à 0°.

Le cas d'une route fortement enneigée ou verglacée ne s'est pas présenté. Pour l'essentiel, la surface présentait une mince couche de neige ou de glace, fondue ou mouillée. La répartition du coefficient de dérapage en fonction de l'état de la route, qui figure au tableau n° 3, a été établie sur la base des relevés effectués lors du parcours dans les deux sens des tronçons des rues Oiwake et Miyanosawa. Tandis que le coefficient de dérapage sur surface mouillée se situe aux alentours de 70, celui sur surfaces enneigées ou verglacées évolue entre 25 et 45. Parmi les routes couvertes de neige ou de verglas, on note un coefficient de dérapage moindre pour celles présentant une couche de neige ou de glace compactée : pour un coefficient d'environ 70 sur route mouillée, celui des routes verglacées ou couvertes de neige compactée se situe entre 20 et 40.

#### **3.2 Vitesse et accélération**

Les mesures de vitesse et d'accélération observées sur les tronçons de voies parcourues dans les deux sens et bénéficiant d'un niveau normal d'entretien de la chaussée apparaissent au tableau n° 4. Ces vitesses sont établies après neutralisation des arrêts et ralentissements dus aux feux de circulation ou aux encombrements. La vitesse moyenne observée sur ces tronçons se situe entre 45 et 47 km/h, quel que soit le type d'entretien de la chaussée. Nous avons analysé les écarts résultant de parcours en sens unique sur quatre types de tronçons, présentant les différents entretiens comme des variables indépendantes, et les vitesses comme des variables dépendantes. Bien que nous n'ayons pas relevé de d'écart significatif, la vitesse constatée lorsque le véhicule circulait sur la rue Miyanosawa dans le sens centre ville était supérieure à celle qu'il adoptait dans le sens inverse, un tronçon présentant un bon niveau d'entretien de la chaussée.

La décélération moyenne était plus importante dans le sens centre ville que dans le sens inverse sur les tronçons à entretien normal et les tronçons à entretien amélioré. Cependant, nous constatons une différence significative dans l'accélération ou la décélération entre ces différents tronçons, et une comparaison des décélération indique que l'écart entre trajets vers la ville et trajets vers l'extérieur de la ville est plus importante que l'écart entre les niveaux d'entretien. La comparaison des accélérations révèle une tendance similaire.

**Tableau 2 Température relevée au moment de la mesure du coefficient d'adhérence**

Date	Heure		TEMPÉRATURE (Celsius)	
	Début	Fin	Début	Fin
4-Jan	10:40 AM	12:24 PM	0	-0.1
7-Jan	9:15 AM	10:35 AM	3.3	3.4
11-Jan	9:38 AM	11:26 AM	-3	-3.5
14-Jan	9:26 AM	10:58 AM	1.1	1.3
18-Jan	9:30 AM	11:03 AM	-1.9	-2.8
21-Jan	9:17 AM	10:44 AM	-1.5	-1.7
25-Jan	9:27 AM	11:12 AM	-7.2	-7.2
1-Fév	9:33 AM	11:05 AM	0.1	-0.3
4-Fév	9:47 AM	11:27 AM	-1.8	-0.9

**Tableau 3 Détail de la classification de l'état des chaussées et coefficient de dérapage relevé**

Coefficient de dérapage	Surface mouillée	Neige fondante	Neige granuleuse	Neige tassée	Verglas recouvert de neige granuleuse	Verglas
Ecart moyen	71.64	42.02	38.41	36.22	28.60	25.29
Ecart type	10.97	12.44	7.78	5.85	4.10	8.75
EM+ET	82.61	54.46	46.19	42.07	32.70	34.04
EM-ET	60.66	29.58	30.63	30.38	24.50	16.54
Echantillon	159	98	29	27	5	7
Ratio	49%	30%	9%	8%	2%	2%

**Tableau 4 Vitesse, accélération et décélération observées sur les tronçons tests**

Vitesse	Allé		Retour	
	Rue Oiwake	Rue Miyanosawa	Rue Miyanosawa	Rue Oiwake
Ecart moyen	46.56	45.35	47.12	45.86
Ecart type	5.49	7.05	5.04	4.98
EM+ET	52.06	52.39	52.15	50.84
EM-ET	41.07	38.30	42.08	40.88
Echantillon	23	72	72	39

