

SYSTEMES D'ELIMINATION DE LA NEIGE ET DU VERGLAS POUR LES AUTOROUTES JAPONAISES

Hisashi Iwata*, Tsutomu Nakanishi*, Toshifumi Watanabe**

*Section du Tohoku

Japan Highway Public Corporation
3-2-1 Chuo, Aoba-ku, Sendai, Miyagi, Japon
TEL: +81-22-711-6411, FAX: +81-22-711-6397
E-mail: Hisashi_Iwata@gw.japan-highway.go.jp

** Section du Hokkaido

Japan Highway Public Corporation
5-12-30, Ooyachi-nishi, Atsubetu-ku,
Sapporo-shi, Hokkaido, Japon
E-mail:
Satoshi_1_Watanabe@gw.japan-highway.go.jp

1. Introduction

Le projet d'aménagement du réseau national d'autoroutes du Japon porte sur 11.520 km, dont environ 6.850 km sont actuellement ouvertes à la circulation. Japan Highway Public Corporation (ci-après désigné JH) est l'organisme gouvernemental chargé de la construction et de la gestion de ces autoroutes. Environ 50% du réseau d'autoroutes actuel traverse la zone froide enneigée (hauteur de neige moyenne décennale: plus de 30 cm), et dans les autres zones, la plupart des routes subissent des chutes de neige plusieurs fois par an. Pour l'élimination de la neige/du verglas sur les autoroutes, la saisie et la prédiction des conditions climatiques et de l'état de la route en changement continu et l'exécution des opérations adaptées en temps voulu sont essentielles. JH étudie l'application de divers systèmes pour réduire les obstacles à la circulation dus aux chutes de neige et au gel de la surface de la route. Cette thèse donne un aperçu du système de gestion des autoroutes japonaises en hiver, et résume un système visant le renforcement et le perfectionnement des opérations d'élimination de la neige/du verglas et son état de développement.

2. Climat hivernal au Japon

Le Japon est un archipel entouré de la mer de toutes parts, et sa situation et les vents saisonniers d'hiver rendent les chutes de neige très importantes. Le volume des chutes de neige en hiver (décembre – avril) atteint 1.000 mm dans certaines zones de la région du Hokuriku. Par ailleurs, se situant entre 30 et 45° de latitude nord, le Japon bénéficie d'un ensoleillement important même en hiver, aussi le cycle de fonte de la neige accumulée sur les routes pendant la journée et de gel pendant la nuit se répète-t-il dans beaucoup de cas. Par conséquent, les variations de l'état de la surface de la route sont importantes selon les heures et les emplacements, ce qui rend la gestion difficile en hiver.

3. Gestion actuelle des routes en hiver et problèmes

(1) Gestion des autoroutes en hiver de JH

JH a établi des bureaux d'élimination de la neige/du verglas tous les 60 – 100 km et de bases opérationnelles tous les 10 – 20 km qui collectent des informations et gèrent les opérations 24 h sur 24. La Fig. 1 montre la longueur gérée de l'ensemble des autoroutes et le coût de l'élimination de la neige/du verglas. Le coût de l'élimination de la neige/du verglas a tendance à augmenter avec l'accroissement de la longueur des autoroutes en service, et une plus grande économie et efficacité est requise.

