



National  
Defence

Défense  
nationale



# Droit au but

## Givrage au sol



Canada 

Directeur – Sécurité des vols  
Colonel C.R. Shelley

Rédacteur en chef  
Lieutenant Jazmine Lawrence

Assistant à la rédaction  
Capitaine Stéphane Paquet

Graphiques, conception et mise en page  
Caporal Éric Jacques  
Sous-lieutenant Chris Cole

*Drout au but* est une revue qui se concentre sur un seul sujet d'intérêt, et est publiée une fois par an par la Direction de la Sécurité des vols. Elle est distribuée aux abonnés de la revue *Propos de vol*. Les articles publiés ne reflètent pas nécessairement la politique officielle et, sauf indication contraire, ne constituent pas des règlements, des ordonnances ni des directives. Votre appui et vos commentaires sont les bienvenus pour les numéros subséquents de la revue *Drout au but*. Les textes soumis deviennent la propriété de la Direction de la Sécurité des vols et peuvent être modifiés quant à leur longueur ou à leur format.

Des efforts raisonnables ont été faits afin d'obtenir la permission des photographes pour inclure les photos contenues dans cette revue. Cependant, certaines sources n'ont pu être retracées. Prière de contacter l'éditeur si vous reconnaissez une photo dont vous êtes l'auteur et désirez que vos crédits soient inclus dans la version électronique de la revue.

Envoyer vos articles à :

Rédacteur en chef  
Direction de la Sécurité des vols  
QGDN/Chef d'état-major de la Force aérienne  
Bâtisse Mgén George R. Pearkes  
101 Colonel By Drive  
Ottawa (Ontario) Canada K1A 0K2

Téléphone : (613) 992-0198  
Télécopieur : (613) 992-5187  
Courriel : [Paquet\\_JS@Forces.gc.ca](mailto:Paquet_JS@Forces.gc.ca)

Pour abonnement, contacter : Éditions et services de dépôt, TPSGC, Ottawa, Ont. K1A 0S5 Téléphone : 1-800-635-7943 Abonnement annuel : Canada, 19,95 \$; chaque numéro 7,95 \$; pour autre pays, 19,95 \$ US, chaque numéro 7,95 \$ US. Les prix n'incluent pas la TPS. Faites votre chèque ou mandat-poste à l'ordre du Receveur général du Canada. La reproduction du contenu de cette revue n'est permise qu'avec l'approbation rédacteur en chef.

Pour informer le personnel de la DSV d'un événement URGENT relié à la sécurité des vols, contacter un enquêteur qui est disponible 24 heures par jour au numéro 1-888-WARN-DFS (927-6337).

La page Internet de la DSV à l'adresse [www.airforce.forces.gc.ca/dfs](http://www.airforce.forces.gc.ca/dfs) offre une liste plus détaillée de personnes pouvant être jointes à la DSV ou écrivez à [dfs.dsv@forces.gc.ca](mailto:dfs.dsv@forces.gc.ca).

ISSN 1916-5277  
A-JS-000-006/JP-030

Page couverture : *Un Aurora au dégivrage.*

Photo : APS Aviation

# Sommaire

Préface.....	3
<b>Givrage au sol</b>	
Du travail pour rien? .....	4
<b>La menace du givrage</b>	
Des conditions météo dangereuses pour vous .....	8
<b>Givre et opérations des aéronefs en conditions de givrage au sol.....</b>	<b>14</b>
<b>Aérodynamique et performances</b>	
Il ne suffit que d'un tout petit peu de givre! .....	17
→ <i>Collision avec le pont à Washington</i> .....	21
<b>Rendez-moi mon appareil!</b>	
Pression opérationnelle et dégivrage .....	23
→ <i>La performance sous pression</i> <i>Good Show remis au Capitaine Bonnie Blocka</i> .....	24
<b>Méthodes de dégivrage.....</b>	<b>25</b>
→ <i>Infiltration insidieuse</i> <i>Incident de Tutor</i> .....	26
<b>La physique et la chimie derrière les liquides de dégivrage et d'antigivrage .....</b>	<b>28</b>
<b>L'utilisation des liquides de dégivrage et d'antigivrage pendant les opérations givrantes au sol.....</b>	<b>31</b>
<b>Givrage au sol des hélicoptères .....</b>	<b>37</b>
<b>Équipement et infrastructure pour les opérations en conditions de givrage au sol.....</b>	<b>39</b>
<b>Vue de la nacelle .....</b>	<b>41</b>
→ <i>Accident de Mirabel</i> .....	43
<b>Du parking à la piste</b>	
Décisions du pilote en conditions givrantes au sol.....	44
→ <i>Accident d'un Challenger à Birmingham (Angleterre)</i> .....	49
<b>Opérations des FC à partir d'installations commerciales .....</b>	<b>50</b>
<b>Opérations hivernales</b>	
Une question de conscience de la situation .....	52
<b>Opérations en régions inhospitalières .....</b>	<b>55</b>
→ <i>La troisième chance</i> <i>Opérations SAR et capacité de dégivrage</i> .....	55
<b>Formation à l'intention du personnel au sol et des équipages de conduite .....</b>	<b>57</b>
<b>Références et ressources d'entraînement .....</b>	<b>59</b>
<b>Nouvelles technologies .....</b>	<b>60</b>
<b>Glossaire .....</b>	<b>63</b>

## Remerciements

Il convient de remercier un certain nombre de personnes bien informées non membres du MDN pour leur apport au contenu du présent document. Leurs contributions comprennent la fourniture de photos, de renseignements et de documents écrits. Ce sont, dans le désordre, : M. Kevin Williamson, expert en opérations en conditions givrantes au sol; le Commandant John Horrigan, Air Canada, sciences aéronautiques; M. Clint Tanner, Bombardier, sciences aéronautiques; M. John d'Avirro, APS Aviation Inc., à Montréal; M. Michael Chaput, APS Aviation Inc.; M. Doug Ingold, Transports Canada; M. Ron Tidy, Transports Canada; et M. Barry Myers, Centre de développement des transports, Transports Canada.

