

# TECHNOLOGIES ITS SUR LES AUTOROUTES POUR AMELIORER LE SERVICE AUX UTILISATEURS

Hideki TAKAHASHI, Motohisa SATO, Shinichiro AZUMA

Japan Highway Public Corporation  
3-3-2, Kasumigaseki, Chiyoda, 100-8979, Japan  
TEL +81-3-3506-0224/FAX+81-3-3506-8870  
E-mail: Hideki\_Takahashi@gw.japan-highway.go.jp

## 1. Introduction

Environ 6.851 kilomètres du réseau d'autoroutes interurbaines étaient déjà en service à la fin 2000, ce qui équivaut à environ 60% des 11.520 km du réseau total planifié. Le volume du trafic sur les autoroutes a augmenté au fil des années sous l'effet de ce réseau extensif, et atteint aujourd'hui environ 4 millions par jour.

Au Japon, en hiver, la neige est abondante dans la région donnant sur la Mer du Japon. Les autoroutes passant dans les régions enneigées (la hauteur de neige maximum moyenne décennale est supérieure à 30 cm) correspondent à environ 50% de l'ensemble du réseau (Figure 1). Et pendant l'hiver, de nombreux problèmes de circulation surviennent, tels qu'accident de la route, fermeture de route due à la faible visibilité en cas de tempête de neige ou de chutes de neige. La plupart des autoroutes construites passant par la zone enneigée, ces problèmes vont s'aggraver. Aujourd'hui, les autoroutes sont indispensables à notre vie quotidienne. C'est pourquoi trouver des solutions à ces problèmes de circulation pendant l'hiver devient urgent.

Pour résoudre ces problèmes en hiver et améliorer le niveau du service aux utilisateurs, nous appliquons ITS, dont les innovations techniques récentes sont remarquables.

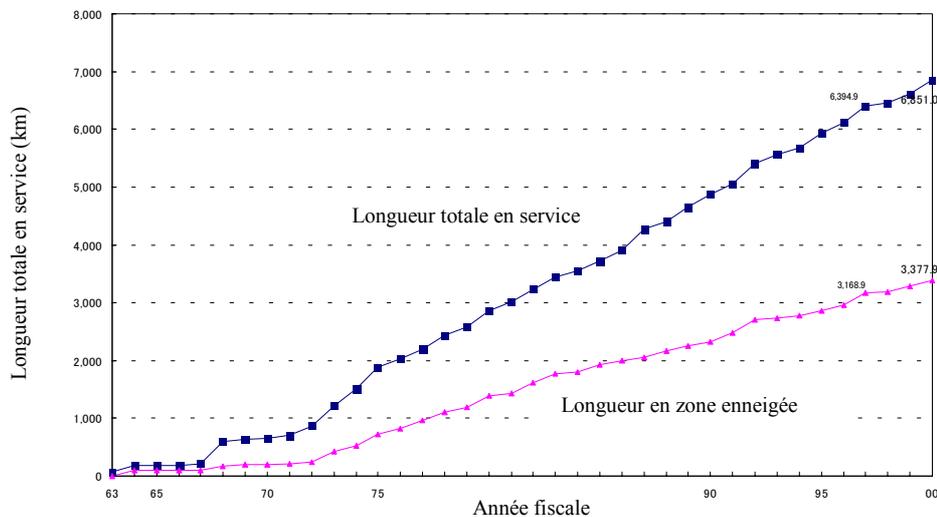


Figure 1 Longueur de passage en zone enneigée

## 2. Exemples de recherches et développement ITS

### 2.1 Cas 1: Service d'information sur la position des déneigeuses

#### 2.1.1 Aperçu du système

Comme les déneigeuses parcourent de longues distances sur les autoroutes, beaucoup de voitures sont obligées d'avancer très lentement.

Ce système fournit des informations sur les embouteillages et des informations sur la position des déneigeuses par divers médias. Elles sont collectées par le "système de gestion des déneigeuses" déjà partiellement introduit. Ce système peut mitiger l'irritation des conducteurs, et aider les utilisateurs à choisir une route de remplacement et à ajuster leur heure de départ.

