

# ETUDE DE LA VITESSE DE DEPLACEMENT EN HIVER SUR LES TRONÇONS A COL DE L'ILE DE HOKKAIDO

Yuzo MASUYA\*, Koji URATA\*\*, Nobuyuki ITO\*\*\*, Tohru TAMURA\*\*\*\*  
et Kazuo SAITO\*\*\*\*\*

\*Department of Civil Engineering  
Hokkaido College, Senshu University,  
1610-1, Bibai, Hokkaido  
TEL +81-1266-3-4071/Fax : +81-1266-3-4071  
E-mail address:masuya@senshu-hc.ac.jp

\*\*Docon Co.,Ltd.  
Atsubetsu-ku, Sapporo, Hokkaido  
TEL +81-3-5473-1301/Fax: +81-3-5473-1450  
E-mail address:ku432@mb.docon.co.jp

\*\*\*Hokkaido Development Engineering Center  
#11,south-1,east-2,Chuoku,Sapporo,Hokkaido  
TEL +81-11-271-3028/FAX+81-11-271-5154  
E-mail address:n-ito@decnet.or.jp

\*\*\*\*Dept. of Civil Eng. and Architecture  
Muroran Institute of Technology  
27-1Mizumoto-cho, Muroran, Hokkaido,  
TEL +81-144-46-5245/Fax : +81-144-46-5246  
E-mail address:ksaito@mmm.muroran-it.ac.jp

\*\*\*\*\*Dept. of Civil Eng. and Architecture  
Muroran Institute of Technology  
27-1Mizumoto-cho, Muroran, Hokkaido,  
TEL +81-0143-46-5287/Fax 0143-46-5288  
E-mail address:tamura@mmm.muroran-it.ac.jp

## **1. abstract**

Les analyses conduites dans cette recherche sont fondées sur l'observation des vitesses pratiquées par les véhicules sur un col de montagne situé sur la Route nationale 31 dans la Préfecture d'Hokkaido. En hiver, l'état de la surface de la chaussée est détérioré par la neige qui perturbe également la visibilité des conducteurs et rétrécit la largeur de la route. Dans les cols de montagne dont les tracés de profil en long et en plan se dégradent plus en hiver que les tracés des routes situées en plaine, les conditions de conduite sont également plus difficiles. Certains cols jouent un rôle important parce qu'ils font partie intégrante de routes de liaison qui relient les villes. La dégradation de l'environnement des cols de montagne en hiver au niveau de la conduite affecte gravement les fonctions d'échange entre villes et le confort des usagers de la route.

Les données sur les vitesses pratiquées par les véhicules ont été recueillies lors d'une observation menée sur un col de la Route 31 d'Hokkaido. Nous avons analysé l'influence de divers facteurs tels que les conditions météorologiques, l'état de la surface de la chaussée, et le tracé, sur les vitesses pratiquées par les véhicules empruntant le col en hiver. Les différences de vitesses lorsque le véhicule monte et lorsqu'il descend ont également été analysées. Sur un tronçon descendant d'un col en hiver, des techniques précises de manœuvre et de freinage ainsi qu'une prudence suffisante sont nécessaires pour assurer la sécurité.

## **2. Introduction**

Dans les régions froides et enneigées en hiver, les fortes chutes de neige et l'accumulation de celle-ci rendent la circulation très difficile à cause de la visibilité réduite, la détérioration de l'état de la surface et le rétrécissement de la chaussée utilisable. Sur les tronçons de route

comportant un col, qui sont à la fois vallonnés et sinueux et sur lesquels les conditions de circulation sont difficiles, les automobilistes sont obligés de rouler dans des conditions météorologiques particulièrement contraignantes. La sécurité et la fiabilité de la circulation sont donc nettement moins bonnes sur ces routes en hiver, et le volume du trafic y est beaucoup moins important qu'en été. Les tronçons de ce type font partie d'artères qui relient des communes entre elles ; ainsi, la détérioration des conditions de circulation sur ces routes en hiver a des conséquences non négligeables sur les échanges entre ces communes et sur le confort des utilisateurs. Afin d'améliorer l'infrastructure des villes mettant en oeuvre une coopération entre communes avoisinantes, et pour créer un cadre de vie confortable en hiver ainsi qu'un environnement routier qui résiste aux difficultés hivernales, il faut que la circulation soit sûre et fluide sur les tronçons à col en hiver.

Cette communication présente les analyses de relevés de vitesse enregistrés en hiver sur des tronçons à col où les conditions de circulation sont particulièrement contraignantes. Ces relevés ont été effectués sur 31 tronçons comportant un col sur d'importantes routes nationales de l'île de Hokkaido, et ont ensuite été analysés du point de vue des facteurs influençant la vitesse de déplacement sur ces mêmes tronçons en hiver (la météorologie, surface de la chaussée, sinuosité et vallonnement de la route, etc.). Par ailleurs, en descente le freinage et la tenue de route sont délicats et les automobilistes doivent faire preuve d'une très grande prudence. La vitesse a donc été analysée dans les deux sens de la circulation pour déterminer les effets de la montée et de la descente.