De nombreux membres du Comité permanent sur les opérations en conditions givrantes (SCOUC), de Transports Canada, ont généreusement consacré du temps, de leur expérience et de leur expertise à la création du Comité permanent sur les opérations en conditions givrantes (IOSC). La somme des connaissances qu'ils ont partagées a été très précieuse pour la production du présent document. Merci infiniment!



# Préface

## Le Colonel C.R. Shelley, directeur de la Sécurité des vols

J'ai le plaisir de vous présenter le premier numéro de *Droit au but*, dont le sujet est le givrage au sol. La Direction de la sécurité des vols a le mandat de faire de la promotion et de la sensibilisation autour de questions touchant la sécurité des vols. La publication de numéros spéciaux comme *Droit au but* est un excellent moyen de mettre en relief des préoccupations aussi importantes en matière de sécurité que le givrage au sol.

Grâce à leurs moteurs modernes et puissants, à leur avionique évoluée et à leurs structures aérodynamiques élégantes conçues par ordinateur, les avions d'aujourd'hui pourraient donner l'impression qu'ils ne sont pas autant touchés par le givrage au sol que les avions d'antan. Après tout, les liquides de dégivrage et d'antigivrage permettent de décoller par mauvais temps, et les installations et l'équipement sont facilement disponibles. Mais ne vous y trompez pas! Le givrage peut être tout aussi fatal aujourd'hui qu'il ne l'a jamais été et, comme le présent numéro vous le montrera, il constitue une menace permanente pour la sécurité des vols.

Une partie des raisons expliquant pourquoi le givrage au sol est maintenant une cause peu fréquente d'accidents d'aviation réside dans le fait que nous avons appris des dures leçons du passé et que nous sommes moins susceptibles de commettre les mêmes erreurs. Néanmoins, comme le montrent certains des articles, de graves accidents continuent de se produire à cause de conditions givrantes qui auraient pu être évitées ou qui n'ont pas été jugées menaçantes pour la sécurité. Notre objectif en préparant le présent numéro de *Droit au but* est de garder le sujet du givrage au sol bien d'actualité afin que nous n'oublions pas cette menace qui est plus omniprésente que jamais. Le présent numéro vous fera également part de l'important travail qui a cours dans les Forces canadiennes et ailleurs pour réduire encore plus cette menace que représente le givrage pour la sécurité aérienne.

J'attends avec impatience la publication d'autres numéros de *Droit au but* à l'avenir, lesquels traiteront de sujets tout aussi importants pour la sécurité des vols. ♦

## Le LCol A.M. Turkington et le LCol Colin Keiver, coprésidents du Comité permanent sur les opérations en conditions givrantes

En juin 2005, le Conseil d'examen de la navigabilité (CEN) des Forces canadiennes a ordonné la création du Comité permanent sur les opérations en conditions givrantes (IOSC) pour combler les vides dans le programme de dégivrage, étudier l'exigence visant à commencer à utiliser les liquides d'antigivrage, et raffiner les procédures opérationnelles connexes. Depuis, la rencontre annuelle a servi de moyen par lequel bon nombre de nos membres de la communauté militaire se réunissent pour faire la promotion de la sécurité des vols en conditions givrantes et, de ce fait, améliorer la capacité opérationnelle. À cette fin, des groupes de travail spécialisés ont été formés pour se pencher sur la formation et les normes, les liquides, l'infrastructure, l'environnement et le givrage des avions à voilure tournante. Récemment, l'IOSC a récolté le fruit de ses efforts lorsque les procédures d'opérations pour conditions de givrage des flottes de *Hercules* et d'*Aurora* ont été complétées. En janvier 2008, ces procédures étaient sur le point d'être approuvées.

Un des principaux objectifs permanents de l'IOSC consiste à favoriser et à appuyer les communications et le partage de l'information touchant aux opérations

des avions en conditions givrantes, tant au sol qu'en vol. Nous avons été grandement aidés dans nos efforts par nos collègues civils, qui ont partagé leurs connaissances des développements actuels et leurs meilleures pratiques dans ce domaine. Les spécialistes du MDN participent aussi avec intérêt à des activités et à des comités internationaux qui contribuent à faire progresser nos connaissances. Le site Web de l'IOSC renferme maintenant une grande quantité de renseignements qui peuvent constituer une référence précieuse et une ressource pour la formation. Nous vous encourageons à nous faire part de votre opinion et espérons que tous les membres des FC préoccupés par les opérations en conditions givrantes communiqueront avec l'IOSC par l'intermédiaire de son site Web (<http://winnipeg.mil.ca/a3mar/Docs/lcing%20info/lcing.html>) pour partager un rapport ou formuler des suggestions.