### 2.1.2 Besoins des conducteurs

L'an dernier, nous avons fait remplir un questionnaire concernant le déneigement sur des aires de repos des autoroutes. Les résultats montrent que près de 80% des personnes interrogées ont fait l'expérience de la conduite à petite vitesse due à une déneigeuse. Quant à la durée, environ 60%

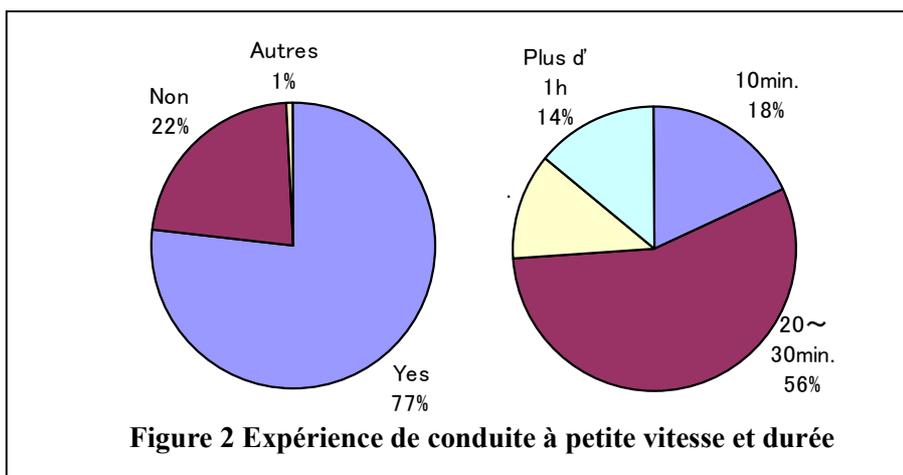


Figure 2 Expérience de conduite à petite vitesse et durée

ont répondu 30 minutes, mais quelque 20% plus d'1 heure (Figure 2). Plus de 80% souhaitaient obtenir des informations sur les déneigeuses, par exemple leur position de travail. Les personnes interrogées ont répondu que si elles obtenaient préalablement des informations, elles ne se sentiraient pas irritées et en profiteraient pour manger sur une aire de repos etc.

### 2.1.3 Fourniture d'informations de position en utilisant le système de gestion des déneigeuses

Le "système de gestion des déneigeuses" est un système appliquant la technique de navigation GPS (Figure 3). Premièrement, le système collecte la position des déneigeuses par GPS à la station des activités de déneigement. Deuxièmement, le système indique la position, la destination et la direction des déneigeuses sur l'écran de l'ordinateur. L'emploi des informations précises et en temps direct sur les déneigeuses permet de leur indiquer

