

FEUX DE CIRCULATION UTILISANT LES DEL POUR LES REGIONS ENNEIGEES

Yasuyoshi Morita^{*1}, Kazuyuki Nakayasu^{*2}, Shinya Munezawa^{*3}

^{*1} Commissariat central de Hokkaido
Nishi 7-Chome, 2-Jo Kita, Chuo-Ku,
Sapporo Hokkaido, Japan
tél: +81.11.251.01.10

^{*2}, ^{*3} Koito Industrial S.A
100 Maeda-Cho, Totsuka-Ku, Yokohama,
Kanagawa, Japan
tél:+81.45.826.67.99 / fax:+81.45.826.45.91
^{*2} E-mail: kazuyuki_nakayasu@koito-ind.co.jp
^{*3} E-mail: shinya_munezawa@koito-ind.co.jp

1. Résumé

Récemment un système de feu de circulation utilisant des DEL (Diodes Electro Luminescentes) a été révélé au grand public et (1) par rapport aux systèmes utilisant des lampes à incandescence, la luminosité de la surface lumineuse est bien plus intense et on a démontré la supériorité de tels systèmes sur ceux qui préconisent des lampes traditionnelles, (2) la longévité est fortement accrue, (de l'ordre de 30 à 50.000 heures) quasiment sans maintenance, (3) Le système permet des économies d'énergie de par sa faible consommation et par ses autres caractéristiques et dans les régions enneigées comme dans celles qui ne connaissent pas la neige, il est extrêmement fiable. En particulier il présente une visibilité améliorée et les résultats obtenus lors des expériences rapportées ici, font qu'il contribue grandement à la sécurité routière, en particulier pendant les chutes de neige, comme dans les cas de visibilité réduite. Inversement, les feux de signalisation à DEL sont économes en énergie par rapport aux systèmes utilisant les lampes à incandescence comme source lumineuse. En effet la chaleur dégagée est extrêmement faible, ainsi la température en surface de lentille est basse. Ceci ne peut contribuer à la fonte de la neige accumulée sur les lampes, si bien que la visibilité se trouve affectée ainsi que la distinction entre couleurs de feux est rendue quasi-impossible. On dit en général que l'accumulation de neige est influencée par des paramètres tels que la température extérieure ou celle de la lampe du feu, la vitesse du vent qui entrent en ligne compte. Lorsque le vent est plus faible ou plus fort, l'accumulation de neige devient plus difficile. Pour ce qui est des feux de circulation, étant donné qu'un capot recouvre la lentille pour éviter les reflets de lumière solaire, le vent qui vient souffler aux abords de la lentille est affaibli ou annulé, et la neige qui s'accumule au niveau de la lentille voit sa quantité diminuée.

Pour éviter l'accumulation de neige sur la lentille, on peut imaginer placer un 'élément chauffant destiné à faire fondre la neige, mais ceci annule d'un coup la composante économies d'énergie, une des caractéristiques importantes des feux de circulation à DEL. On a donc imaginé et mis en oeuvre un flux d'air destiné à empêcher l'accumulation de la neige. Lorsqu'une plaque destinée à empêcher l'accumulation de la neige, un flux assez important vient frapper de front la surface de la lentille du feu de circulation, l'air venant balayer vers le bas la neige accumulée ou vers la droite et la gauche selon les cas pour accélérer la fonte de la neige qui s'est accumulée. On a pu recréer au laboratoire des conditions expérimentales proches des conditions d'accumulation en chambre froide. Les résultats obtenus ont permis de confirmer l'utilité des systèmes de prévention de l'accumulation de neige au niveau des feux de circulation. Dans un proche avenir, on effectuera des expériences en extérieur pour confirmer les résultats de l'expérimentation en chambre froide, dans le but de créer un système efficace pour rendre plus

difficile encore l'accumulation de la neige sur les feux de circulation d'une part et pour résoudre le problème de la mauvaise visibilité par temps de neige, d'autre part.