Comme co-présidents de l'IOSC, nous sommes heureux de voir que le sujet du premier numéro de *Droit au but* porte sur les opérations en conditions givrantes au sol. Comme vous le verrez dans tout ce numéro, le givrage est une réalité incontournable. ♦



# Givrage au sol

## Du travail pour rien?

par Alan White, P.Eng., chef d'équipe des sciences aéronautiques, Direction de la navigabilité aérienne et du soutien technique

### Est-ce vraiment utile?

*Pourquoi les FC consacrent-elles tant d'efforts à améliorer nos opérations par conditions givrantes au sol? Après tout, nous ne déplorons aucun accident lié au givrage au sol depuis des lustres.*

Vous faites probablement partie d'une des trois catégories suivantes de personnel navigant ou au sol: a) vous n'avez vu aucun titre de journal ces récentes années traitant d'accidents causés par le givrage au sol, donc vous concluez que le problème est réglé; b) vous relatez des anecdotes devant une bière en rappelant le jour où votre avion a tout juste franchi la cime des arbres après une décision hasardeuse de décoller; ou c) vous vous préoccupez du fait que les ressources et les procédures des FC sont moins avancées que celles du secteur civil pour ce qui est de la gestion du risque associé aux départs dans des conditions givrantes. Si vous êtes de la dernière catégorie vous devriez être félicités : vous êtes bien au fait de la situation des opérations des FC par conditions givrantes.

Le présent article explique pourquoi le sujet a reçu une très grande attention et a bénéficié d'importants efforts au cours des deux dernières décennies, et pourquoi les changements apportés par les gros exploitants civils ont nettement amélioré la sécurité. Ces changements sont maintenant en train d'être introduits au sein des FC, sous la direction du Comité permanent des opérations en conditions

givrantes (IOSC), avec le double objectif d'augmenter notre capacité opérationnelle et d'améliorer la sécurité de nos équipages et de nos passagers.

### Le nombre d'accidents : empiler jusqu'au point de chute

Le nombre d'accidents attribuables au givrage au sol dans les lignes aériennes au cours des années 1970 a augmenté lentement, mais plusieurs accidents très médiatisés au cours des années 1980 ont vraiment attiré l'attention de l'industrie, des organismes de réglementation et du public. Vous en trouverez un sommaire au *Tableau 1* et à la *Figure 1*. L'écrasement d'un vol d'Air Florida à Washington, dans la rivière Potomac, en 1982, a été un accident très largement médiatisé, faisant 78 victimes, dont 4 ne se trouvaient pas à bord de l'avion. On croit que le givrage au sol a été un facteur contributif important dans l'accident d'un DC8, à Gander, en 1985, et ce dernier s'est soldé par la perte de 256 vies humaines. En 1989, un F28 d'Air Ontario a tenté de décoller de Dryden (Ontario) alors qu'il y avait de la neige sur ses ailes et il s'est écrasé en faisant 24 victimes. Par la suite, une importante Commission d'enquête publique présidée par le juge Moshansky a été instituée, et nous y reviendrons un peu plus loin dans l'article. En 1991, dans ce qui a été appelé « le miracle de Stockholm », un MD 80 a subi l'extinction de

ses deux moteurs peu après le décollage à la suite de l'ingestion de verglas qui s'était détaché des ailes. L'avion s'est posé dans un champ, et le fuselage s'est disloqué en trois parties. Étonnamment, personne n'a été tué. D'autres accidents dignes de mention à cette époque se sont produits à Philadelphie (1985), à Denver (1987), à Cleveland (1991) et à La Guardia (1992). De nombreux accidents de l'aviation d'affaires et de l'aviation générale ont aussi attiré l'attention des spécialistes de l'industrie, sans toutefois susciter un intérêt plus marqué de la part des médias et du public. Une liste d'accidents au décollage causés par de la contamination par le givre et compilée en 2004 a permis de conclure que, dans l'ensemble, plus de 750 vies humaines et 22 aéronefs ont été perdus au cours des 36 années précédentes.



**Washington, 1982**





ANNÉE	ENDROIT	AÉRONEF	CAUSE
2004	St. Louis	Hansa	Moteurs
2004	Montrose	Challenger	Neige
2004	China	RJ	Givre
2002	Birmingham	Challenger	Givre
2001	Edinburgh	Shorts 360	Moteurs
2000	Moscow	Yak 40	Neige, décrochage
1993	Skopje	F 100	En instance
1992	La Guardia	F 28	Glace, décrochage
1991	Stockholm	MD 80	Verglas, moteurs
1991	Cleveland	DC 9	Glace, décrochage
1989	Seoul	F 28	Moteur
1989	Dryden	F 28	Neige
1989	Kimpo, Korea	F 28	Moteur
1988	Honshu, Japan	YS 11	Commandes, interruption
1987	Denver	DC 9	Neige
1985	Philadelphia	DC 9	Glace
1985	Minsk	Tu 134	Moteurs
1985	Gander	DC 8	Neige

**Tableau 1** : Sommaire d'accidents graves liés à des problèmes de givrage au sol depuis 1985. **En bleu** : vols d'affaires et vols cargo; **en jaune** : autres lignes aériennes; **en rouge** : lignes aériennes occidentales.