Décélération	Allé		Retour	
	Rue Oiwake	Rue Miyanosawa	Rue Miyanosawa	Rue Oiwake
Ecart moyen	16.17	18.63	22.27	23.35
Ecart type	4.45	4.20	8.08	5.88
EM+ET	20.62	22.83	30.35	29.22
EM-ET	11.72	14.43	14.20	17.47
Echantillon	37	33	45	24

Accélération	Allé		Retour	
	Rue Oiwake	Rue Miyanosawa	Rue Miyanosawa	Rue Oiwake
Ecart moyen	22.85	26.26	17.32	16.70
Ecart type	5.78	7.91	3.48	4.95
EM+ET	28.63	34.18	20.80	21.66
EM-ET	17.06	18.35	13.84	11.75
Echantillon	25	45	30	39

**Tableau 5 Comparaison des coefficients de résistance au dérapage**

Comparaison multiple (probabilités)		Allé		Retour	
		Rue Oiwake	Rue Miyanosawa	Rue Miyanosawa	Rue Piwake
Allé	Rue Oiwake		0.000	0.005	0.423
	Rue Miyanosawa			0.147	0.000
Retour	Rue Miyanosawa				0.331
	Rue Oiwake				

### 3.3 Rapport entre le coefficient de dérapage et l'entretien de la chaussée

Sur la base de l'analyse des écarts, nous avons étudié dans quelle mesure les disparités dans le traitement des surfaces pouvaient influencer sur le coefficient de dérapage. Nous avons traité l'écart résultant du parcours dans un seul sens sur les quatre types de tronçons présentant des niveaux différents d'entretien comme des variables indépendantes, et le coefficient de dérapage comme une variable dépendante. On trouve dans le tableau n° 5 le résultat d'une comparaison des tronçons présentant des niveaux d'entretien différents, soit deux tronçons - l'un dans le sens centre ville, l'autre vers l'extérieur de la ville - sur la rue Oiwake, et deux tronçons également dans les deux sens sur la rue Miyanosawa. On a pu relever une différence significative selon le type d'entretien de la chaussée sur ces tronçons. Ainsi, le coefficient de dérapage sur la rue Miyanosawa, dans le sens extérieur ville, est bien plus important que celui de la rue dans le sens centre ville. En revanche, pas de différence notable entre les tronçons respectivement sur la rue Miyanosawa et la rue Oiwake dans le sens centre ville. Il se peut que ceci soit dû au fait que le produit anti-verglas répandu sur la chaussée de la rue Miyanosawa, sens centre ville, soit « transporté » sur la rue Oiwake par les pneumatiques des véhicules. Hormis ce cas, les niveaux d'entretien de la chaussée des rues Oiwake et Miyanosawa présentent des différences marquées.

### 3.4 Rapport entre l'accélération et l'état de surface, et entre la vitesse et l'état de surface

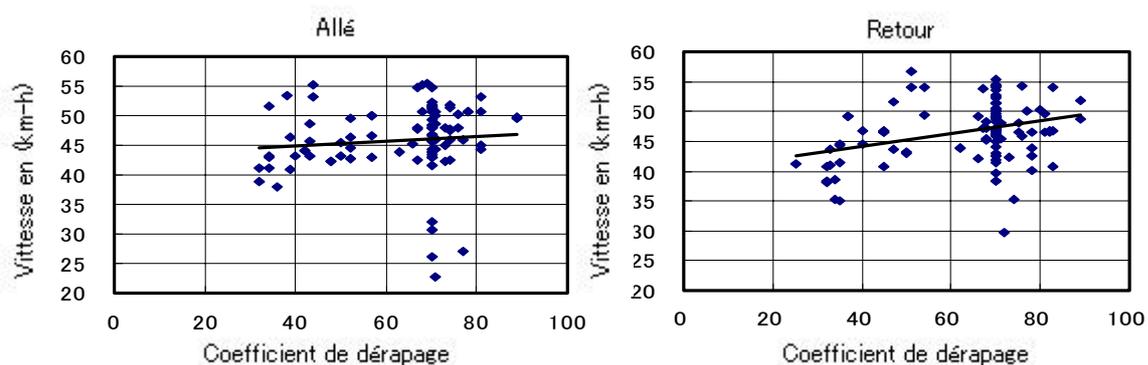
Sur la base des relevés effectués, la figure 5 montre, sous la forme d'un diagramme de diffusion, le rapport entre le coefficient de dérapage et l'accélération ou le freinage du véhicule. Le coefficient n'a pas été relevé lorsque la chaussée était visiblement mouillée, les données ayant été dans un tel cas traitées sur la base d'un coefficient de dérapage de 70.