2. Introduction

Les feux de circulation sont des éléments de la sécurité routière indispensables et leur maintenance doit être sans faute de même que la confiance mise dans leur mise en oeuvre. Pour cette raison, les éléments qui entrent dans leur conception ainsi que leurs différents composants, pour présenter la plus haute fiabilité et stabilité à long terme, exigent une extrême rigueur et un contrôle de qualité efficace au niveau de la conception, de la fabrication ainsi que de la maintenance. Par ailleurs au niveau de la luminosité qui doit être acceptable, les feux réclament une production lumineuse suffisante. Les feux de circulation mis en oeuvre dans les régions enneigées, en comparaison avec les régions plus chaudes où ne se pose pas le problème de la neige, nécessitent une partie de production lumineuse "anti-accumulation" et une lentille de diffusion lumineuse où la neige "n'adhère" pas. C'est en particulier à la suite de l'adhésion de la neige en grande quantité que la couleur du feu risque de ne pas être vue correctement par les conducteurs sur la route. Il est donc impératif de prendre toutes les précautions nécessaires pour résoudre ce genre de problème.

Dans cette publication, nous rappelons les résultats des expérimentations en chambre froide effectuées pour stimuler l'adhésion de la neige de manière à vérifier le phénomène sur les feux de circulation, ainsi que pour éviter l'adhésion au niveau des feux de circulation en cas de chutes de neige.

3. Adhésion de la neige en surface des lentilles des feux de circulation.

A propos de l'adhésion de la neige en surface des feux de circulation, on doit considérer l'adhésion à la surface des lentilles. Cette adhésion qui dépend de la quantité de neige ne permet pas parfois de distinguer la couleur du feu allumé, posant un problème important de sécurité routière. Les feux traditionnels comportent des lampes à incandescence de 60 - 70 Watts qui chauffent et empêchent l'adhésion de neige. Et même en cas d'adhésion de la neige, la chaleur dégagée permet à la fin de la chute de neige et à la diminution de la vitesse du vent de finir rapidement la fonte de la neige qui a pu adhérer. Ceci annule pratiquement l'effet sur la circulation.

Récemment, les feux de circulation que l'on commence à installer et qui sont équipés de DEL ont fait l'objet d'études de R&D et utilisant des éléments AlInGaP pour le rouge et le jaune ont une fiabilité et des performances accrues, et pour le bleu, on a fait appel à l'InGaN qui sont maintenant en phase opérationnelle. Par rapport aux feux de circulation à lampes à incandescence traditionnels, les feux à DEL présentent les avantages suivants: (1) La partie qui émet de la lumière le fait de manière uniforme sur toute la surface et la luminosité est meilleure que celle des systèmes utilisant les lampes à incandescence. (2) Leur durée de vie est longue (de 30 à 50 mille heures), la maintenance est nulle, (3) La faible consommation d'énergie permet d'appliquer un programme d'économies d'énergie.

Ces caractéristiques sont valables dans des régions enneigées comme dans les régions qui ne le sont pas, et apportent en particulier une sensible amélioration à la visibilité des feux de circulation. Du point de vue affaiblissement de la visibilité, on attendait des améliorations importantes au niveau de la sécurité routière mais dans les régions enneigées lors de la vérification des possibilités offertes par ces feux, leur positionnement et leur mise en oeuvre a montré que les

lentilles peuvent être l'objet d'une adhésion de neige en surface. Les DEL montées sur les feux à DEL sont en fait peu génératrices de chaleur et peu gourmandes en énergie par rapport aux lampes à incandescence utilisées traditionnellement, elles ne rayonnent pratiquement aucune chaleur ce qui facilite l'adhésion de la neige lorsqu'elle tombe sur les feux de circulation. Par ailleurs, lorsque le temps s'est remis le temps mis pour la fonte de la neige qui a adhéré est plus long que dans le cas des lampes conventionnelles. L'adhésion de la neige en surface de lentille est combattue plus lentement et nous nous attelons au problème. (Tableau 3-1)

Table 3-1. Comparaison de la consommation d'énergie et de la température à la surface de la lentille entre le feu à lampe à incandescence et le feu utilisant les DEL

	Consommation en énergie			Température à la surface de la lentille (Température extérieure et aspect à 10°C)
	Bleu	jaune	rouge	
Feux utilisant les DEL	16 W	13 W	12 W	1°C
Feux conventionnels	60 à 70 W	60 à 70 W	60 à 70 W	10°C

Dans le but d'éviter l'adhésion de la neige sur la lentille, on peut envisager les mesures suivantes:

- (1) Faire fondre la neige pour éliminer par la chaleur la neige qui adhère sur la lentille.
- (2) Eliminer la neige par la force du vent.
- (3) Empêcher l'adhésion de la neige par élimination de toutes aspérités en surface.