Au Canada, l'enquête Dryden (aussi appelée Commission Moshansky) a cerné un grand nombre de défaillances systémiques en plus des causes spécifiques de l'accident. Le rapport final comptait 1700 pages

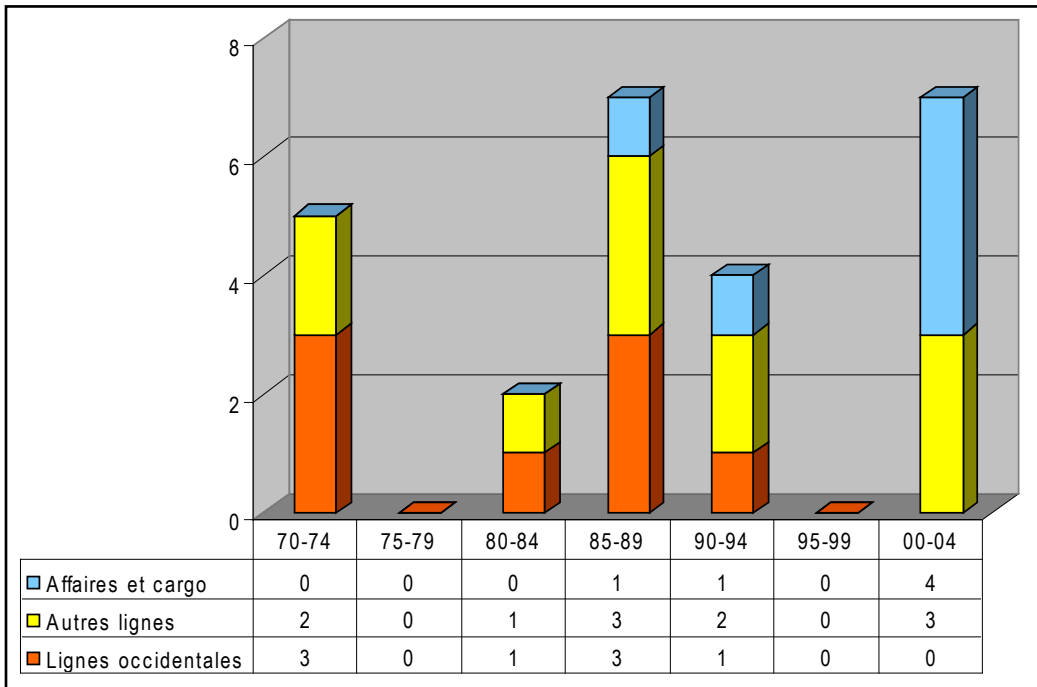
en quatre volumes et renfermait pas moins de 193 recommandations à portée étendue. Le gouvernement a décrété que d'importants efforts en vue d'améliorer la sécurité étaient nécessaires et il a débloqué des fonds

par l'intermédiaire de Transports Canada afin de mettre en œuvre les recommandations de la Commission. La construction de centres de dégivrage aux principaux aéroports est un exemple de changements découlant du Plan de mise en œuvre des recommandations de la Commission Dryden, qui est toujours en vigueur aujourd'hui (hiver 2007-2008).

**Liquides de dégivrage et d'antigivrage à la rescousse : un domaine émergent**

Les liquides de dégivrage à base de glycol sont utilisés depuis de nombreuses années, mais des accidents, dont plusieurs mentionnés précédemment, résultent toujours de perceptions erronées relatives à la capacité d'un liquide de dégivrage de fournir une protection pendant un certain temps dans des précipitations de neige ou des précipitations verglaçantes. Au cours des années 1980, les Européens ont pris l'initiative de mettre au point un nouveau type de liquide à appliquer après le dégivrage et qui

permettait d'augmenter considérablement la durée de protection. Cette catégorie de liquides est connue sous le nom de liquides d'antigivrage. Ces liquides ont d'abord fait leur apparition alors que très peu d'études scientifiques permettaient de déterminer la durée réelle de la protection ainsi que comment et quand il s'écoule de l'aile lors de la course au décollage. De toute évidence, il fallait une approche systématique pour déterminer le rendement de tous les liquides, se servir en toute sécurité de ces derniers et optimiser les procédures connexes. Le moyen qui a permis de réaliser



**Figure 1** : Sommaire d'accidents graves liés à des problèmes de givrage au sol entre 1970 et 2004. Les liquides d'antigivrage ont fait leur apparition vers la fin des années 1980, tandis que des programmes contre le givrage ont commencé à être appliqués au sein de lignes aériennes occidentales au début des années 1990.



**Denver, 1987**

Source : [www.baaa-acro/photos/DC-9-Continental-Denver.jpg](http://www.baaa-acro/photos/DC-9-Continental-Denver.jpg)

toutes ces actions est le Comité sur le givrage au sol « G-12 » de la SAE, présenté ci-dessous.

À la suite de nombreux accidents vers le début des années 90, le National Transportation Safety Board (NTSB) des États-Unis avait placé les questions liées au givrage en tête de liste des mesures requises de la Federal Aviation Administration (FAA) pour améliorer la sécurité. En réponse, la FAA a fourni des fonds pour aider les industries de l'aviation et de l'aérospatiale à former le Comité G-12 de la SAE. Ce comité est toujours très actif, comptant des groupes de travail spécialisés qui examinent tous les aspects des opérations en conditions givrantes. La participation est internationale et elle provient de tous les secteurs de l'industrie, notamment les constructeurs, les exploitants et les organismes de réglementation. Les

participants canadiens en sont venus à jouer un rôle de premier plan : tous les liquides sont maintenant testés au Canada et approuvés en fonction de normes SAE (AMS 1424 pour les liquides de dégivrage de Type I et AMS 1428 pour les liquides d'antigivrage de Types II, III et IV). Les durées d'efficacité publiées et utilisées à travers le monde résultent aussi des essais réalisés au Canada.