Les vitesses notées sont celles atteintes par le véhicule durant un parcours sans arrêt entre les points de repère jalonnant les tronçons tests. Dans le sens extérieur ville, le véhicule n'avait pas tendance à ralentir lorsque le risque de dérapage diminuait. Dans le sens centre ville, le véhicule avait tendance à ralentir lorsque le coefficient de dérapage diminuait pour se situer aux environs de 40. Cette différence a été attribuée au fait que la rue dans le sens extérieur ville est en montée, tandis que dans le sens centre ville, elle est en descente. De toute manière, l'influence du coefficient de dérapage sur la vitesse est mineure.

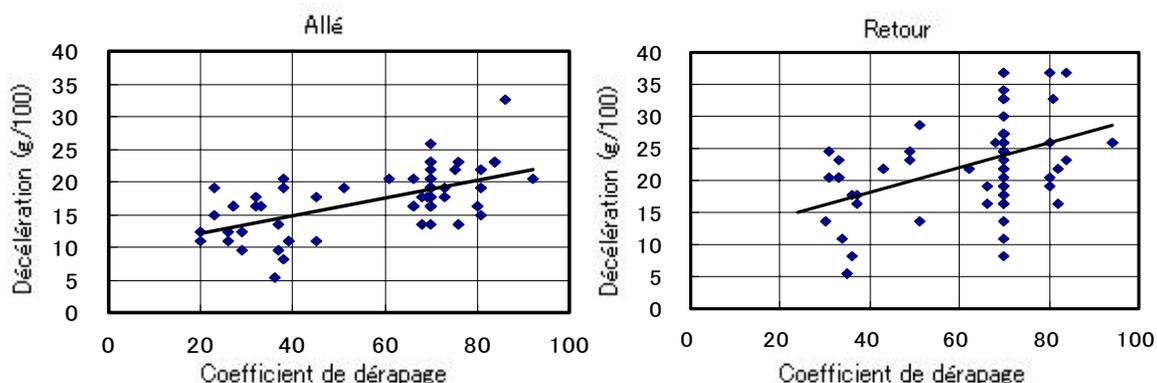
La figure 6 montre le rapport entre coefficient de dérapage et accélération. Celle-ci avait tendance à diminuer lorsque le coefficient de dérapage diminuait, que ce soit dans le sens centre ville ou extérieur ville. Les accélérations étaient plus marquées, comme l'était la tendance à la diminution, dans le sens extérieur ville que dans le sens inverse. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que, sur surface mouillée, la rue présentant une montée dans le sens extérieur ville, le conducteur avait davantage tendance à appuyer sur l'accélérateur au démarrage, ce qui augmente la vibration longitudinale du châssis. A l'inverse, la rue dans le sens centre ville étant en descente,

le véhicule accélérât naturellement du fait du relâchement de la pédale de frein, provoquant une vibration minime du châssis.

La figure 7 montre le rapport entre coefficient de dérapage et décélération. Tout comme pour l'accélération, le véhicule avait moins tendance à ralentir lorsque le coefficient de dérapage diminuait. Cependant, contrairement à ce qui a été observé pour l'accélération, le véhicule avait davantage tendance à ralentir sur les tronçons sens centre ville que sur les tronçons en sens inverse. Il semble que la raison en soit que la vibration du châssis est plus importante lorsqu'on freine plus fort dans la descente. Nous avons analysé l'écart pour savoir si la différence entre niveau supérieur d'entretien de la chaussée et entretien normal avait une influence significative sur le coefficient de dérapage, la vitesse et l'accélération (Tableau n° 6). On a pu constater que, dans le sens extérieur ville, cette différence d'entretien se traduisait par une différence significative dans le coefficient de dérapage et l'accélération, mais pas dans la vitesse. Dans le sens centre ville, toutefois, il n'y a pas de différence marquée dans la vitesse et l'accélération. Ceci est imputé à l'influence du produit anti-verglas transporté par les véhicules de passage, car le tronçon de chaussée à entretien normal se situe après celui à entretien renforcé sur la voie allant vers le centre ville.