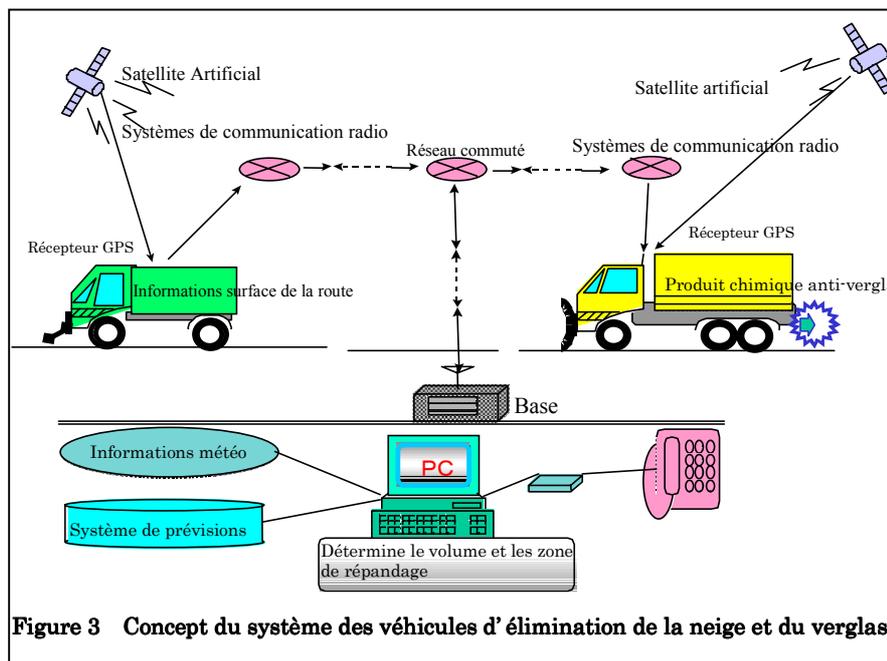


Figure 3 Concept du système des véhicules d'élimination de la neige et du verglas

adéquatement leurs opérations et d'automatiser l'enregistrement de leurs opérations.

Ce système déjà partiellement opérationnel, améliore le service aux utilisateurs en fournissant des informations, ainsi qu'en utilisant la position des déneigeuses pour la gestion des routes.

### 2.1.4 Médias de service

Nous prévoyons d'abord d'installer de manière expérimentale des écrans exclusifs, non influencés par le degré de fourniture d'informations, sur les aires de repos. Après confirmation des besoins des

utilisateurs, nous fournirons les informations par divers médias.

## 2.2 Cas 2: Système de protection des véhicules d'entretien contre la collision (P-MAC)

### 2.2.1 Contexte

De 1994 à 1999, il y a eu 132 accidents de la circulation liés aux véhicules d'entretien travaillant à petite vitesse. Ce type de travail d'entretien inclut le déneigement et le répandage de matériaux antigel. Ce travail est parfois dangereux et stressant pour le conducteur du véhicule. Bien qu'un système avertisseur de distance pour camions soit disponible dans le commerce, la plupart des camions ne sont pas équipés de ce système avancé. C'est pourquoi tous les véhicules de signalisation d'entretien JH sont dotés d'un VMS de bord et d'un énorme pare-chocs pour les protéger (Figure 4). Bien que les véhicules d'entretien JH soient colorés et faciles à reconnaître, il y a des collisions avec les véhicules d'entretien. Les auteurs de cette thèse prévoient d'ajouter un nouveau système anti-collision pour véhicules de signalisation d'entretien utilisant la technologie ITS.



Figure 4 Vue arrière d'un véhicule d'entretien

### 2.2.2 Scénario anti-collision

Ordinairement, les conducteurs voient facilement les véhicules d'entretien. Alors, ils passent à la voie adjacente à celle du véhicule et dépassent, ou bien ralentissent. Mais certains d'entre eux, qui pensent à autre chose ou sont quasiment endormis, ne voient pas le véhicule d'entretien et ne disposent pas d'une distance suffisante pour dépasser en toute sécurité. Nous avons divisé les possibilités de collision en quatre catégories: sûr, danger, péril et collision, définies comme suit.

Sûr: Le conducteur peut changer de voie ou s'arrêter pour éviter la collision.

Danger: Le conducteur peut éviter la collision en manœuvrant, mais il est difficile de l'éviter seulement en freinant.