Au point (1), on a pensé faire fondre la neige ayant pu adhérer par un système chauffant, mais étant donné que les DEL sont par essence économes en énergie et dégagent peu de chaleur, les points (2) et (3) ont été privilégiés au niveau de la structure pour l'expérimentation.

4. Essai de mise en oeuvre de structures empêchant l'adhésion de la neige au niveau de la surface de la lentille

L'adhésion de la neige est habituellement considérée comme étant influencée par la température ambiante et la température de l'appareil, ayant lieu avec un vent constant, mais plus difficile quand le vent est plus faible ou plus fort.

Pour la partie éclairante des feux de circulation, on peut penser que la partie supérieure reçoit dans son ensemble la lumière solaire qui vient réchauffer la lampe lorsque le vent est nul ou faible, alors la neige n'adhère pas, car elle ne peut atteindre la surface de la lentille. Si la vitesse du vent surpasse celle qui est nécessaire pour que la neige atteigne la surface de la lentille, alors le vent arrive sur la lentille et le flux d'air se trouve défléchi de droite et gauche, et de haut en bas. Mais le capot qui se trouve sur la lentille réduit la vitesse du vent ou l'annule. En même temps, la neige apportée par le vent vient se placer en surface de la lentille, et on observe que la température de surface de la lentille, ainsi que la température ambiante se trouvent dans une certaine fourchette qui est favorable à l'adhésion de la neige sur la lentille. (Fig.4-1)

Lorsqu'un vent fort vient de face atteindre la surface de la lentille du feu de circulation, le capot placé au dessus de l'ensemble fait dévier le flux d'air vers le bas, et le capot placé immédiatement en dessous de la lentille agit en déviant un flux unique en laminaire vers le bas.

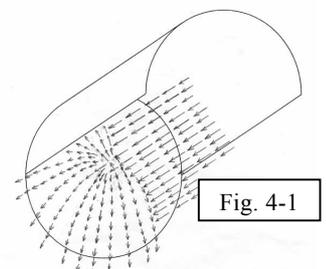


Fig. 4-1

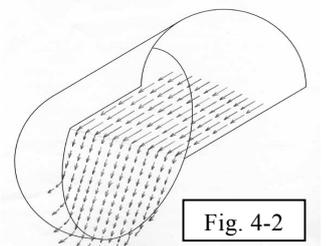


Fig. 4-2

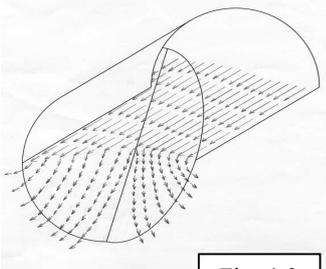


Fig. 4-3

D'après les conditions exposées ci-dessus, lorsque le vent souffle sur toute la surface de la lentille, le vent se trouve défléchi vers le bas et séparé à droite et à gauche par un déflecteur central installé en face de la lentille, en fait deux types de déflecteurs sont à l'étude. Nous avons testé ce matériel en chambre froide avec un générateur de neige artificielle et pu constater l'état de la neige.

a. Plaque de déflexion n 1 (surface plane) Fig.4-2

Plaque à surface plane et disposée à 20° devant la lentille en inclinaison vers le bas.

b. Plaque de déflexion n 2 (surface en V) Fig 4-3

Plaque en V inclinée vers le bas pour couper le flux vers la droite et la gauche devant la lentille