La deuxième partie de la communication explique le contexte de l'étude. La troisième partie commente les facteurs influençant la vitesse en hiver (conditions telles que la météorologie, la surface et la largeur de la chaussée, etc.) et les résultats des analyses. La quatrième partie est consacrée à l'étude de ces facteurs d'influence par la théorie de quantification (type I). La cinquième partie traite de l'application de cette théorie et d'autres analyses des facteurs de différenciation entre les vitesses de circulation en montée et en descente.

### **3. Enquête sur la vitesse de déplacement en hiver**

Dans cette étude, les relevés de vitesse effectués par le Département des Travaux Publics du Bureau de Développement de Hokkaido ont été analysés pour les 31 tronçons comportant un col sur les principales routes nationales de l'île de Hokkaido (tableau n° 1). Pour cette enquête sur la vitesse, une berline ou une camionnette a été utilisée pour mesurer le temps de parcours en minutes et secondes. L'état de la surface et les conditions météorologiques durant ces trajets ont été observés à l'oeil nu ou enregistrés par caméra vidéo. Pour sélectionner six jours de semaine en février 1995, nous avons tenu compte du volume du trafic, de la météo et des conditions de surface ; trois trajets aller-retour ont été effectués chaque jour sur chacun des tronçons à col. Pour les besoins de l'étude, les tronçons à col ont été subdivisés en sous-sections (180 en tout) pour tenir compte des modifications de la vitesse à certains

endroits à cause de différents changements de pente, de cap ou de structure de la route, et les données ont été relevées pour chaque sous-section. Lorsque les déplacements étaient gênés par des opérations de déblaiement de neige, les données ont été relevées à nouveau. La vitesse a été calculée en divisant la longueur de la sous-section par le temps de parcours. Dans cette étude, la vitesse calculée est considérée comme la vitesse de déplacement effective puisque les véhicules n'ont pas été ralentis par la signalisation routière.

Au cours de l'enquête sur l'état de la chaussée suite à des chutes de neige, la largeur utile de la route et la hauteur des talus de neige ont été mesurées pour la voie montante et pour la voie descendante de chaque sous-section.

Tableau n° 1. Cols étudiés

Zone	Route No.	Pass	Length (Km)	Subsection	Bendiness	Hilliness
Central Hokkaido	230	Nakayama	51.3	7	31.3	13.99
	276	Bifue	23.9	6	74.66	11.67
	5	Kutchan	13.7	3	6.67	13.75
	5	Inaho	12.8	3	42.28	17.73
	293	Kenashi	31.2	4	162.47	21
Southern Hokkaido	227	Nakayama	12.6	3	15.01	14.18
	228	Fukushima	12.6	3	1.81	12.02
	277	Unseki	18	5	244.11	12.3
Central Hokkaido	37	Shizukari	25.4	6	35.61	15.84
	237	Hidaka	10.1	2	46.39	19.32
	274	Nissho	37.6	9	109.78	16.93
Northern Hokkaido	38	Karikachi	18.8	5	26.9	15.14
	237	Kanayama	10.9	4	31.89	13.88
	273	Ukishima	26.9	4	33.6	11.16
	275	Bifuka	15.9	3	25.36	12.48
	333	Kitami	14.6	4	114.98	18.66
	239	Kiritachi	41.2	2	99.08	9.08
	239	Kiritachi	14	2	36.45	11.33
275	Tenpoku	26	14	36.94	8.85	
Okhotsk	39	Sekihoku	32.8	23	81.6	12.06
	239	Tenpoku	6.4	4	6.58	15.41
	240	Senpoku	16.2	11	24.06	16.84
	244	Konpoku	22.1	7	37.45	21.66
	333	Rukushi	14	4	37.91	16.9
Tokachi	241	Ashoro	12.3	3	0.64	16.82
	242	Chihoku	11.4	6	0	8.71
	273	Mikuni	34.2	7	21.6	11.17
Konsen	241	Oudan	24.7	7	202.03	18
	243	Bihoro	19.5	6	70.64	17.7
	274	Senshou	13.4	8	72.14	14.74
	391	Nogami	13.8	5	86.52	17.32

#### **4. Facteurs influençant la vitesse de déplacement en hiver ; résultats des analyses**

##### *4.1 Facteurs influençant la vitesse de déplacement en hiver*

La vitesse de déplacement en hiver est influencée par divers facteurs dont six que nous examinerons ici, à savoir les conditions météorologiques, l'état de la surface, la sinuosité de la route, le vallonnement de la route, la largeur utile de la chaussée, et la hauteur des talus de neige. Ces facteurs ont été classés ou calculés de la manière suivante :

- (1) Conditions météorologiques (cinq) : beau temps, temps nuageux, rafales, chutes de neige, tempête de neige
- (2) Etat de la surface (dix) : chaussée sèche, chaussée mouillée, neige soulevée (par le passage de véhicules), neige en flocons (non soulevée par le passage de véhicules), neige tassée, neige

glacée, glacée et glissante, neige tassée mais irrégulière, verglas (eau gelée formant une mince couche de glace), et neige fondante.