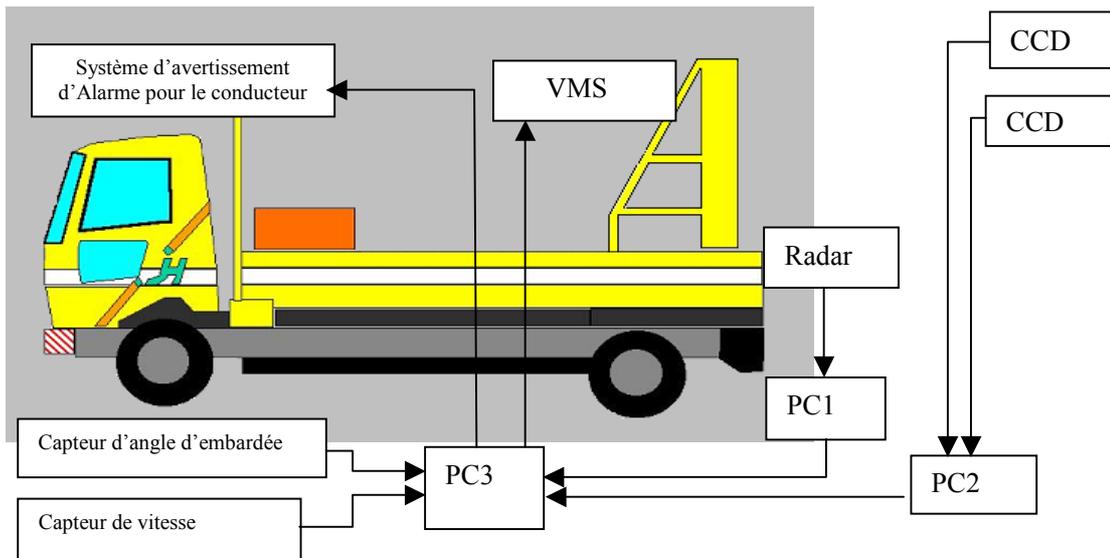
Péril: Il est difficile d'éviter la collision aussi bien en manœuvrant qu'en freinant.

Collision: La collision est inévitable.

P-MAC avertit du danger de collision, suggère de passer à la voie adjacente ou de ralentir. Si le véhicule suivant se rapproche de P-MAC, P-MAC intensifie son indication pour faire passer le véhicule suivant à la voie adjacente ou freiner pour éviter la collision. Pour réaliser ce système, nous avons considéré comment détecter, comment juger de la possibilité de collision et comment l'indiquer sur le VMS de bord.

#### (1) Aperçu du système P-MAC

P-MAC est doté de capteurs à l'extrémité du véhicule pour superviser les véhicules suivants. Ces capteurs mesurent la distance, la vitesse et la position du véhicule suivant. Puis, chaque unité de traitement juge de la possibilité de collision et envoie ces données à l'unité de traitement centrale, qui juge des possibilités de collision et commande d'indiquer certaines précautions sur le VMS de bord (Figure 5).



**Figure 5 Aperçu du système P-MAC**

(2) Quels types de capteurs conviennent pour P-MAC?

P-MAC mesure la vitesse et la distance des véhicules suivants pour juger des possibilités de collision. Nous considérons que les capteurs doivent avoir les capacités suivantes.

- 1) Si la vitesse relative entre le véhicule d'entretien et le véhicule suivant est supérieure à 80 km/h, le véhicule suivant doit se trouver au moins 100 m derrière le véhicule d'entretien. Les capteurs doivent donc pouvoir détecter des véhicules à 100 m ou plus.
- 2) Il y a quelques réflecteurs à l'avant des véhicules.
- 3) Ils peuvent être utilisés en cas de mauvais temps, par exemple neige, pluie ou brouillard.
- 4) Comme le jugement final de la possibilité de collision est considéré fiable, une grande précision de mesure est requise non seulement pour la distance longitudinale, mais aussi pour la distance transversale.

C'est pourquoi un radar à onde millimétrique (MR) et des caméras CCD stéréo à traitement d'image (CCD-IP) ont été choisis comme capteurs. Le MR peut détecter le véhicule à 120 m du P-MAC, n'exige pas la présence d'un réflecteur sur le véhicule cible, et fonctionne sous la neige, le brouillard ou la pluie. Par ailleurs, le CCD-IP stéréo mesure bien la position relative du véhicule d'entretien et du véhicule suivant et détecte les marques de voie.

(3) Signe message variable de bord (VMS)

P-MAC attire l'attention par le VMS de bord. Les messages et images du VMS changent selon les possibilités de collision. Nous prévoyons trois modèles différents. Quand le véhicule suivant est dans la zone "SAFE", P-MAC l'indique par un signe remarquable, mais n'exerce pas d'impact trop fort sur le VMS. Si le véhicule entre dans la zone "Danger" ou "Péril", P-MAC suggère de changer de voie ou de freiner pour éviter la collision. Si malheureusement le véhicule entre dans la zone "Collision", P-MAC ordonne le freinage pour réduire les dégâts dus à la collision. Des essais sur le terrain seront effectués pour fixer les conceptions.