**Figure 5 Rapport entre le coefficient de dérapage et la vitesse**



**Figure 6 Rapport entre le coefficient de dérapage et la décélération**

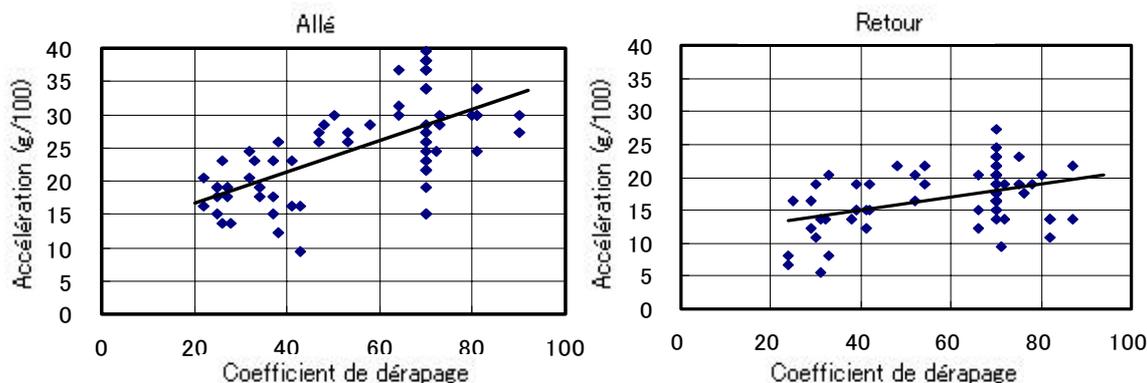


Figure 7 Rapport entre le coefficient de dérapage et l'accélération

Tableau 6 Impact de la différence d'entretien des chaussées sur les variables dépendantes

Variable Indépendante		Dependent Variables			
		Coefficient de dérapage	Vitesse	Décélération	Accélération
Allé	Tronçon (2 tronçons)	0.000 n=180	0.450 °	0.021 n=69	0.062 n=62
Retour	Tronçon (2 tronçons)	0.173 n=143	0.21 n=110	0.57 n=68	0.567 n=68

\*Les valeurs figurant au tableau correspondent à des probabilités statistiques

#### 4. Conclusion

Cette étude porte sur l'impact des variations du coefficient de dérapage, dues à des différences dans l'entretien des chaussées en hiver, sur la vitesse et l'accélération des véhicules. Le coefficient de dérapage, la vitesse et l'accélération ont été mesurées par un véhicule ad hoc du type de ceux mis au point par l'université d'Hokkaido. Pour estimer la valeur de résistance au dérapage d'une surface, nous avons utilisé le coefficient de dérapage, soit la valeur de résistance au dérapage longitudinal lorsque la roue est en situation de blocage complet. Les accélérations et la vitesse du véhicule ont été relevées et mesurées en excluant les cas de ralentissement dus aux encombrements et aux urgences, c'est-à-dire que le comportement du véhicule test a été établi sans tenir compte de la circulation environnante. Sur tous les tronçons parcourus, le véhicule a eu tendance à ralentir en même temps que le taux d'adhérence diminuait. L'accélération a été plus forte en montée que sur pente descendante. On pense que ceci est dû au fait que souvent le conducteur appuie sur l'accélérateur au moment d'aborder une montée, ce qui augmente la vibration longitudinale du châssis. En pente, la vibration du châssis est minime parce que le véhicule prend naturellement de la vitesse lorsque la pédale de frein est relâchée. Bien que la décélération diminue en même temps que le coefficient de dérapage diminue, la décélération dans la descente était supérieure à celle observée en montée, contrairement à ce qui se passe pour l'accélération. Ceci pourrait être dû au fait que la vibration du châssis est amplifiée par la pression accrue exercée sur les freins en situation de descente.

La vitesse de croisière n'avait pas tendance à diminuer corrélativement à la baisse du coefficient de dérapage. Cependant, on observe une tendance à réduire la vitesse lorsque le véhicule descend une pente et que ce coefficient est inférieur à 40. De manière générale, l'influence du coefficient de dérapage sur la vitesse choisie semble minime.

A la lumière de ces résultats, on peut dire que c'est le coefficient de dérapage qui permet d'évaluer le plus immédiatement l'état de la chaussée. Cette étude permet de vérifier qu'il serait utile de prendre en compte l'impact des conditions de circulation, lorsque pour comprendre le rôle du niveau d'entretien des chaussées on se penche sur le comportement des conducteurs.

#### **Références**

- 1) City of Sapporo et al., Traffic Assessment of Minami 19 Jo–Miyanosawa Avenue, Surveillance Study Report, Sapporo, March 2000 (in Japanese).
- 2) Hokkaido Development Bureau et al., Introduction of Winter Road Surface Management Manual (proposal), <http://www2.ceri.go.jp/eng/e4a.html>, Hokkaido, November 1997.