(3) Sinuosité (angle de courbe/km) : comme le montre la figure 1, on calcule la sinuosité en divisant la somme des angles d'intersection dans une sous-section (c'est-à-dire entre A et B) par la longueur de ladite sous-section. La sinuosité est calculés selon la formule suivante (1) :

$$\text{Bendiness} = \frac{\theta_1 + \theta_2 + \dots + \theta_n (\text{deg})}{\text{Distance AB (Km)}} \quad (1)$$

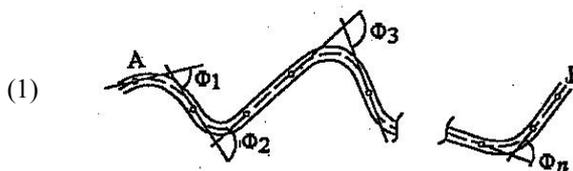


Figure 1. Calcul de la sinuosité

(4) Vallonnement (m/km) : comme le montre la figure 2, le vallonnement est la somme de HR (obtenu en divisant la somme des dénivelés [hi] dans une partie montante d'une sous-section par la longueur de ladite sous-section) et de HF (obtenu en divisant la somme des dénivelés [hi + 1] de la partie descendante de la sous-section par la longueur de celle-ci). Le vallonnement est calculé selon la formule (2) :

$$H_R = \frac{h_1 + h_3 + \dots + h_n (\text{deg})}{\text{Distance AB (Km)}}$$

$$H_F = \frac{h_2 + h_4 + \dots + h_{n+1} (\text{deg})}{\text{Distance AB (Km)}}$$

$$\text{Hilliness} = H_R + H_F \quad (2)$$

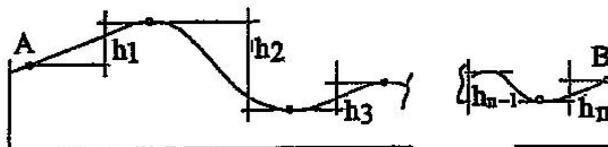


Figure 2. Calcul du vallonnement

Pour illustrer les écarts de sinuosité et de vallonnement des différentes routes, le tableau n° 1 indique les valeurs calculées pour chaque tronçon à col.

(5) La largeur utile et la hauteur des talus de neige : mesurées par unités de 0,1 m sur la voie montante et sur la voie descendante de chaque sous-section.

#### 4.2 Relation entre la vitesse de déplacement en hiver et les facteurs d'influence

Dans un premier temps, nous avons analysé l'influence de chaque facteur sur la vitesse de déplacement. Le tableau n° 2 montre la relation entre les cinq catégories de conditions météorologiques et la vitesse moyenne. Pour chaque sous-section de chaque tronçon à col, 6026 données de vitesse ont été relevées. Comme en témoigne l'écart de 7,4 km/h entre la vitesse moyenne par beau temps (47,9 km/h) et par tempête (40,5 km/h), la vitesse de déplacement diminue à mesure que les conditions météorologiques se dégradent. La figure 3 montre la répartition de la vitesse de déplacement par beau temps, par chute de neige et par tempête. En outre, nous avons analysé les écarts significatifs entre différentes conditions météorologiques, ne considérant comme significatifs que les écarts d'au moins 5 %. L'analyse a permis de constater l'existence d'écarts significatifs dans de nombreuses comparaisons entre

différentes conditions météorologiques.

Les corrélations entre la vitesse de déplacement et l'état de la surface sont indiquées dans le tableau n° 3 et dans la figure 4. L'état de la surface a eu un impact sur la vitesse de déplacement, tout comme les conditions météorologiques. L'étude a révélé un écart de 10 km/h entre la vitesse moyenne sur surface sèche (52,5 km/h) et sur neige poudreuse (42,5 km/h), ce qui montre que la vitesse diminue lorsque l'état de la surface se dégrade. Dans de nombreuses comparaisons entre les types de surface, les écarts entre les vitesses moyennes sont significatifs. Il apparaît donc clairement qu'une détérioration de l'état de la surface, résultant de chutes de neige, a une influence considérable sur la vitesse de déplacement.

Tableau n° 2. Conditions météorologiques et vitesse moyenne de déplacement

Conditions météorologiques	Quantité de données relevées	Vitesse moyenne (km/h)	Ecart type (km/h)
Beau temps	2347	47.9	8.6
Temps nuageux	1505	46.6	8.9
Rafales de neige	1065	44.8	9.4
Chutes de neige	884	44.8	7.6
Tempête	225	40.5	6.8

Tableau n° 3. Etat de la surface et vitesse moyenne de déplacement

Etat de la surface	Quantité de données relevées	Vitesse moyenne de déplacement (km/h)	Ecart type (km/h)
Chaussée sèche	699	52.2	9.2
Chaussée mouillée	1433	49.3	8.2
Neige en flocons	281	46.8	8.8
Neige fondante	1157	46.4	8.4
Glacée et glissante	320	44.8	7.9
Neige glacée	1862	43.3	8.5

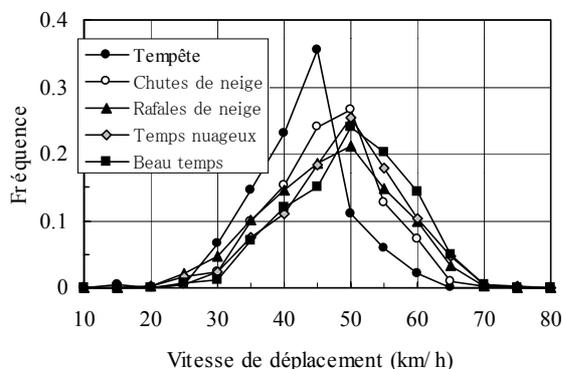


Figure 3. Répartition de la vitesse de déplacement selon les conditions météorologiques