(4) Développements futurs

La possibilité de créer un système anti-collision a été confirmée, parce que les capteurs et ordinateurs ont des capacités suffisantes pour réaliser notre scénario anti-collision. Nous allons confirmer l'algorithme de jugement de la collision pour de nombreuses situations, et rechercher la conception adaptée pour le VMS de bord. La réalisation de P-MAC devrait permettre de faire diminuer les victimes des accidents de la circulation liés aux véhicules d'entretien sur les autoroutes, ainsi que la charge pesant sur l'opérateur du véhicule d'entretien.

## 2.3 Cas 3: Stratégie de la circulation à base ITS en cas de mauvaise visibilité

### 2.3.1 Contexte

L'objectif de ce chapitre est de développer une stratégie de circulation ITS pour réduire les fermetures de route en cas de mauvaise visibilité due à des chutes de neige ou à un brouillard dense. La Figure 6, qui illustre les causes de fermeture de route, montre que les conditions météo en sont la cause majeure, et que 65% des fermetures sont faites dans cet environnement. La décomposition de ces conditions météo montre encore que la route glissante à cause de la neige ou du verglas correspond à 25% des cas et la mauvaise visibilité par chutes de neige ou brouillard à 51% (à droite). Jusqu'à présent, divers moyens comme l'éclairage des autoroutes, les feux de guidage et des filets antibrouillard ont été installés le long des autoroutes pour faire face à la mauvaise visibilité. Mais les effets obtenus ne sont pas suffisants.

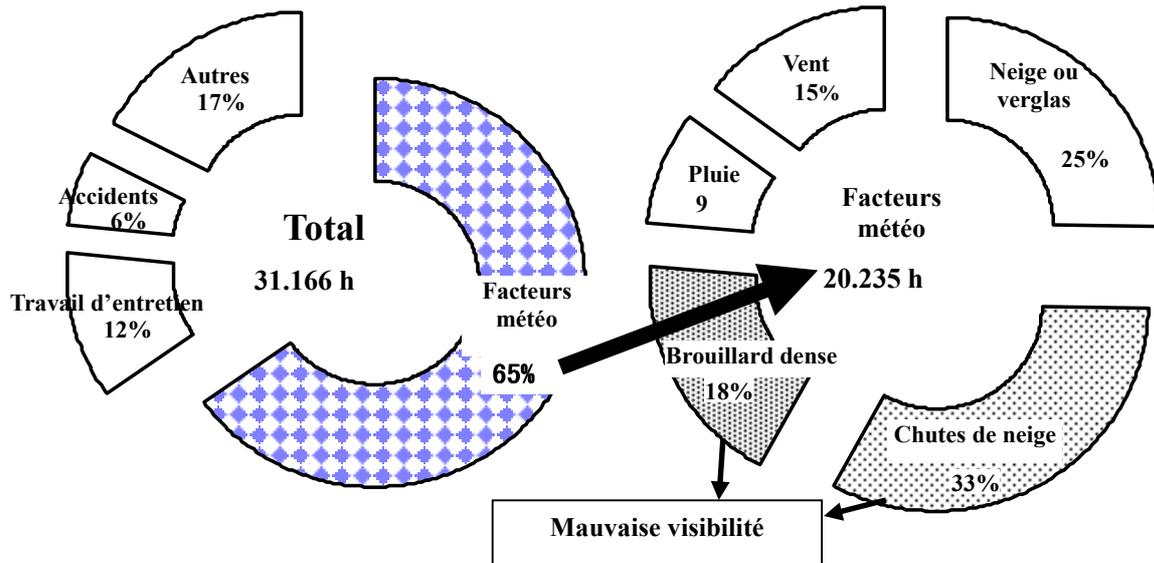


Figure 6 Causes de fermeture de tronçons sur les autoroutes interurbaines (1999)