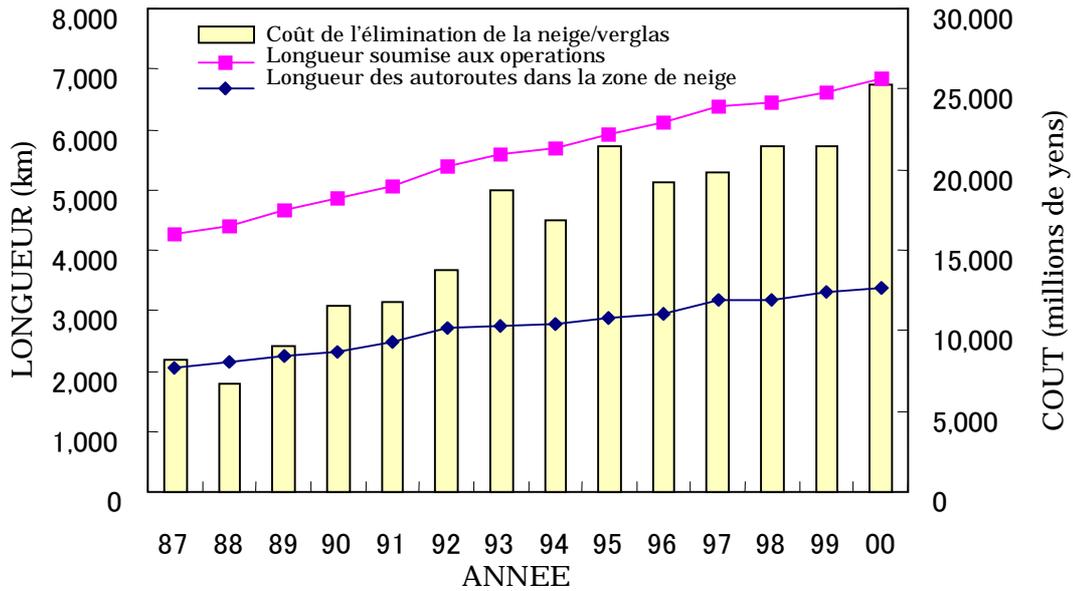


Figure 1 Longueur des autoroutes concernées et coût de l'élimination de la neige/verglas

① Collecte d'informations météo et prévisions météo

La collecte d'informations météo et les prévisions météo sont essentielles pour établir des systèmes d'élimination de la neige/du verglas et exécuter les opérations d'élimination. Pour la collecte d'informations météo, les données des stations d'observation météo installées le long de la route (voir le Tableau 1) sont transmises aux bases par câbles à fibres optiques, et des véhicules de gestion collectent des données.

Des contrats ont été conclus avec des consultants pour les données climatiques de zone élargie, et les conditions météo et les prévisions des chutes de neige par région sont obtenues en ligne par ordinateur et périodiquement par fax. Les données d'observation climatique le long des autoroutes sont aussi envoyées en ligne par les consultants météo en complément pour la prévision des données climatiques de zone élargie.

Tableau 1 Systèmes d'observation météo

	Tout le Japon		Régions froides		Autres régions	
	Nombre	Intervalle (km)	Nombre	Intervalle (km)	Nombre	Intervalle (km)
Systèmes	829	8	292	8	537	8
Thermomètre température de la surface	962	7	453	5	509	9
Thermomètre température atmosphérique	765	9	277	8	488	9
Pluviomètre	740	9	260	9	480	9
Anémomètre	678	10	259	9	419	11
Capteur de précipitations	545	12	198	11	347	13
Indicateur de visibilité	91	19	3	12	88	26
Indicateur de visibilité de type rediffuseur	263		178		85	
Equipement ITV	385	17	93	24	292	15

* Mars 2000

② Opérations de déneigement

Le déneigement est assuré répétitivement par 2 ou 3 chasse-neige grande vitesse prévus pour éliminer la neige sur deux voies dans un sens de sorte que la couche de neige sur la route reste grosso modo au-dessous de 5 cm. La neige tassée est évacuée par des niveleuses sur chenilles et niveleuses.

La neige dégagée et accumulée sur les accotements est encore projetée loin des autoroutes par les turbines à neige. Quand la neige se trouve sur un pont ou une route surélevée et ne peut pas être projetée à cause des habitations voisines, elle est transportée par camions bennes jusqu'à des décharges de neige en dehors de la zone d'autoroute. Ces opérations sont réalisées par des sociétés privées locales, sous la supervision de JH.

③ Mesures antigel

Dans les zones montagneuses, les mesures antigel constituent un élément important des mesures d'élimination de la neige/du verglas parce que fréquemment la neige fond pendant le jour et il gèle pendant la nuit. Le répandage de chlorure de sodium par véhicules est une des principales mesures antigel. Du sel humide est principalement répandu, mais aussi des solutions salées et du sel sec. Les quantités de produits antigel répandues dépendent des conditions météo, mais sont d'environ 150.000 – 200.000 tonnes par an (8 t/voie.km).