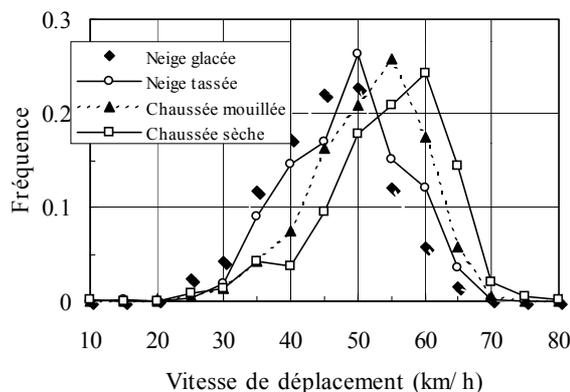


Figure 4. Répartition de la vitesse de déplacement par type de surface

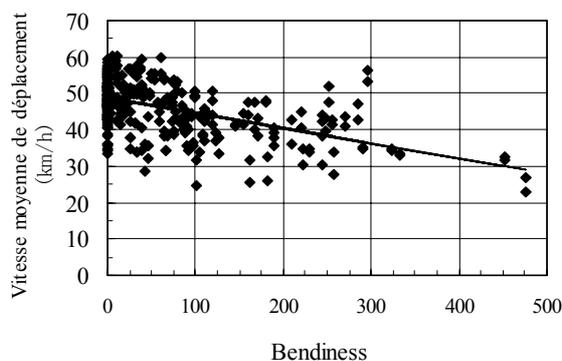


Figure 5. Relation entre la sinuosité et la vitesse moyenne de déplacement

La figure 5 montre la relation entre la vitesse moyenne de déplacement et la sinuosité. Pour chaque sous-section (180 au total), la corrélation entre la vitesse moyenne de déplacement et la sinuosité a été établie. Bien que le coefficient de corrélation (0.5146) ne soit pas élevé, il apparaît clairement que la vitesse de déplacement diminue à mesure que l'angle des virages se ferme (c'est-à-dire à mesure que l'angle d'intersection augmente) et que la valeur de la sinuosité augmente. Malgré des recherches sur d'autres facteurs - comme le vallonnement, la largeur utile de la chaussée ou la hauteur des talus de neige – aucune autre corrélation avec la vitesse de déplacement n'a pu être établie de façon claire.

#### 5. Analyse de la vitesse de déplacement en hiver par la théorie de quantification (type I)

Il ressort de ce qui précède que la vitesse de déplacement en hiver est fortement influencée par des modifications de l'état de la surface et par les chutes de neige. Les 6026 données concernant l'ensemble des sous-sections ont donc été soumises à une analyse par régression basée sur la théorie de quantification (type I), dans laquelle la vitesse de déplacement relevée dans chaque sous-section a été définie comme une variable dépendante et les six facteurs de la Partie 3 ont été définis comme des variables indépendantes. Parmi les variables indépendantes, les conditions météorologiques et l'état de la surface de la chaussée sont classées en cinq et dix catégories respectivement, comme mentionné ci-dessus. Conformément au tableau n° 4, la sinuosité, le vallonnement, la largeur utile et la hauteur des talus de neige ont été classés en 5, 6, 5 et 4 types, respectivement, en fonction de la distribution de fréquence de chaque facteur. La vitesse moyenne de déplacement (c'est-à-dire la moyenne des variables dépendantes) s'est élevée à 46,3 km/h, l'écart-type a été établi à 8,8 km/h, et le coefficient de corrélation multiple est ressorti à 0,5748. Ainsi, environ 33 % des modifications de vitesse de déplacement peuvent être imputées aux facteurs de surface et de conditions de circulation. Bien que le coefficient de corrélation multiple ne soit pas élevé, les résultats indiqués dans le tableau n° 4 permettent d'établir quels facteurs influencent la vitesse de déplacement sur les tronçons à col en hiver.

La sinuosité s'est révélée être le facteur ayant le plus grand impact sur la vitesse de déplacement en hiver. En effet, l'étude a abouti à des valeurs très élevées en ce qui concerne le coefficient de corrélation partielle (0,4271) et la plage (9,9860). En termes de coefficient de corrélation partielle, la sinuosité est suivie par la détérioration de l'état de la surface (0,2698), et les conditions météorologiques (0,1801). La largeur utile de la chaussée et la hauteur des talus de neige - facteurs qui sont tous deux affectés par les chutes de neige - et le vallonnement exercent moins d'influence que les facteurs précités. Ces résultats suggèrent que, dans les sous-sections en virage où les conducteurs doivent faire preuve de beaucoup de prudence, toute détérioration de l'état de la surface due à des chutes de neige accentue l'impact sur la vitesse de déplacement.