### Recherche et autres efforts de développement

Le facteur contributif commun à tout accident ou incident lié au givrage au sol est le temps lui-même. La recherche et le développement (R et D) à l'échelle internationale au cours des deux dernières décennies ont porté principalement sur le fait de comprendre le milieu hébergeant la menace. Les établissements de recherche du gouvernement et les services météorologiques ont

constamment amélioré les outils de mesure et la modélisation de l'atmosphère. Leur objectif consiste à améliorer l'exactitude et le moment opportun du compte rendu des conditions en cours ainsi que les prévisions à court terme. Cet objectif est critique pour la détermination

de la durée d'efficacité d'un liquide. Les efforts déployés ont apporté un avantage important dans la recherche visant à réduire les accidents en vol causés par le givrage.

Bien d'autres efforts de R et D ont porté sur l'équipement de détection pour de nombreuses bonnes raisons : aider les pilotes à décider si des contaminants adhèrent ou non aux surfaces critiques, réduire au minimum la quantité de glycol nécessaire pour permettre le décollage, fournir des solutions de rechange à l'utilisation du glycol, et assurer que les exigences réglementaires emboîtent le pas à une meilleure compréhension résultant de tout le travail accompli. Il y a régulièrement des forums internationaux qui permettent de partager l'information, et Transports Canada tient une réunion annuelle appelée Comité permanent sur les opérations en conditions givrantes (SCOUIC) pour informer pleinement les exploitants, les gestionnaires d'aéroports et les fournisseurs de services canadiens des progrès réalisés. Notre propre Comité permanent des opérations en conditions givrantes (IOSC) a reçu énormément d'aide de la part des membres du SCOUIC<sup>1</sup>.

### Tout mettre ensemble : programmes approuvés de lutte contre le givrage au sol

Une des caractéristiques les plus notables de presque tout rapport d'accident d'aviation récent est l'étendue variée des sujets qui doivent être traités, depuis les questions essentiellement techniques jusqu'à la formation et aux facteurs humains. Les conclusions de la Commission Moshansky montrent que le givrage au sol est une question encore plus complexe que la plupart des autres défis de l'aviation. Par exemple, la

<sup>1</sup> Nous reconnaissons l'aide remarquable apportée par les membres du SCOUIC à l'IOSC.



**Dryden, 1989**

Photo : Transports Canada



**Stockholm, 1991**

coordination entre les fournisseurs de services au sol, l'équipage de conduite et les contrôleurs de la circulation aérienne est un élément critique. De plus, la Commission a fortement critiqué la culture présente au sein de la ligne aérienne à l'époque. Transports Canada a réagi en introduisant une exigence destinée à tous les aéronefs de la catégorie transport exploités au sein de lignes aériennes pour que soit créé un programme approuvé de lutte contre le givrage au sol (AGIP). La Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis et les organismes de réglementation européens ont adopté des exigences similaires. Ces programmes visent à assurer que des normes soient définies pour chaque partie du processus, que le matériel approprié soit disponible et que tout le personnel soit formé de

façon suffisante. Ces programmes permettent aussi aux lignes aériennes et aux fournisseurs de services de comprendre les besoins et les ressources de l'autre, et de confirmer que les normes pertinentes sont respectées.

Transports Canada a publié

le document TP14052F *Lignes directrices pour les aéronefs – Lors de givrage au sol*. Il s'agit d'une présentation complète des éléments nécessaires à la constitution et à la gestion permanente d'un programme de lutte contre le givrage au sol.

### Quels résultats?

Au cours des dix années précédant 1992, il y a eu presque à chaque année un accident d'avion de ligne majeur entraînant de nombreuses pertes de vies. Entre 1992 et 2007, aucune des lignes aériennes ayant adopté les programmes structurés de lutte contre le givrage au sol décrits précédemment n'a subi d'accident. Les principaux aéroports au Canada sont pour la plupart équipés de centres de dégivrage, ce qui permet d'améliorer grandement le contrôle de la qualité de l'application des

liquides et de contrôler la circulation des avions entre l'aire de dégivrage et la piste. À l'heure actuelle, les préoccupations environnementales sur la fuite de glycol vers les nappes d'eau souterraines sont examinées d'une façon plus énergique. La quantité de liquide utilisée pour chaque dégivrage a constamment diminué, sans pour autant réduire les marges de sécurité, et les programmes de récupération et de recyclage des liquides deviennent de plus en plus efficaces.

La situation n'est pas aussi reluisante si l'on inclut les opérations de l'aviation générale et de l'aviation d'affaires, ainsi que les opérations des lignes aériennes dans des milieux où la réglementation est moins développée. Dans ces secteurs, les accidents continuent à se produire, même s'ils ont tendance à ne pas trop attirer l'attention de nos principaux médias. Il reste encore beaucoup à apprendre sur le givrage au sol et les défis associés à un décollage en toute sécurité pendant la saison hivernale.