Des équipements de répandage stationnaires sont utilisés sur les sections en pente raide des voies principales et rampes de raccordement, les produits chimiques antigel répandus sont récupérés et réutilisés pour réduire l'impact sur l'environnement. De plus, des équipements de fusion de la neige sont introduits pour éviter le gel aux péages et aux entrées/sorties de tunnel où le déneigement mécanique est difficile. (Tableau 2)

Tableau 2 Equipement de fusion de la neige

Equipement de fusion de la neige par arrosage d'eau	261
Chauffage de la route	498
Equipement de fusion de la neige par chauffage de la route	64
Equipement de répannage de solution	59 km (réutilisé: 23 km)

* Mars 2000

(2) Problèmes de gestion des routes en hiver

La fermeture de route est le premier problème pour l'assurance de la circulation sur les autoroutes en hiver.

Le Tableau 2 décompose les causes des fermetures de routes au cours des trois dernières années. La figure indique qu'environ 65% des fermetures d'autoroute de tout le pays sont dues à de mauvaises conditions climatiques (26.755 heures.zone/an) , et de plus, que la neige compte pour 60% de ces mauvaises conditions climatiques. Les fermetures dues à la neige se divisent en détérioration de l'état de la surface et limitation de la visibilité. Réduire au minimum la détérioration de l'état de la surface exige des mesures d'élimination de la neige/du verglas complètes (dénéigement et répannage de matériaux antigel). Mais ces mesures ont jusqu'ici beaucoup dépendu du jugement de techniciens expérimentés parce qu'il s'agit d'opérations liées au temps, qui fluctue considérablement selon les heures et les lieux. Avec le prolongement des autoroutes en service, nous étudions actuellement le développement d'un système de jugement des opérations à effectuer scientifique reflétant un volume plus important de données pour remplacer les techniciens expérimentés. Pour les mesures de limitation de la visibilité dues aux tempêtes de neige et aux déplacements de neige, nous avons introduit un système de convoi dans lequel un véhicule de gestion à équipement spécial conduit une file de voitures ordinaires.

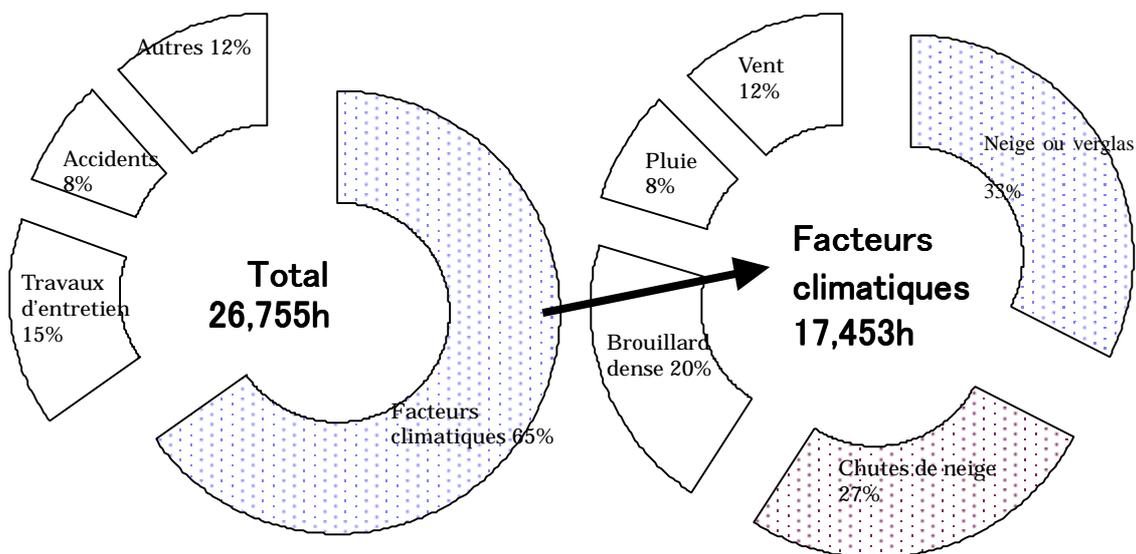


Figure 2 Causes des fermetures sur les autoroutes interurbaines (97-99)