### 2.3.2 Stratégie de la circulation avec la technologie ITS

Un véhicule de gestion de la circulation équipé de la technologie ITS est actuellement à l'étude. Dans cette stratégie, ce véhicule guidera les véhicules circulant à une petite vitesse convenable correspondant à la visibilité dans le brouillard (Figure 7). Cette stratégie dite "Guidage des véhicules", destinée à réduire les fermetures de route, sera appliquée sur les autoroutes fréquemment soumises au brouillard dense à circulation importante. Des opérations de ce type sont déjà actuellement réalisées dans certaines régions de neige; mais sans ITS, elles sont très stressantes pour les opérateurs. L'an dernier, un bureau de gestion des routes d'une région à

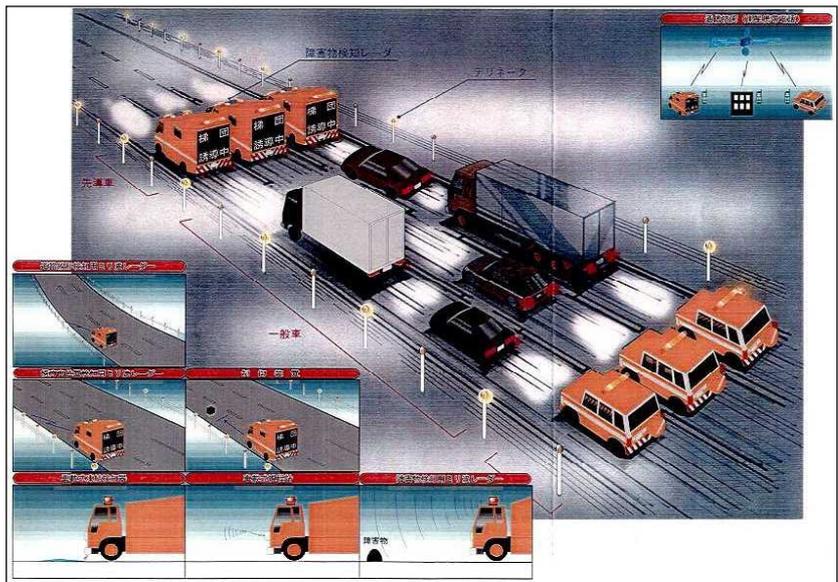


Figure-7 Stratégie de la circulation avec la technologie ITS dans le brouillard

brouillard important a installé à l'essai une caméra infrarouge sur un véhicule de gestion, mais elle a été moins efficace que prévu. C'est pourquoi nous avons recherché une technologie plus efficace, comme l'équipement ITS pour le guidage des véhicules. Cette stratégie, qui a pour but de guider la circulation sous visibilité réduite à 30 - 50 m par le brouillard, devrait permettre de réduire de 50 à 70% les fermetures de routes dues au brouillard dense.

### 2.3.3 Détecteur d'obstacles

Des études ont montré qu'un radar à onde millimétrique (MR) serait efficace comme détecteur d'obstacles. Nous avons donc contrôlé les performances du MR en réalisant des essais sur le terrain avec un détecteur prototype. Celui-ci a pu détecter un objet en forme de boîte (cube: 375 mm x 375 mm x 375 mm) ou plus à une distance de 110 mètres sous bonne et mauvaise visibilités (Tableau 1). Notre but pour la détection des obstacles étant de détecter au moins les véhicules compacts à l'arrêt, le MR s'est révélé plus efficace que prévu.