5. Expériences d'adhésion de la neige sur les feux de circulation

5-1. Conditions expérimentales

Nous avons combiné en chambre froide les paramètres des variations de température, de force de la chute de neige, de vitesse du vent et de son orientation, utilisant à la fois des feux de circulation à lampes à incandescence et des feux à DEL. Avec des surfaces de lentille dont on a étudié les tenues respectives à l'adhésion de la neige artificielle. L'expérimentation a été effectuée uniquement avec une unité verticale de feu de circulation, dans plusieurs systèmes de conditions expérimentales. Cependant considérant le flux d'air à proximité du feu à l'étude, nous avons fait les expériences en plaçant la lentille à l'étude directement sous le capot ou en maintenant la lentille fixe.

5-2. Méthode expérimentale

5-2-1. Matériel expérimental

Matériel expérimental : 4 systèmes utilisés.

(1) Feu de circulation pour les véhicules équipé de lampes à incandescence

(2) Feu de circulation pour les véhicules équipé de DEL

(3) Feu de circulation pour les véhicules équipé de DEL, sur lequel on a placé une plaque anti-adhésion de type 1 (plate)

(4) Feu de circulation pour les véhicules équipé de DEL, sur lequel on a placé une plaque anti-adhésion de type 2 (en V)

5-2-2. Conditions expérimentales

Chambre froide expérimentale et conditions d'environnement comme ci-dessous:

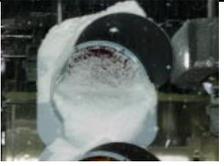
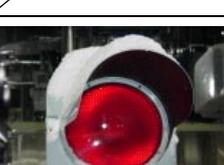
- (1) Chambre froide: Personne morale : Centre de recherches scientifique et technique sur la prévention des calamités naturelles
Succursale de Shinjo - Centre de recherches sur les sinistres dûs à la glace et à la neige de Nagaoka.
- (2) Fourniture de neige cristallisée (buse de diamètre 0.025mm)
- (3) Taux d'humidité (%) : 60 à 70
- (4) Température (°C) : -10 et -5
- (5) Force de la chute de neige (mm/h) : 35, 28, 21, 14 et 7
- (6) Force du vent (m/s) : 5.0, 4.0, 3.0, 2.0
- (7) Orientation du vent : de face

5-2-3. Activation des feux de circulation

Allumage pour réchauffer le feu: expérience en position feu allumé. Pour simuler l'utilisation réelle; en moyenne 30s. allumé et 30s. éteint, en alternance continue.

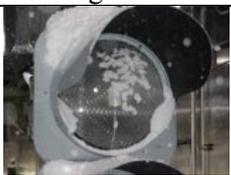
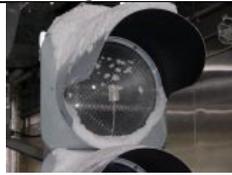
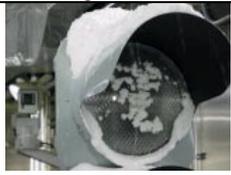
6. Résultats expérimentaux

6-1. Etat de l'adhésion de la neige sur le feu à lampe à incandescence

Température ambiante (°C)	Force de la chute de neige (mm/h)	Force du vent (m/s) : Etat de l'adhésion; photo prise 60mm après: Quantité de neige qui adhère (g)/ Température de surface (°C)			
		2 à 2.5	2.5 à 3.5	3.5 à 4.5	4.5 à 5
-10	28	 1 g/6.1°C	 76 g/5.7°C	 211 g/5.5°C	 429 g/10.2°C
	35	 7 g/6.0°C		 281 g/6.7°C	
-5	28		 55 g/8.1°C	 86 g/8.2°C	 213 g/9.6°C
	35	 1 g/-	 72 g/-	 95 g/-	