4. Résultat faisant objet du système

Les objectifs du système de gestion des routes en hiver de JH sont comme suit:

- ① Amélioration du niveau du service: Il sera plus facile de rouler sur la route et les fermetures seront réduites par la réalisation d'opérations de gestion rapidement et précisément.
- ② Uniformisation des opérations: Mécanisation et robotisation selon la teneur des opérations par systématisation des opérations (modélisation).
- ③ Diminution du coût: Le coût des opérations d'élimination de la neige/du verglas sera réduit par l'efficacité accrue, et l'évaluation post-opérations sera possible par analyse des données du système.
- ④ Réduction de l'impact sur l'environnement: L'impact sur l'environnement sera minimisé et l'impact sur les installations des autoroutes diminué par utilisation de la quantité optimale de produits chimique antigel.

5. Développement d'un système soutenant la gestion des routes en hiver

JH effectue actuellement des recherches et développements sur divers systèmes en vue d'une gestion des autoroutes plus efficace en hiver, et des essais de vérification sur autoroute réels.

Le système de gestion de la neige/du verglas consiste en quatre phases: ① collecte de données météo sur les autoroutes, ② prévision des changements d'état de la surface, ③ gestion du déneigement et ④ enregistrement automatique des opérations. JH est en train de développer un système pour chaque phase en vue de la création d'un système intégré.

① Collecte de données météo sur les autoroutes

Des capteurs pour véhicule sont développés pour perfectionner les techniques de captage de l'état de la surface. Le capteur de véhicule saisit en continu l'état de la surface, la densité de sel et la température de la surface.

② Prévision des changements d'état de la surface

Des informations sont obtenues de consultants météo sous contrat pour la prévision météo sur zone élargie. Les données météo disponibles le long des autoroutes sont transmises en ligne aux consultants météo pour permettre d'améliorer la précision des prévisions postérieures.

La température de la surface est appliquée pour les prévisions dans les zones étroites. Les prévisions de température de la surface sont faites en utilisant les données des observations des 5 dernières années pour l'analyse de régression multiple.

③ Gestion de l'opération

Le GPS (système de localisation par satellite) est utilisé pour la gestion des véhicules engagés dans les opérations de déneigement selon l'état spécifique de la surface. Le contrôle par GPS permet de saisir d'un coup d'œil l'état actuel des opérations.

④ Enregistrement automatique des opérations

Les trajets suivis par les véhicules de déneigement et de répandage de matériaux antigel, les heures et les détails des opérations peuvent être mémorisés automatiquement.