### Et où en sommes-nous dans les Forces canadiennes?

« Les difficultés surgissent dans les menus détails » est une bonne façon de résumer le givrage au sol et la minutie nécessaire à des opérations sûres. Nous entamons une nouvelle ère dans les FC : nos efforts concertés doivent viser à faire nôtres les meilleures pratiques élaborées par nos homologues civils et à augmenter notre capacité opérationnelle par mauvais temps en hiver. Il y a déjà des signes très visibles de cette nouvelle ère, comme le début de l'utilisation du liquide d'antigivrage dans nos bases, mais vient aussi de pair la nécessité de se concentrer sur du travail moins excitant, comme l'élaboration de la formation et de normes. Rappelez-vous que ces meilleures pratiques évoluent et qu'elles sont raffinées constamment. Nous devons donc faire face à une cible mobile! ♦



**Birmingham, 2002**



# La menace du givrage

## *Des conditions météo dangereuses pour vous*

par Malcolm Imray, P.Eng., ingénieur en sciences aéronautiques, Direction de la navigabilité aérienne et du soutien technique

Le fait de vivre et de travailler dans un des pays les plus froids expose fréquemment les Canadiens à des dangers météorologiques auxquels bien d'autres gens ne sont exposés qu'occasionnellement. Dans l'aviation civile et militaire, le givrage et d'autres questions liées aux températures froides rendent les opérations en vol et au sol plus dangereuses que dans des climats plus tempérés. L'objet du présent article consiste à indiquer la nature de ces dangers et à montrer comment ils varient à travers le pays. Bien sûr, ces questions ne sont pas propres au Canada; les aéronefs des Forces canadiennes et leurs équipages peuvent trouver ces conditions dans bien d'autres endroits de par le monde, parfois même dans des endroits où le climat est chaud!

Le principal danger pour la sécurité des vols dans ces conditions est la contamination des surfaces critiques des aéronefs. La contamination se produit lorsque quelque chose adhère à la surface d'une partie critique de l'aéronef sur le plan aérodynamique et modifie sa forme, ce qui compromet sa capacité à produire des forces comme la portance et la traînée. Des pénalités générales touchant les performances sont également la conséquence de la contamination. Les contaminants comprennent des insectes morts sur les bords d'attaque des ailes et des pales de rotor, de la poussière et de la saleté sur les ailes, les empennages, les entrées d'air moteur et les aubes mobiles de compresseur, mais plus particulièrement de l'eau gelée sur n'importe laquelle de ces surfaces.

C'est l'eau gelée sous diverses formes qui a le plus grand effet sur la plupart des opérations parce qu'à elle seule elle a la capacité d'adhérer puis de s'accumuler en une grande masse et en un grand volume sur une très courte période, même lorsque l'aéronef est immobile.

Bien sûr, de l'eau gelée peut prendre plusieurs formes, comme le givre, la neige, la pluie verglaçante, le grésil et du brouillard selon les conditions régissant sa création. Par rapport au givrage au sol, le présent article portera sur les seules menaces qui nécessitent un dégivrage ou un antigivrage, ou les deux, ou une décision de ne pas décoller. Les conditions de givrage au sol pour lesquelles des tableaux de durée d'efficacité sont publiés par Transports Canada sont le givre actif, la bruine verglaçante, la neige ou les grains de neige, les précipitations verglaçantes, une légère pluie verglaçante, de la pluie sur une aile imprégnée de froid et d'autres précipitations. Les pilotes et les équipes au sol doivent comprendre ce qu'est vraiment chacune de ces conditions pour pouvoir utiliser convenablement les tableaux de durée d'efficacité. Chacun de ces phénomènes est abordé ci-dessous.

### **Le givre, magnifique mais mortel (voir page 14)**

Le givre fait partie de la vie au Canada et ailleurs dans le monde. Une toute petite quantité de givre peut avoir un effet remarquablement néfaste sur la portance, la traînée et la poussée.

Tout ce qu'il faut pour que se forme du givre, c'est une combinaison d'humidité suffisante et une surface à une température suffisamment basse pour déclencher la conversion de vapeur d'eau directement en glace sans passer par la phase liquide; c'est ce qu'on appelle la *précipitation*.

La gelée blanche (ou de rayonnement) est la forme la plus courante de givre créée lorsqu'une surface perd de la chaleur par refroidissement par rayonnement, habituellement dans le courant de la nuit par ciel clair et dégagé. La température de surface chute carrément sous la température de l'air ambiant, ce qui refroidit alors l'air environnant et précipite toute vapeur d'eau sur la surface sous forme de givre. Plus élevée est l'humidité, plus il y a accumulation de givre. Le lien entre le givre et les surfaces, comme les glaces de nos voitures et les ailes de nos aéronefs, est remarquablement fort et il faut beaucoup d'énergie pour le briser. Comme la vapeur d'eau passe directement à l'état solide, la glace qui est formée n'est pas lisse, mais elle se compose de cristaux de glace qui s'empilent les uns sur les autres pour former une surface texturée blanche qui pourrait même ne pas être continue. La rugosité de surface qui en résulte varie aussi selon l'humidité, la température et la durée pendant laquelle l'accumulation se poursuit. N'oubliez pas que même une couche de givre ayant la rugosité d'un papier de verre à grain moyen peut réduire la portance de 30 % et augmenter la traînée de 40 %, surtout si elle se trouve près du bord d'attaque d'une surface portante.





Photos : Transports Canada

Plaques de givre sur une aile.