Tableau n° 4. Résultats de l'analyse basée sur la théorie de quantification (type I)

Explanatory variable	Category	Samples	Category score	Range	Partial correlation
Weather	Fair	2359	1.1858	8.8920 (2)	0.1801 (3)
	Cloudy	1498	-0.1204		
	Snow flurry	1039	-0.4689		
	Snowfall	895	-1.1108		
	Blizzard	235	-5.0198		
Surface	Dry	643	3.4388	5.6902 (4)	0.2698 (2)
	Wet	1365	2.0797		
	Powdery snow	268	-1.6102		
	Granular snow	36	3.3126		
	Compacted snow	1160	0.1663		
	Frozen	1822	-2.2514		
	Icy and smooth	329	-1.7863		
	Bumpy compacted	34	-1.61		
	Black ice	86	-0.8143		
	Melting snow	283	-0.4057		
Bendiness	0	2153	1.7193	9.986 (1)	0.4271 (1)
	0~30	1086	3.8493		
	30~40	722	0.6994		
	60~90	706	-0.5092		
	90~120	392	-5.0991		
	Over 120	967	-6.1366		
Hilliness	0	35	4.5006	5.5715 (5)	0.1228 (6)
	0~10	288	0.1384		
	10~20	1693	0.8262		
	20~30	1346	0.6274		
	30~40	1166	-0.7321		
	Over 40	1498	-1.0709		
Effective width	3.0m or less	252	-4.2571	5.9053 (3)	0.1386 (4)
	3.0~4.0	2272	0.0735		
	4.0~5.0	2917	0.2688		
	5.0~6.0	315	1.6481		
	6.0m or more	270	-1.4479		
Snowbank height	0.5m or less	593	2.5681	3.2832 (6)	0.1323 (5)
	0.5~1.0	2135	0.3155		
	1.0~1.5	1948	-0.6264		
	1.5m or more	1350	-0.7151		

Chaque tronçon à col a également été soumis à des analyses par régression basées sur la théorie de quantification (type I). Sur les 31 cols, 26 avaient un coefficient de corrélation multiple égal ou supérieur à 0,5000 (voir le tableau n° 5). Dans ce tableau, les résultats pour chaque tronçon à col sont indiqués pour les deux facteurs ayant les plus grands coefficients de corrélation partielle, c'est-à-dire les deux facteurs ayant le plus d'impact sur la vitesse de déplacement (les coefficients de corrélation multiple sont indiqués entre parenthèses). On obtient de bons modèles de vitesse de déplacement pour les tronçons à col de Fukushima, Bihoro, Oudan, Nissho, Kitami, Tenpoku, Nogami et Sekihoku qui ont tous un coefficient de corrélation multiple supérieur à 0,75. Au col de Kitami, qui possède le coefficient de corrélation multiple le plus élevé (0,8871), les coefficients de corrélation partielle de la sinuosité (valeur la plus élevée) et de l'état de la surface (valeur classée deuxième) sont de 0,6987 et 0,4245, respectivement. Ainsi, ce sont la sinuosité et l'état de la surface qui ont le plus d'impact sur la vitesse de déplacement sur ce tronçon à col.

Pour d'autres tronçons, la relation entre les deux coefficients de corrélation partielle les plus élevés montre que – même si les facteurs d'influence varient en fonction de l'alignement de la route (sinuosité / vallonnement) ou le déblaiement de la neige - la sinuosité et l'état de la surface exercent une influence significative sur la vitesse de déplacement sur de nombreux tronçons, comme le concluent les analyses ci-dessus concernant l'ensemble des tronçons à col.

## 6. Facteurs influençant la vitesse en montée et en descente, résultats des analyses

### 6.1 Vitesse de déplacement en montée et en descente

Les tronçons à col ont été subdivisés en 180 sous-sections. Les écarts entre les vitesses moyennes de déplacement (en valeur absolue) en montée et en descente dans les 180 sous-sections sont indiqués dans le tableau n° 6 et dans la figure 6.

Tandis que l'écart entre les vitesses moyennes de déplacement est égal ou inférieur à 5 km/h dans de nombreuses sous-sections, il est supérieur à 5 km/h sur 27 sous-sections. Pour déterminer si l'écart de vitesse est clairement dû à la pente, l'analyse a porté sur les sous-sections en montée (ou en descente) qui ne comportent pas de partie plate. Sur les 100 sous-sections qui ont été échantillonnées, 22 ont révélé un écart égal ou supérieur à 5 km/h. La figure 7 montre la relation entre les vitesses moyennes de déplacement en montée et en descente sur une même sous-section. Sur 31 sous-sections sur 100, la vitesse moyenne de déplacement était supérieure en descente par rapport à la montée ; l'écart était le plus souvent inférieur ou égal à 2,0 km/h, et l'écart le plus important était de 4,1 km/h. Sur les 69 autres sous-sections, la vitesse moyenne de déplacement en descente était inférieure à la vitesse en montée, ce qui suggère que la vitesse de déplacement est généralement réduite dans les descentes de col en hiver. La ligne interrompue dans la figure 7 représente un écart de vitesse de 5 km/h. L'écart le plus important, qui a été observé au col de Senpoku, était de 12,7 km/h.

Le tableau n° 7 et la figure 8 montrent les résultats de l'analyse portant sur 1734 données relevées sur chacune des voies en montée et en descente de 100 sous-sections. Ces résultats aident à établir le fait que la vitesse de déplacement est généralement réduite dans les descentes de col en hiver.