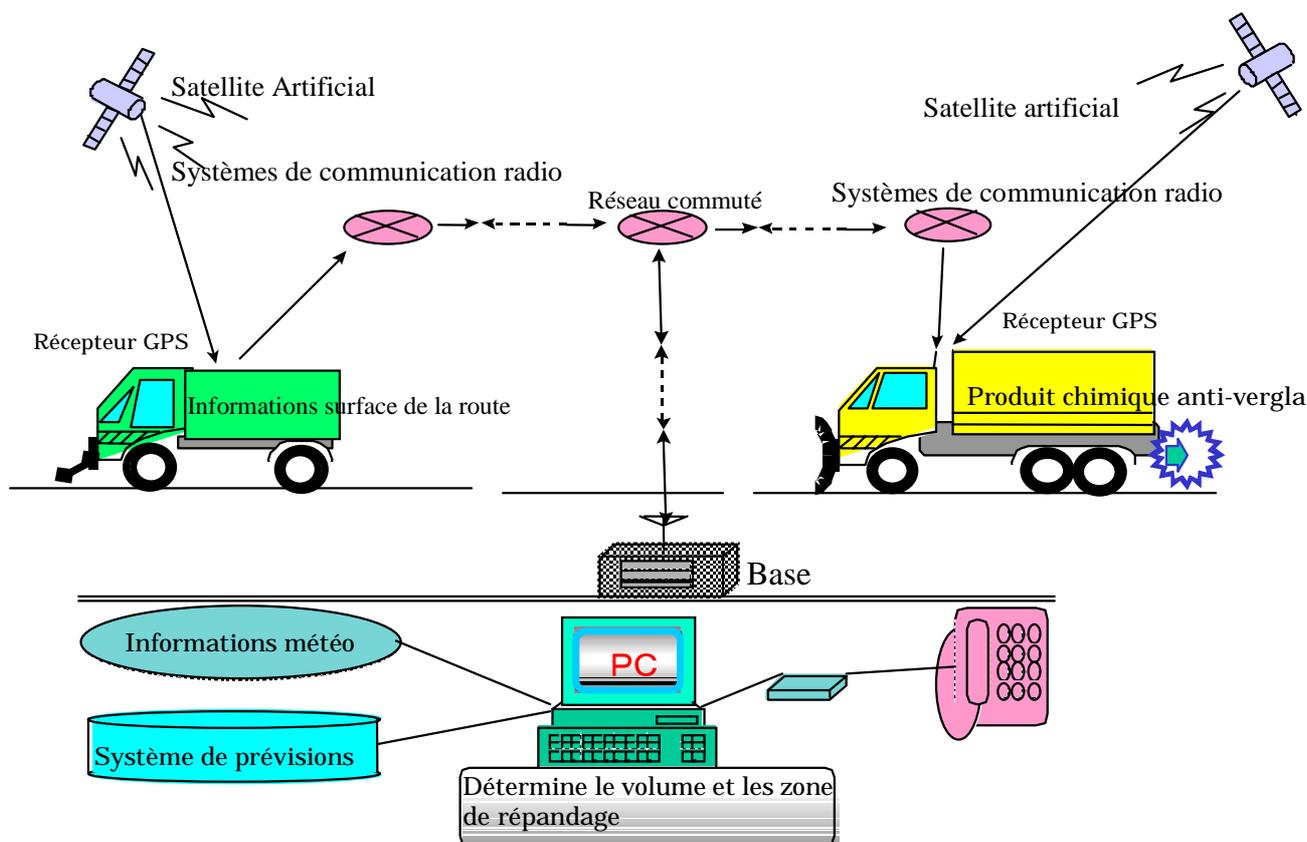


Figure 3 Concept du système des véhicules d'élimination de la neige et du verglas

- Un capteur monté sur un véhicule de patrouille surveille en continu l'état de la surface.
- Les données de surface obtenues sont mises en relation avec les données de position collectées par GPS.
- Les données de b sont envoyées en temps réel à la base par le système de communication radio du véhicule.
- La base fait alors des prévisions tenant compte des conditions actuelles (prévisions météo, prévision du gel).
- Des instructions de travail sont données aux véhicules de maintenance sur la base des prévisions.
- Les véhicules de maintenance effectuent les travaux en confirmant leur position par GPS.
- Les détails des travaux sont transmis à la base pour l'enregistrement des opérations.

5.1 Collecte de données sur les conditions météo et l'état de la surface

Actuellement, un appareil d'observation météo fixe ou des observations de visu par véhicule de patrouille mobile sont utilisées pour la saisie des conditions météo et de l'état de la surface. Mais ces méthodes présentent les problèmes suivants.

- Les informations obtenues avec l'appareil d'observation météo fixe sont des informations

ponctuelles, et il faudrait de nombreux équipements pour couvrir l'ensemble de l'autoroute qui subit l'influence de la structure de la route et de l'ensoleillement etc., ce qui serait très onéreux.

- ② L'observation de visu à partir de véhicules mobiles permet difficilement de saisir l'état de la surface quand la visibilité est mauvaise, et les jugements faits varient selon l'expérience des techniciens. Comme le contenu des données n'est pas numérisé, la création d'une base de données et d'un système sont difficiles.
- ③ Un indicateur de concentration de sel porté en main est utilisé pour la confirmation de la durabilité de l'effet du matériau antigel. Les opérateurs sortent du véhicule et font des relevés sur l'autoroute, ce qui peut être dangereux.