- (1) A la température de -5 et de -10°C, pour une vitesse de vent de moins de 2.0 m/s et pour une force de chute de neige de moins de 35 mm/h, dans le cas d'un feu à lampe à incandescence comme d'un feu à DEL, avec ou sans plaque anti-adhésion, on n'observe pratiquement pas d'adhésion de la neige.
- (2) Indépendamment de la force de chute de neige ou de la température, pour une vitesse du vent supérieure à 4.5 m/s, on observe une adhésion sur toute la surface de la lentille.
- (3) Pour une vitesse du vent supérieure à 2.5m/s mais inférieure ou égale à 4.5 m/s et à la température de -10°C, on a observé une certaine adhésion, mais lorsque la température ambiante monte à -5°C, on observe une adhésion au pourtour mais pas au milieu de la lentille.
- (4) On se place dans des conditions telles que la lampe à incandescence vient réchauffer la surface de la lentille à plus de +5°C dans cette expérience. Pour une température ambiante de -5°C, on a observé un effet anti-adhésion, alors qu'à -10°C, la neige qui a adhéré a tendance à tomber vers le bas.
- (5) Lorsqu'on a placé un capot en-dessous de la lentille du feu à lampe à incandescence, il se forme une fente de 15mm environ, qui favorise l'adhésion de la neige, si bien que l'adhésion est plus forte que dans le cas du feu à DEL.

6-2. Etat de l'adhésion sur le feu à DEL (Fig. 6-2)

Température ambiante (°C)	Force de la chute de neige (mm/h)	Force du vent (m/s) : Etat de l'adhésion; photo prise 60mn après: Quantité de neige qui adhère (g)/ Température de surface (°C)			
		2 à 2.5	2.5 à 3.5	3.5 à 4.5	4.5 à 5
-10	28	 1 g/-6.8°C	 48 g/-5.1°C	 136 g/-5.9°C	 298 g/-8.4°C
	35	 1 g/-6.4°C		 210 g/-6.2°C	
-5	28		 55 g/-4.5°C	 22 g/-5.1°C	 213 g/-4.5°C
	35	 0 g/-	 30 g/-	 45 g/-	

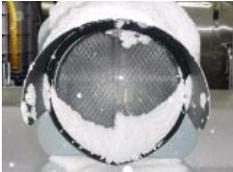
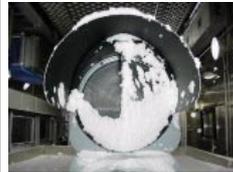
- (1) A la température de -5 et de -10°C, pour une vitesse de vent de moins de 2.0 m/s et pour une force de chute de neige de moins de 35 mm/h, dans le cas d'un feu à lampe à incandescence comme d'un feu à DEL, avec ou sans plaque anti-adhésion, on n'observe pratiquement pas d'adhésion de la neige.
- (2) Indépendamment de la force de chute de neige ou de la température, pour une vitesse du vent supérieure à 4.5 m/s, on observe une adhésion sur pratiquement toute la surface de la lentille.
- (3) Pour une vitesse du vent supérieure à 2.5 m/s mais inférieure ou égale à 4.5 m/s et à la température de -10°C, on a observé une adhésion sur pratiquement toute la surface, mais lorsque la température ambiante monte à -5°C, on observe une adhésion au pourtour et au milieu de la lentille en plus faible quantité cependant.
- (4) Pour toutes ces expériences, la température de surface de la lentille a été inférieure à -4°C.

**6-3. Etat de l'adhésion sur le feu à DEL équipé d'une plaque anti-adhésion 1 (plate).
(Fig. 6-3)**

Température ambiante (°C)	Force de la chute de neige (mm/h)	Force du vent (m/s) : Etat de l'adhésion; photo prise 60mn après: Quantité de neige qui adhère (g)/ Température de surface (°C)			
		2 à 2.5	2.5 à 3.5	3.5 à 4.5	4.5 à 5
-10	28	 4 g/-9.0°C	 73 g/-9.3°C	 117 g/-9.2°C	 256 g/-9.0°C
	35	 4 g/-9.3°C	/	 73 g/-8.9°C	 324 g/-6.9°C
-5	28	/	 28 g/-4.2°C	 42 g/-4.5°C	 180 g/-4.0°C
	35	/	/	/	/