**Tableau 1 Résultats des essais sur le terrain**

Sous bonne visibilité

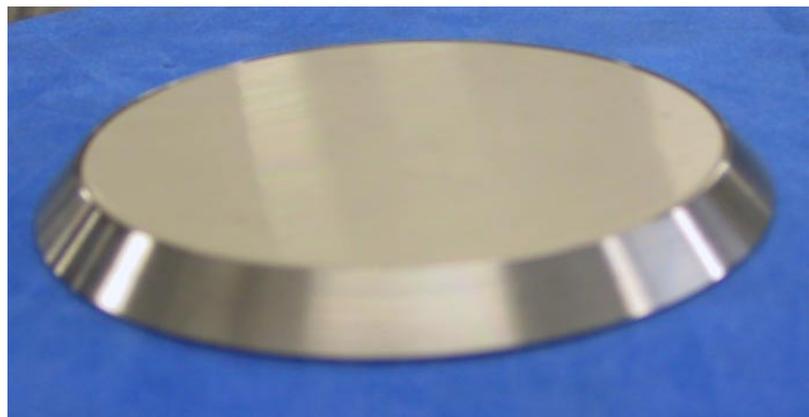
Obstacles Distance	50m	70m	90m	110m
Pneu	N/A	N/A	N/A	N/A
Cône en caoutchouc	○	○	N/A	N/A
Carton (300x400x290)	○	○	○	N/A
Carton (375x475x375)	○	○	○	○
Voiture compacte	○	○	○	○

Sous mauvaise visibilité

Obstacles Distance	50m	70m	90m	110m
Carton (375x475x375)	○	○	○	○

### 2.3.4 Marqueur de voie magnétique

Les marqueurs de voie magnétiques prévus pour empêcher les véhicules de sortir des voies devraient aussi être efficaces pour la gestion des routes à mauvaise visibilité. Ce dispositif a été développé pour le système autoroutier d'assistance à la conduite avancé. Après près de cinq années de recherches et d'essais effectuées par le Ministère des infrastructures terrestres et du transport, nous avons repris cette recherche et finalement établi un modèle pilote (Figure 8). Au printemps dernier, le premier tronçon avec équipements ITS incluant des marqueurs de voie magnétiques a été ouvert. Nous pensons aussi appliquer les marqueurs au guidage des véhicules.



**Figure-8 Marqueur de voie magnétique Modèle Pilote**

### 2.3.5 Analyse du bénéfice et du coût

Une analyse abrégée du bénéfice et du coût a été réalisée pour deux emplacements d'autoroute spécifiques où un brouillard dense apparaît très fréquemment, et où la fermeture de route est inévitable.

L'un est l'autoroute Kan-etsu (Shibukawaikaho – Numata : 22,4 km) avec 200 heures de fermeture annuelle dues au brouillard dense, et l'autre, l'autoroute d'Oita (Yufuin – Oita, et Hayami – Jonction Hiji: 42 km) avec 270 h de fermeture annuelle. L'analyse effectuée sur 10 ans a justifié ce plan d'activités quand la circulation est dense, c'est pourquoi ce projet sera possible quand la technologie de sécurité ITS sera plus développée dans l'avenir. Dans cette analyse, le coût de l'équipement de bord, le coût de fonctionnement et le coût des infrastructures routières sont considérés comme coût initial (Tableau 2).

**Tableau 2 Coût initial du système**

		Autoroute Kan-etsu Shibukawaikaho - Numata	Autoroute d'Oita Yufuin – Oita Hayami – Jonction Hiji
Coût de l'équipement de bord	Véhicule de patrouille	100 (2 véhicules)	150 (3 véhicules)
	Véhicule de guidage	800 (16 véhicules)	900 (18 véhicules)
Coût de fonctionnement		1.370 (83 pers.)	1.730 (93 pers.)
Infrastructures routières	Marqueurs de voie	2.690	4.040
	Communication	3.700	6.200
Coût initial		8.700	13.000

(milliers de \$US)

La valeur du temps perdu et du coût de la conduite pour les conducteurs à la fois sur l'autoroute et sur une route de remplacement en cas de fermeture d'autoroute est comptée comme coût des dommages (Tableau 3).