JH est ainsi en train de développer un véhicule d'observation en tant que système de collecte de données sur la surface des routes en hiver (Photo 1). Ce véhicule de patrouille, équipé de 3 capteurs (état de la surface, température de la surface, concentration de sel), permet la saisie linéaire continue de l'état de la surface, la vérification de la durabilité de l'effet des matériaux antigel, la saisie quantitative de l'état de la surface et la création d'une base de données.



Photo 1 Système d'observation continue de la surface

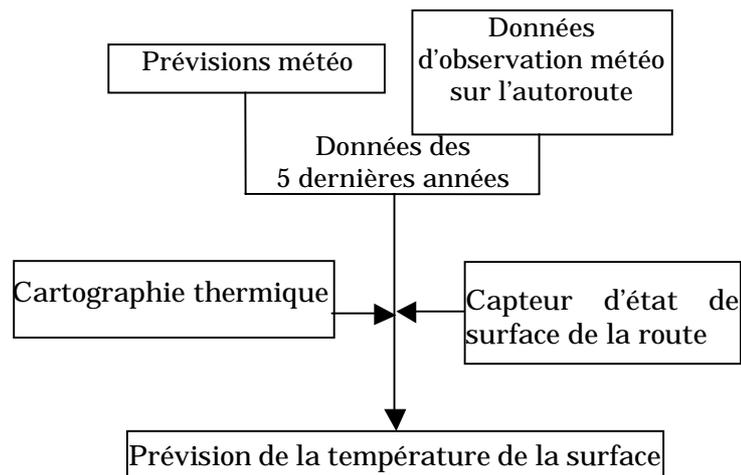
a) Capteur d'état de la surface

Le capteur d'état de la surface rayonne un laser pulsé infrarouge sur la surface, saisit la lumière dispersée ou réfléchiée pour déterminer la sécheresse, l'humidité, le gel, la neige ou la neige à moitié fondue sur la route. Ce capteur a été développé par amélioration du détecteur de gel de la surface stationnaire.

b) Equipement de mesure continue de la concentration de sel

Cet équipement échantillonne l'eau projetée par les pneus des voitures passant, pour mesurer la concentration restante de produits chimiques antigel. Ce capteur a été développé en améliorant pour l'installation sur véhicule un capteur de mesure de la concentration de sel de l'eau de mer. La mesure est électromagnétique (mesure de la conductivité électrique sans contact). La correction de la température est appliquée parce que la conductivité électrique varie en fonction de la température de l'eau. La source thermique du radiateur sert de dispositif antigel pour le capteur de concentration de sel.

c) Thermomètre infrarouge
Ce capteur a été développé en améliorant un thermomètre infrarouge basses températures existant pour l'emploi sur les véhicules; il mesure la température de la surface par saisie de la radiation infrarouge de la surface. Les données sont compilées en carte thermique.



5.2 Prévisions des changements de temps

La Figure 4 donne un aperçu du système de prévision de la température de la surface (gel) actuellement en cours d'introduction à JH.

Figure 4 Système de prévision de la température de la surface

Ce système prévoit les changements horaires de la température de la surface du soir (17 h) au matin suivant (9 h) (prévisions à long terme) et pour des périodes de trois heures (prévisions à court terme). Les prévisions à long terme assistent l'établissement d'un système de répandage de matériaux antigel, alors que les prévisions à court terme permettent de définir le moment voulu pour le répandage.

La Figure 5 donne des exemples de résultats de prévisions de la température de la surface. Les résultats sont généralement satisfaisants bien que la précision baisse tôt le matin à cause de l'ensoleillement. Ce système utilise une méthode statistique basées sur les données antérieures, c'est pourquoi la précision baisse à chaque changement des conditions météo, mais elle est corrigée par les prévisions à court terme. Actuellement, l'emploi des données de prévisions météo (données GPV) et de modèles physiques (modèles à bilan thermique) est aussi prévu.

De plus, les mécanismes de prévisions tenant compte des caractéristiques régionales sont aussi en cours d'analyser pour permettre la prévision des phénomènes météo généraux (le temps) pour répondre aux besoins des gestionnaires des routes. Les équipements d'observation météo sont également renforcés en fonction des besoins.