- (1) A la température de -5 et de -10°C, pour une vitesse de vent de moins de 2.0 m/s et pour une force de chute de neige de moins de 35 mm/h, dans le cas d'un feu à lampe à incandescence comme d'un feu à DEL, avec ou sans plaque anti-adhésion, on n'observe pratiquement pas d'adhésion de la neige.
- (2) Indépendamment de la force de chute de neige ou de la température, pour une vitesse du vent supérieure à 4.5 m/s, on observe une adhésion sur pratiquement toute la surface de la lentille.
- (3) Pour une vitesse du vent supérieure à 2.5 m/s mais inférieure ou égale à 4.5 m/s et à la température de -10°C, on a observé une adhésion sur les 3/4 de la surface, mais lorsque la température ambiante monte à -5°C, on observe une adhésion au pourtour mais au milieu de la lentille une plus faible quantité a adhéré.
- (4) Pour toutes ces expériences, la température de surface de la lentille a été inférieure à -4°C.
- (5) Sous la plaque anti-adhésion 1, il se forme une fente de 5 mm environ, qui favorise l'adhésion de la neige, et l'adhésion y est plus forte.

6-4. Etat de l'adhésion sur le feu à DEL équipé d'une plaque anti-adhésion 2 (en V). (Fig. 6-4)

Température ambiante (°C)	Force de la chute de neige (mm/h)	Force du vent (m/s) : Etat de l'adhésion; photo prise 60mn après: Quantité de neige qui adhère (g)/ Température de surface (°C)			
		2 à 2.5	2.5 à 3.5	3.5 à 4.5	4.5 à 5
-10	28	 5 g/-9.5°C	 40 g/-9.8°C	 60 g/-9.4°C	 120 g/-9.5°C
	35	 5 g/-9.7°C		 41 g/-9.7°C	 157 g/-8.3°C
-5	28		 20 g/-4.6°C	 40 g/-4.3°C	 80 g/-4.6°C

- (1) A la température de -5 et de -10°C, pour une vitesse de vent de moins de 2.0 m/s et pour une force de chute de neige de moins de 35 mm/h, dans le cas d'un feu à lampe à incandescence comme d'un feu à DEL, avec ou sans plaque anti-adhésion, on n'observe pratiquement pas d'adhésion de la neige.
- (2) Indépendamment de la force de chute de neige ou de la température, pour une vitesse du vent supérieure à 4.5 m/s, on observe une adhésion sur les 3/4 de la surface, mais lorsque la température ambiante monte à -5°C, on observe une adhésion au pourtour mais au milieu de la lentille une plus faible quantité a adhéré.
- (3) Pour une vitesse du vent supérieure à 2.5 m/s mais inférieure ou égale à 4.5 m/s et à la température de -10°C, on a observé une adhésion sur environ 1/2 de la surface, mais lorsque la température ambiante monte à -5°C, on observe une adhésion au pourtour mais au milieu de la lentille une plus faible quantité a adhéré.
- (4) Pour toutes ces expériences, la température ambiante a été inférieure à +2°C.
- (5) Sous la plaque anti-adhésion 1, il se forme une fente de 5mm environ, qui favorise l'adhésion de la neige, et l'adhésion y est plus forte. Nous avons changé les conditions expérimentales pour supprimer la fente et améliorer l'efficacité de la plaque. A la température ambiante de -10°C, pour une force de chute de neige de moins de 28 mm/h, et pour une vitesse de vent de 5 m/s la quantité de neige observée est de 62 g; pour une vitesse de vent de 3.5 à 4.5 m/s elle est de 9 g, soit une diminution de moitié.

6-5. Vitesse du vent, force de la chute de neige et quantité de neige qui adhère

- (1) A la Fig. 6-5, nous comparons sur un graphique vitesse de vent et quantité de neige qui adhère et à la Fig. 6-6 il s'agit de la force de la chute de neige par rapport à la quantité de neige qui adhère. Pour les deux graphiques, la température ambiante est de -10°C.