Habituellement, nous voyons le givre par rayonnement disparaître naturellement une fois le soleil levé, et le givre retourne alors de cristaux de glace directement en vapeur d'eau sans passer par la phase liquide; c'est ce qu'on appelle la *sublimation*. Mais le givre ne se sublime pas toujours aussi facilement; des conditions de givre dit actif peuvent persister dans diverses combinaisons de température et d'humidité. Si la formation du givre est due à de l'advection plutôt qu'à du refroidissement par rayonnement, alors des conditions de givre actif peuvent persister même si le ciel n'est pas dégagé et que l'air n'est pas

complètement calme. L'advection est le transport d'air plus chaud ou plus froid dans des régions où des conditions contraires existent. Un tel transport peut créer des conditions propices à la formation continue de givre. En givrage actif, non seulement le dégivrage est-il essentiel, mais l'antigivrage doit être envisagé en vue d'assurer un décollage sûr.

Le givre actif est un cas où des conditions actives de givrage au sol peuvent prévaloir même s'il n'existe aucun danger en vol. Lorsque de l'air humide circule rapidement sur une surface froide, que ce soit dû au vent sur un aéronef immobile ou au déplacement de l'aéronef dans l'air, le givre n'a aucune chance de se former en raison de la durée limitée disponible pour le transfert de chaleur requis à partir de la vapeur d'eau. Par contre, si l'aéronef est immobile par une journée calme dont l'humidité est élevée, du givre peut se former de nouveau très rapidement, et il faut l'éliminer et éviter qu'il ne se forme de nouveau.

Comme nous l'avons vu dans certains accidents (p. ex. Birmingham en 2002, voir page 49), du givre peut sublimer ou fondre sur un côté de l'aéronef mais non sur l'autre, selon la façon dont il est exposé au soleil ou à d'autres sources de chaleur. Cette situation peut créer un état dans lequel une aile est moins capable que l'autre de produire de la portance, ce qui peut rendre l'aéronef ingouvernable après le décollage.

### Le phénomène d'imprégnation à froid

Du givre peut se former même si la température ambiante est bien au-dessus du point de congélation. Rappelez-vous : tout ce qu'il faut, c'est une surface froide en contact avec de l'air humide. Si votre aéronef contient du carburant très froid qui est en contact avec une surface extérieure, du givre se formera sur cette surface si l'humidité est élevée, même si la température de l'air est bien au-dessus du point de congélation. Cette situation peut se produire si le carburant dans les réservoirs alaires est « imprégné de froid » pendant un vol à haute altitude suivi d'une descente et d'un atterrissage à un endroit chaud mais humide. Dans ces circonstances, on peut s'attendre à trouver du givre à la surface inférieure des réservoirs de carburant. Le plein de carburant très froid dans un aéronef autrement chaud peut avoir le même effet. Imaginez sortir un aéronef d'un hangar chaud où vous l'aviez stationné pour éviter qu'il ne givre et le voir se recouvrir de givre après que vous avez fait le plein d'un carburant qui a été imprégné de froid dans un camion ravitailleur!

Cet effet peut avoir des conséquences dévastatrices sur certains aéronefs lorsque de la pluie (pas même de la pluie verglaçante) est présente. Pour ces aéronefs, la pluie liquide reposant sur l'aile peut être refroidie sous le point de congélation par le carburant

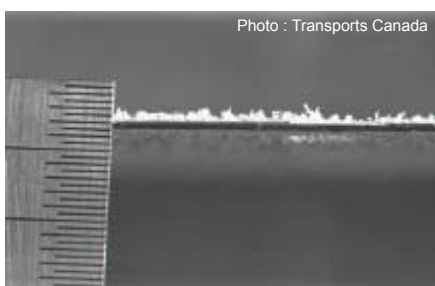


Photo : Transports Canada

Rugosité du givre



Distribution modérée du givre.

contenu dans cette dernière et former de la glace parfaitement transparente, lisse et, par conséquent, difficile à déceler visuellement. La présence de cette glace peut avoir ou non un effet important sur les performances aérodynamiques de l'aéronef parce qu'elle est située à un endroit éloigné du bord d'attaque *tant qu'elle demeure intacte et lisse*. Toutefois, l'aile à laquelle la glace adhère librement va fléchir sous les charges de vol et briser la glace fragile. Les morceaux de glace libérés risquent de heurter d'autres structures ou d'entrer dans les entrées d'air moteur et de causer tout un dégât. Par conséquent, l'effet d'imprégnation à froid peut aussi nécessiter l'utilisation d'un liquide d'antigivrage dans une circonstance où il ne semble pas y avoir de menace de givrage au sol ou en vol et où la température est bien au-dessus du point de congélation!

Remarquez que les tableaux de durées d'efficacité fournissent une liste distincte des durées applicables dans ce cas spécial de « pluie sur une aile imprégnée de froid ». La vulnérabilité à cette menace est fonction du type d'aéronef.

### **Brouillard givrant, bruine verglaçante et pluie verglaçante**

Le brouillard est un proche parent du givre. Il se forme par rayonnement, advection ou refroidissement adiabatique de l'air humide à son point de rosée. Dans ces conditions, la vapeur d'eau se condense et forme des gouttelettes d'eau. Si ce phénomène se produit loin au-dessus du sol, on est en présence d'un nuage; près du sol, c'est du brouillard. Si la température de l'air se situe sous le point de congélation, les gouttelettes d'eau pourraient ne pas geler avant qu'elles ne heurtent un objet. Dans cet état, on dit qu'elles sont *surfondues*. Une fois qu'une gouttelette surfondue vient en contact avec quelque chose, elle gèle. C'est le même phénomène que la pluie verglaçante et bien des formes de givrage en vol, surtout

près du sommet des nuages convectifs où les gouttelettes surfondues attendent simplement de heurter quelque chose pour geler. Remarquez que contrairement au givre, la glace qui en résulte est généralement lisse et transparente, ce que les pilotes appellent du verglas.