Tableau n° 6. Fréquence de la vitesse moyenne de déplacement sur chaque sous-section

Ecart de vitesse (km/h)	Total de l'ensemble des sous-sections	Sous-section en montée (descente)
0~5	153	78
5~10	22	17
Supérieur à 10	5	5
Moyenne	2.56(Km/h)	3.14(Km/h)

Tableau n° 7. Vitesse de déplacement en montée et en descente

Sous-section	Sous-section en montée	Sous-section en descente
Minimum	13 (Km/h)	14(Km/h)
Maximum	69.0	74.0
Moyenne	47.1	44.8
Ecart type	8.1	9.3

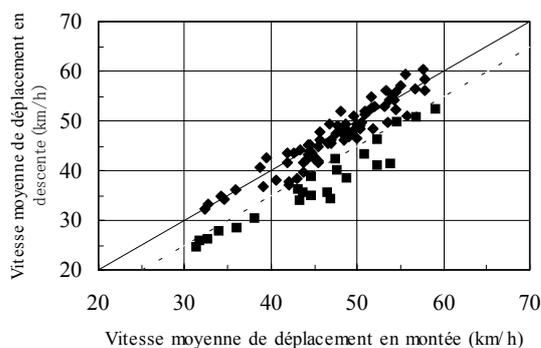


Figure 6. Comparaison entre les vitesses moyennes en montée et en descente

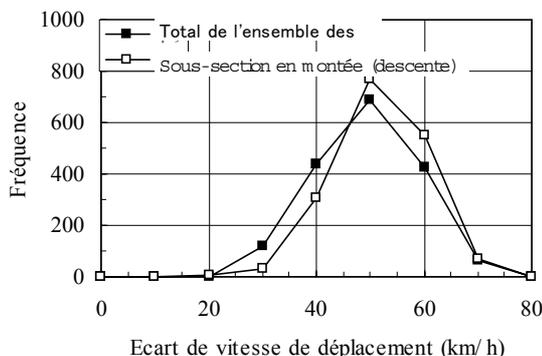


Figure 7. Distribution de la fréquence de la vitesse moyenne de déplacement sur chaque sous-section

## 6.2 Ecarts de vitesse selon le sens, analysés en termes de facteurs d'influence

Parmi les six facteurs d'influence, quatre (les conditions météorologiques, l'état de la surface, la sinuosité, le vallonnement) ont été analysés ici pour en déterminer l'impact sur la vitesse de déplacement en montée et en descente. Le tableau n° 8 et la figure 9 montrent la relation entre cinq types de conditions météorologiques types et la vitesse moyenne de déplacement. En règle générale, la vitesse se réduit considérablement en montée comme en descente à mesure que les conditions météorologiques s'aggravent et l'écart de vitesse moyenne entre les deux sens est d'environ 2 km/h. Cependant, en cas de tempête (c'est-à-dire les pires conditions météorologiques), l'impact sur la vitesse de déplacement en montée et en descente est presque identique.

Tableau n° 8. Conditions météorologiques et vitesse moyenne de déplacement

Conditions météorologiques	Beau temps	Temps nuageux	Rafales de neige	Chutes de neige	Tempête de neige
Montée	49.4	47.0	45.9	45.9	39.8
Descente	46.9	44.8	43.5	43.6	40.1
Différence	2.5	2.2	2.5	2.3	-0.3

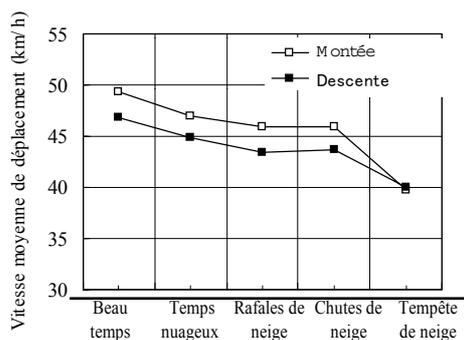


Figure 8. Distribution de la fréquence des vitesses de déplacement en montée et en descente

Tableau n° 9. Etat de la surface et vitesse moyenne de déplacement

Etat de la surface	Chaussée sèche	Chaussée mouillée	Neige tassée	Neige glacée
Montée	50.9	49.5	47.5	44.6
Descente	50.5	47.9	44.0	41.6
Différence	0.4	1.6	3.5	3.0

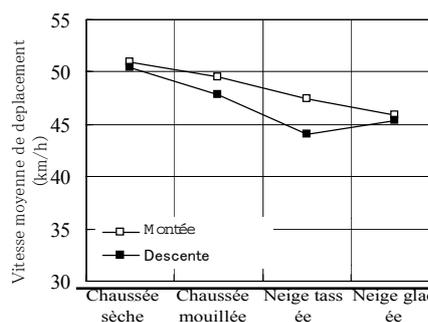


Figure 9. Conditions météorologiques et vitesse moyenne de déplacement

Tableau n° 10. Sinuosité et vitesse moyenne de déplacement

Bendiness	0	~30	~60	~90	~120	Supérieur à 120
Montée	49.0	49.9	48.4	47.4	41.9	39.8
Descente	47.7	48.4	44.9	45.2	37.5	36.2
Différence	1.3	1.5	3.5	2.2	4.4	3.5