- (2) Lorsque la force de la chute de neige augmente et que la vitesse du vent augmente on observe une augmentation de la quantité de neige qui adhère.
- (3) Lorsqu'on a placé un capot en-dessous de la lentille du feu à lampe à incandescence, il se forme une fente qui favorise une adhésion plus forte de la neige, mais sa surface est plus étroite que dans le cas du feu à DEL.
- (4) On a pu confirmer l'efficacité des deux modèles de plaque anti-adhésion pour empêcher l'adhésion de la neige, mais l'efficacité de la plaque en V est plus importante.
- (5) Il se forme une fente qui favorise une adhésion plus forte de la neige au niveau du bas de la plaque anti-adhésion et grâce à l'amélioration apportée dans la forme de la plaque, on a pu supprimer cette fente et réduire de 1/6 environ la quantité de neige qui adhère à ce niveau dans le feu à DEL.
- (6) La température en surface de la lentille à la vitesse de vent de 0 m/s, pour le feu à DEL augmente seulement de +5°C alors que l'on observe une augmentation de 15 à 20°C au-dessus de la température ambiante pour le feu à lampe à incandescence. Mais par l'utilisation de plaque anti-adhésion on arrive à un équilibre entre la température ambiante et la surface de la lentille. (Fig. 6-7)

7. Discussion des résultats

7-1. Feu à lampe à incandescence et feu à DEL

- (1) On n'observe pas d'adhésion de la neige à une vitesse de vent inférieure à 2 m/s, sans doute par la protection apportée par le capot présent dans tous les cas.
- (2) La température de la surface de la lentille du feu à

lampe à incandescence est dans tous les cas supérieure à +5°C même par -10°C de température ambiante et une vitesse de vent de 5 m/s. Dans nos conditions expérimentales, même pour une température de surface de la lentille de +10°C on a observé une adhésion de neige, mais comme on peut le voir sur la photo, la neige qui adhère est influencée par la température de la surface, givre et tombe vers le bas de la lentille. Par conséquent au cours de la chute de neige, le vent et la neige produisent un abaissement sensible de la température en surface ce qui produit l'adhésion. Mais si la neige cesse, on a observé que la chaleur en surface fait remonter la température et que la neige est éliminée assez rapidement.