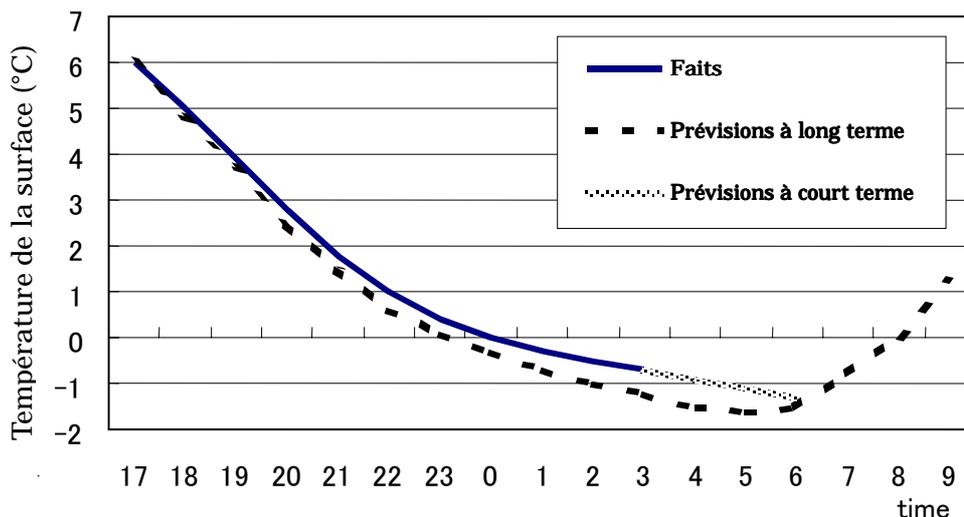


Figure 5 Système de prévision de la température de la surface

5.3 Gestion du déplacement des véhicules

Les bureaux disposant de nombreux véhicules d'élimination de la neige/du verglas ne peuvent pas assurer leur gestion uniquement manuellement, c'est pourquoi un système de gestion du déplacement des véhicules par GPS a été adopté. Ce système informe le bureau de gestion en temps réel du type de travail et de la position du véhicule grâce au récepteur GPS monté dans le véhicule. Un système de communication radio sans fil de gestion des routes est utilisé pour la transmission des données. La numérisisation des communications sans fil sera bientôt réalisée dans tout le Japon. Les bureaux de gestion affichent la situation des véhicules sur moniteur (Figure 6) et établissent des enregistrements automatiques des opérations. Ce système est applicable à un maximum de 200 véhicules.

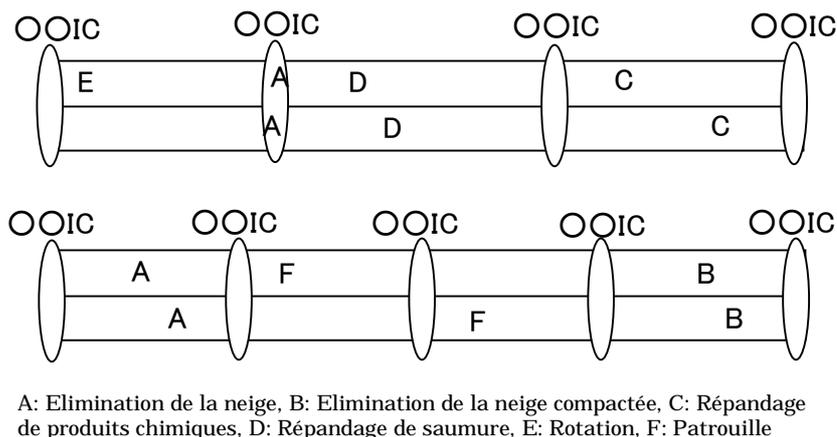


Fig. 6 Système de gestion du déplacement des véhicules

6. Conclusions

Cette thèse présente notre approche du système de gestion des routes en hiver. Actuellement, des systèmes sont développés séparément, mais l'application d'un système intégré devrait permettre dans l'avenir le déploiement rapide des véhicules et la réduction des fermetures de route. La Figure 7 donne une image d'ensemble du système. La création du système de gestion du déplacement des véhicules devrait permettre des opérations intelligentes et sophistiquées, ainsi qu'une gestion de l'élimination de la neige/du verglas adaptée aux conditions locales.