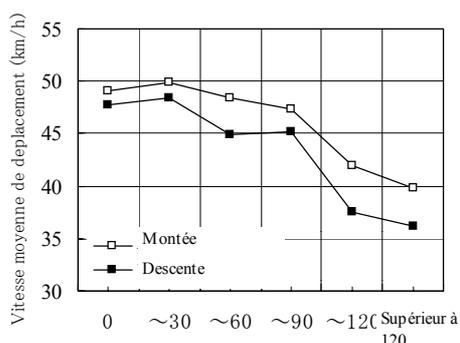


Figure 10. Sinuosité et vitesse moyenne de déplacement

Tableau n° 11. Vallonnement et vitesse moyenne de déplacement

Vallonnement	Inférieur à 10	10~20	20~30	30~40	Supérieur à 40
Montée	45.6	47.6	49.0	48.0	44.6
Descente	46.6	46.7	45.9	45.5	41.8
Différence	-0.9	0.9	3.1	2.5	2.8

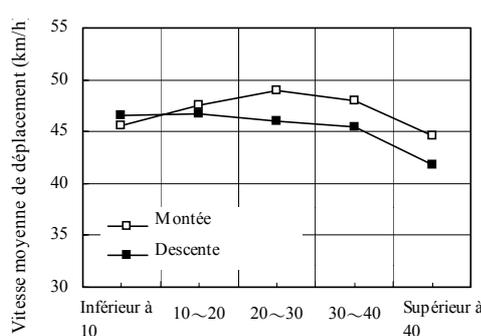


Figure 11. Vallonnement et vitesse moyenne de déplacement

Le tableau n° 9 et la figure 10 montrent la relation entre les différents états de surface et la vitesse moyenne de déplacement. A mesure que l'état de la surface se dégrade, les conducteurs réduisent leur vitesse aussi bien en montée qu'en descente. Parallèlement, il ressort clairement que l'écart entre les vitesses moyennes de déplacement en montée et en descente s'agrandit à mesure que l'état de la surface se détériore.

La relation entre la vitesse moyenne de déplacement et la sinuosité est représentée au tableau n° 10 et à la figure 11. En montée comme en descente, la vitesse de déplacement diminue à mesure que la route devient plus sinueuse. La vitesse de déplacement est considérablement réduite notamment dans des sous-sections où la sinuosité est supérieure ou égale à  $90^\circ$  /km, et cette corrélation signifie que des modifications d'angle d'intersection ont un impact significatif sur la vitesse de déplacement.

Le tableau n° 11 et la figure 12 illustrent la relation entre la vitesse moyenne de déplacement et le vallonnement. En montée, la vitesse de déplacement augmente légèrement à mesure que le vallonnement devient plus marqué. En descente, la vitesse moyenne de déplacement diminue de 5,5 km/h lorsque la valeur du vallonnement passe de "inférieure à 10" à "supérieure à 40", et la vitesse de déplacement est généralement réduite à mesure que le vallonnement s'accroît. Ainsi, nous pouvons conclure que, tandis que la détérioration de l'état de la surface due à des chutes de neige affecte la vitesse de déplacement en montée et en descente, l'influence est beaucoup plus marquée dans les descentes.

### *6.3 Analyses par sens de déplacement basées sur la théorie de quantification (type I)*

Sur les tronçons à col en hiver, la vitesse de déplacement en montée et descente est fortement influencée par les modifications d'état de la surface et de conditions de circulation provoquées par des chutes de neige. Comme dans la quatrième partie de cette étude, nous avons effectué des analyses par régression basées sur la théorie de quantification (type I), en définissant la vitesse de déplacement dans chaque direction comme variable dépendante. Les résultats montrent que la vitesse moyenne de déplacement (c'est-à-dire la moyenne des variables dépendantes) était de 47,1 km/h dans les montées et de 44,8 km/h dans les descentes, et que le coefficient de corrélation multiple pour les variables dépendantes est de 0,5915 et 0,6408 pour la montée et la descente, respectivement. Le tableau n° 12 montre les résultats d'analyse des montées et des descentes, et le tableau n° 13 reprend en synthèse le degré d'impact de chaque facteur d'influence sur la vitesse de déplacement.

Le positionnement des plages et les coefficients de corrélation partielle de chaque facteur d'influence indiquent clairement que la sinuosité a une grande influence sur la vitesse de déplacement en montée comme en descente. L'analyse d'après la théorie de quantification suggère également l'importance de l'influence de la sinuosité. De plus, la plage de valeurs nous indique aussi que l'influence de la sinuosité est plus marquée en descente qu'en montée. D'autres facteurs qui contribuent à détériorer les conditions de circulation – tels que l'état de la

surface, le vallonnement ou la largeur utile de la chaussée – montrent que l'impact sur la vitesse de déplacement est plus net en descente qu'en montée.

Cependant, la plage de valeurs est plus large pour la montée que pour la descente en ce qui concerne les conditions météorologiques. Ceci suggère qu'un certain niveau de vitesse de déplacement est possible lorsque les conditions météorologiques sont favorables, et que la vitesse de déplacement est considérablement réduite en cas de conditions météorologiques défavorables, notamment en cas de tempête de neige. En descente, cependant, la vitesse de déplacement est inférieure à la vitesse en montée quelles\* que soient les conditions météorologiques ; ainsi, il existe moins d'écart entre les vitesses de déplacement en fonction des différents types de conditions météorologiques.