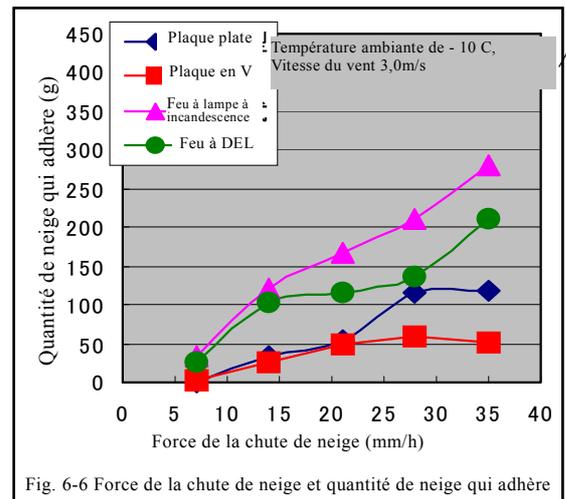


Fig. 6-6 Force de la chute de neige et quantité de neige qui adhère

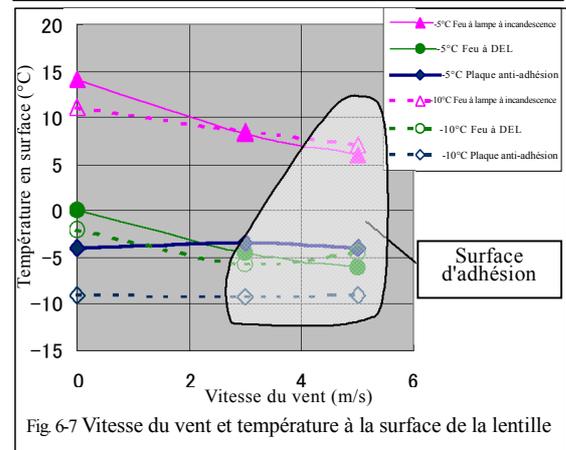


Fig. 6-7 Vitesse du vent et température à la surface de la lentille

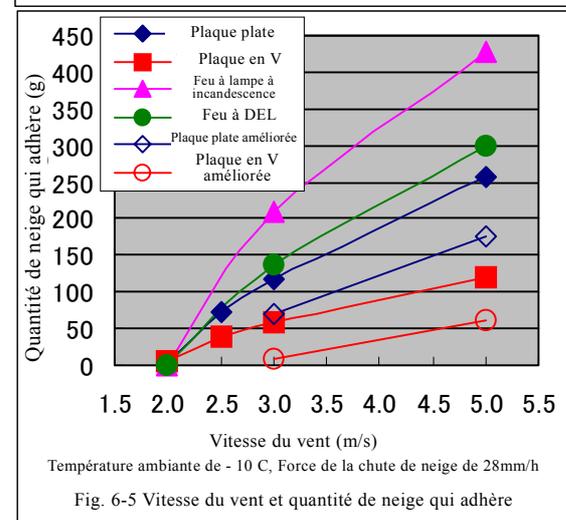


Fig. 6-5 Vitesse du vent et quantité de neige qui adhère

- (3) Dans le cas d'un feu à DEL, la température de la surface de la lentille est comme on pouvait le prévoir de +1 à +5°C au-dessus de la température ambiante. Par conséquent selon nos observations, si la température ambiante descend au-dessous de -10°C, l'adhésion se produit plus facilement que pour le feu à lampe à incandescence. Même si le temps se remet, la fonte de la neige restante est compartivement plus longue.

7-2. Plaque anti-adhésion

- (1) Nous avons utilisé deux types de plaques destinées, par un flux d'air à diminuer la quantité de neige qui adhère. Elles se sont avérées efficaces dans ce but avec les feux à DEL. Et en particulier avec la plaque en V qui produit une séparation du flux vers le bas s'est montrée intéressante pour répondre à notre attente, car elle empêche totalement l'adhésion de la neige.
- (2) La température de surface de la plaque est quasiment identique à la température ambiante, et à une température de -5°C et en-dessous, on ne peut s'attendre à la fonte de la neige par la chaleur de la lampe du feu. Par conséquent, l'adhésion de la neige est plus difficile, mais on a montré par nos mesures que la fonte totale prend aussi plus de temps, même si la neige cesse de tomber. Ainsi est-il désirable d'améliorer l'effet anti - adhésion dans ces conditions.
- (3) Il existe une protubérance au niveau du bas de la plaque anti-adhésion qui facilitent l'adhésion de la neige. Une plaque améliorée sans protubérance a été mise à l'essai. On a observé une diminution de la quantité de neige adhérente à 1/6 de la quantité mesurée sans plaque. Ceci peut être comparé à la diminution de 1/2 obtenue avec la plaque du feu à DEL. Nous pensons que l'absence de protubérance favorise le flux d'air et le rend plus efficace. On obtient ainsi un rendement anti-adhésion amélioré

8. Conclusions

Dans cette série d'expériences, en travaillant en chambre froide, nous avons montré que dans des conditions expérimentales bien définies on peut trouver les caractéristiques de l'adhésion de neige. Par ces résultats, nous avons montré également que selon les conditions expérimentales l'adhésion était plus ou moins forte dans le cas du feu à lampe à incandescence. Par ailleurs dans le cas de feu à DEL, par son caractère économiseur d'énergie, la température du feu reste faible et nous avons constaté que cela le rend plus vulnérable à l'adhésion de neige. De plus, nous avons pu montrer que pour empêcher l'adhésion de la neige en utilisant un système de flux d'air qui diminue l'influence de la neige, le feu doit répondre à des conditions bien définies.

Pour l'avenir, il nous reste à définir les différents types de neige, selon l'humidité ou le degré de dessiccation pour élucider les mécanismes mis en jeu, et à définir les divers matériaux pouvant être utilisés pour la lentille, de manière à expliquer l'adhésion de la neige. Enfin, par de nouvelles expériences, nous tenterons d'améliorer la visibilité des feux en extérieur en y empêchant l'adhésion de la neige, pour développer des feux de circulation plus résistants à l'adhésion de la neige et aux intempéries.