Comme l'indique la Figure 8, l'aménagement de l'environnement par coordination des quatre intervenants (conducteurs, police, constructeurs et gestionnaires des routes (JH)), devrait rendre le système de gestion des autoroutes en hiver plus efficace. Ces 4 intervenants doivent collaborer pour intégrer les gens, les autoroutes et les véhicules. C'est pourquoi JH insiste sur les activités de publicité, et poursuivra ses efforts en vue d'augmenter la confiance dans les autoroutes par l'assurance de la circulation en hiver.

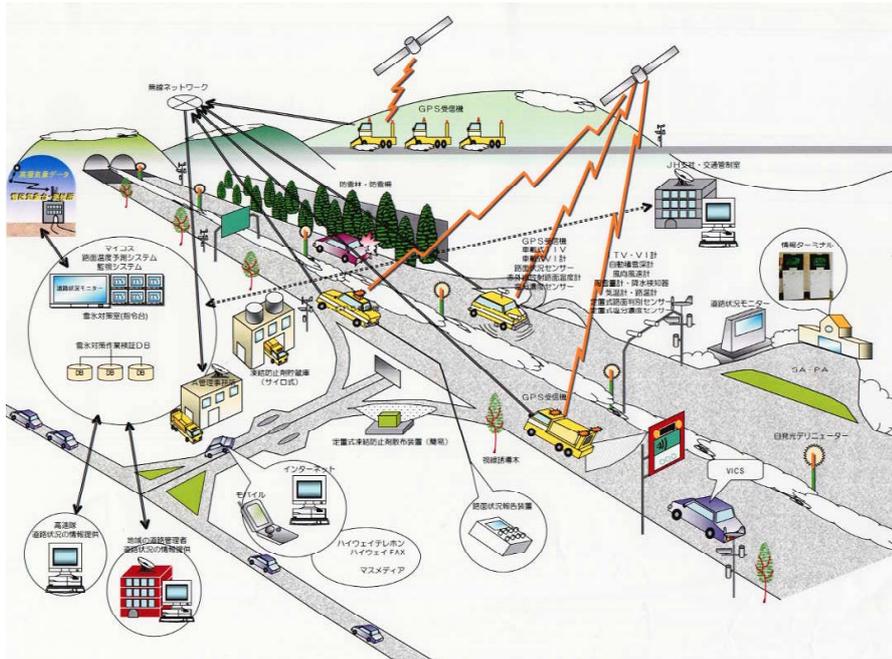


Figure 7 Image du système d'élimination de la neige/du verglas

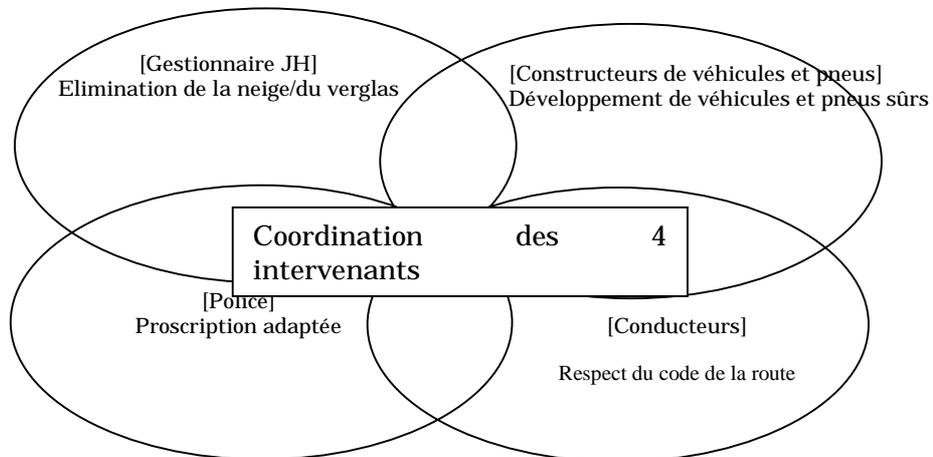


Figure 8 Maintien d' une circulation fluide en hiver