**Tableau 3 Coût des dommages**

		Autoroute Kan-etsu Shibukawaikaho - Numata	Autoroute d'Oita Yufuin – Oita Hayami – Jonction Hiji
Utilisateurs de l'autoroute	Perte de temps	5.010	4.680
	Coût de la conduite	230	230
Total: Utilisateurs d'autoroute		5.240 (67%)	4.910 (48%)
Utilisateurs d'une autre route	Perte de temps	1.740	4.670
	Coût de la conduite	60	150
Total: Utilisateurs d'une autre route		1.800 (23%)	4.820 (47%)
Total utilisateurs		7.040	9.730
JH	Revenu total	780 (10%)	480 (5%)
Total des dommages		7.820	10.210

(milliers \$ US)

L'analyse du bénéfice et des coûts estimés sur 10 ans a montré que le rapport bénéfice/coût avec marqueurs de voie était de 2,1 pour l'autoroute Kan-etsu et de 2,2 pour l'autoroute d'Oita, et que la part avec marqueurs de voie est de 1,7 pour la première et de 1,8 pour la seconde (Tableau 4). Cette stratégie est donc jugée avantageuse.

**Tableau 4 Analyse du bénéfice et du coût**

	Autoroute Kan-etsu Shibukawaikaho - Numata	Autoroute d'Oita Yufuin – Oita Hayami – Jonction Hiji
Bénéfice du système (/an)	5	7
B: Bénéfice de la valeur actuelle (/10 ans)	36	53
Coût initial du système avec marqueurs de voie	9	13
C': Coût de la valeur actuelle (/10 ans)	21	29
Rapport coût-bénéfice avec marqueurs de voie (B/C')	1,7	1,8
Coût initial du système avec marqueurs de voie	6	9
C: Coût de la valeur actuelle (/10 ans)	17	24
Rapport coût-bénéfice sans marqueurs de voie (B/C)	2,1	2,2

(millions \$US)

### 2.3.6 Véhicule de gestion pilote

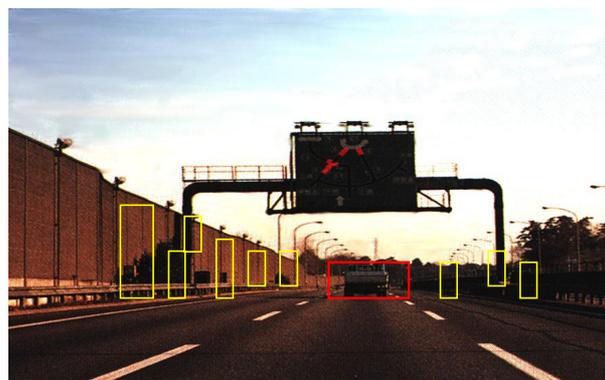
Un véhicule de gestion pilote a été mis au point pour assurer le “guidage des véhicules” et l’appliquer sur des sites à problèmes de mauvaise visibilité. Ce véhicule est équipé du détecteur de bord précité, d’une caméra CCD et d’un système distinguant les obstacles des installations routières le long de l’autoroute (Figures 9 et 10). Les premiers essais sur le terrain, qui viennent d’être réalisés avec ce modèle pilote achevé au printemps dernier, ont montré que le détecteur de bord pouvait détecter certains obstacles, tels que véhicule compact ou carton, avec au moins 50 ou 70 m d’avance, et les distinguer des installations routières comme panneaux routiers et garde-fou. Il est actuellement prévu d’introduire ce modèle pilote sur l’autoroute d’Oita précitée, et d’autres essais sous les conditions locales devraient être réalisés. Nous envisageons aussi d’appliquer ce système dans des régions à chutes de neige abondantes, et prévoyons maintenant de nouveaux essais sur le terrain pour vérifier s’il est efficace sous fortes chutes de neige et brouillard dense.



**Figure 9 Véhicule d’exploitation pilote**

### 3. Conclusion

Les autoroutes jouant un rôle de plus en plus important dans la vie sociale japonaise, la réduction des problèmes de circulation pendant l’hiver peut être considérée comme un devoir pour les gestionnaires des routes. La tendance à la promotion de l’ITS se renforce depuis quelques années. Nous étudions actuellement des mesures utilisant les technologies ITS, ainsi que les technologies existantes, pour réduire les problèmes de circulation. Nous essaierons d’améliorer la commodité pour les utilisateurs et l’efficacité de gestion des routes en utilisant activement les technologies ITS.



**Figure 10 Image du système de détection d’obstacles**