Tableau n° 12. Analyses d'après la théorie de quantification (type I) par sens de déplacement

Explanatory variable	Category	Upgrade subsection		Range	correlation	Downgrade subsection		Range	correlation
		Samples	Score			Samples	Score		
Weather	Fair	576	1.4709	7.5606 (2)	0.2435 (3)	574	0.7105	3.1349 (6)	0.0975 (6)
	Cloudy	473	-0.1097			467	-0.2383		
	Snow flurry	317	-0.0887			334	0.1648		
	Snowfall	274	-0.8443			273	-0.5950		
	Blizzard	88	-6.0897			78	-2.4244		
Surface	Dry	199	2.4069	4.5425 (4)	0.2597 (2)	178	4.1063	6.9140 (3)	0.3227 (2)
	Wet	401	1.8735			404	2.9239		
	Powdery snow	54	-2.1356			50	-1.6053		
	Granular snow	8	1.8933			3	-0.2311		
	Compacted	297	0.8089			336	-0.6931		
	Frozen	603	-1.8588			600	-2.3624		
	Icy and smooth	40	-1.7239			42	1.2837		
	Bumpy	13	-0.8095			18	-2.4993		
	Black ice	26	0.2814			28	-2.8077		
Melting snow	87	-2.0375	67	-1.6599					
Bendiness	0	718	1.6759	8.0677 (1)	0.4049 (1)	714	2.1970	11.5902 (1)	0.4524 (1)
	0~30	275	2.4953			275	3.5039		
	30~40	175	1.5616			174	1.3256		
	60~90	185	-0.4662			185	-1.2051		
	90~120	113	-5.4564			113	-8.0863		
	Over 120	262	-5.5724			265	-6.1366		
Hilliness	0~10	36	-0.6342	1.8925 (5)	0.1023 (5)	36	4.1413	5.4987 (4)	0.1588 (5)
	10~20	433	0.2737			436	1.1751		
	20~30	377	1.0683			375	0.8182		
	30~40	372	-0.2099			371	-0.7512		
	Over 40	510	-0.8242			508	-1.3574		
Effective width	4.0m or less	619	-0.1585	4.7490 (3)	0.1886 (4)	621	0.8271	7.0591 (2)	0.2651 (3)
	4.0~5.0	850	0.7399			846	0.5918		
	5.0~6.0	89	1.0677			89	0.5075		
	6.0m or more	170	-3.6813			170	-6.2320		
Snowbank height	0.5m or less	141	1.3371	1.7738 (6)	0.0685 (6)	139	3.0786	4.3216 (5)	0.1787 (4)
	0.5~1.0	689	0.0482			687	0.9502		
	1.0~1.5	631	-0.4368			633	-1.2429		
	1.5m or more	267	0.2017			267	-1.1009		

## 7. Conclusions

Au cours de cette étude, nous avons effectué différentes analyses des facteurs ayant un impact sur la vitesse de déplacement en hiver sur des tronçons comportant un col. Ces analyses s'appuient sur des données concernant la vitesse de déplacement en hiver et recueillies sur 31 cols importants de l'île de Hokkaido. En résumé, il ressort de cette étude que:

- 1) les changements provoqués par des chutes de neige dans l'état de la surface et les conditions météorologiques générales ont une influence statistiquement établies sur la vitesse de déplacement ;
- 2) concernant la sinuosité et le vallonnement de la route, c'est la sinuosité (c'est-à-dire les changements d'angle d'intersection) qui a un impact considérable sur la vitesse de déplacement ;
- 3) les analyses basées sur la théorie de quantification (type I) ont également révélé que la vitesse de déplacement dans les sous-sections à virages, où les conducteurs doivent rouler prudemment, est fortement influencée lorsque l'état de la surface est détérioré par des chutes de neiges;
- 4) l'analyse de l'ensemble des tronçons à col suggère l'importance du contrôle de l'état de la surface, notamment dans les sous-sections à virages.

Le degré d'influence sur la vitesse de déplacement en montée et en descente a également été analysé. Il en ressort clairement que, même si la vitesse de déplacement est affectée dans les deux sens par la détérioration de l'état de la surface et des conditions de circulation suite à des chutes de neige, l'effet est plus marqué sur la vitesse en descente.

Par la suite, les auteurs utiliseront les analyses de cette étude pour déterminer le niveau optimal de gestion des chaussées en hiver.

Enfin, les auteurs souhaitent remercier le personnel du Département des Travaux Publics du Bureau de Développement de l'île de Hokkaido pour les renseignements et le soutien qu'il leur a apportés.

#### *Références :*

- 1) Manuel COBA : Economic assessment of roads schemes - Rural single carriageways-, 1996 (Evaluation économique de projets routiers – Routes à deux voies en zone rurale – 1996)
- 2) Bureau de Développement de Hokkaido, Ministère de l'Urbanisme, des Infrastructures et des Transports : Rapport sur les conditions de circulation en hiver dans la région de Hokkaido – Analyse des tronçons à col, mars 1996