Si les gouttelettes surfondues deviennent suffisamment grosses, elles commencent à former de la bruine, une précipitation très légère. La pluie verglaçante est créée par un processus différent : de la neige qui tombe dans une zone d'air chaud en altitude fond pour former des gouttelettes d'eau qui tombent alors dans de l'air sous le point de congélation et gèlent au contact. Ces gouttelettes d'eau sont, bien sûr, surfondues et elles gèlent au contact. Comme les gouttelettes sont plus grosses, la glace s'accumule plus rapidement. Contrairement au givre, le brouillard givrant, la bruine et la pluie présentent des risques de givrage au sol et en vol.

L'accumulation de glace qui en résulte est souvent lisse et transparente; elle peut donc être difficile à déceler visuellement parce que la surface peut simplement avoir l'air mouillée. Une utilisation soignée des techniques de dégivrage et d'antigivrage ainsi que les inspections des surfaces critiques visant à confirmer leur efficacité sont essentielles dans ces conditions. Du point de vue de quelqu'un qui se trouve au sol, la bruine verglaçante et une pluie verglaçante légère sont difficiles à distinguer, sauf pour ce qui est du taux d'accumulation de la glace. Cette distinction peut influencer la décision de décoller ou non. Lorsqu'on signale de la bruine verglaçante, les pilotes doivent particulièrement surveiller le taux d'accumulation et si des conditions propices à la présence de pluie verglaçante existent ou non, comme la présence d'une inversion



Glace sur les ailes causée par de la pluie verglaçante.

de température. Les rapports METAR pourraient ne pas fournir suffisamment de renseignements pour prendre cette décision. Sur chaque tableau de durée d'efficacité, la note suivante fait état de cette difficulté : [TRADUCTION] « Se servir des durées d'efficacité en cas de pluie verglaçante s'il n'est pas possible de déterminer avec certitude qu'il s'agit de bruine verglaçante. »

De plus, les pilotes doivent aussi évaluer l'intensité de la pluie verglaçante parce qu'une accumulation supérieure à « légère » dans une pluie verglaçante dépasse la capacité des techniques d'antigivrage de remédier à la situation. Aucune durée d'efficacité n'est publiée pour ces conditions, et aucun système de protection contre le givrage des aéronefs n'est capable de traiter les accumulations en vol dans une pluie verglaçante modérée. Encore une fois, le rapport METAR pourrait ne pas donner de renseignements suffisamment précis pour prendre cette décision.

### **Neige et grains de neige**

Outre le givre, le phénomène météorologique le plus courant en hiver au Canada est la neige. L'on dit que les peuples inuits ont un très grand nombre de mots pour décrire les caractéristiques de la neige, du fait que ses propriétés et son comportement peuvent varier grandement. Traditionnellement, ces propriétés sont importantes aux activités de la vie quotidienne dans le Grand Nord. Bien que nous ne disposions pas d'un vocabulaire aussi riche, il est important



d'essayer de caractériser les conditions de la neige dans le cadre du givrage au sol. Les questions essentielles auxquelles nous devons répondre sont : 1) quelle quantité de neige sur les surfaces critiques? 2) la neige adhère-t-elle à ces surfaces? et 3) est-ce que plus de neige va adhérer après qu'on aura enlevé ce qui s'y trouvait déjà?

La température est un facteur important dans la détermination des propriétés de la neige. Par température très froide, une chute de neige est généralement caractérisée comme étant « sèche », c'est-à-dire que les cristaux formant la neige sont gelés et que la température est bien au-dessous du point de fusion. La neige sèche tombe sous la forme de petits flocons caractéristiques. Une accumulation de neige sèche qui est fondue par la suite pour qu'on puisse mesurer son équivalent en eau liquide donnera une quantité d'eau relativement petite (le rapport entre l'épaisseur de la neige et l'eau est de l'ordre de 10 à 30 pour 1). La neige sèche n'a pas tendance à adhérer aux surfaces à moins que sa température augmente ou qu'elle soit mélangée à un liquide. Ainsi, lorsque de la neige sèche tombe sur une surface chaude, elle peut devenir mouillée et, à mesure que la surface refroidit, elle gèle de nouveau et adhère à la surface.

De la neige mouillée peut se former à des températures modérées. Cette neige renferme une plus grande teneur en eau liquide et des cristaux qui, bien que gelés, se situent seulement légèrement sous la température de congélation. Comme elle est mouillée, cette neige a tendance à s'agglomérer et elle tombe habituellement en gros flocons qui collent facilement ensemble. L'équivalence en eau liquide de la neige mouillée est bien plus grande que celle de la neige sèche, le rapport

entre la neige et la hauteur de l'eau étant habituellement de 5 pour 1.

L'autre facteur important relativement aux chutes de neige est l'intensité ou le taux de précipitation; en d'autres mots, la quantité de neige qui tombe à un endroit donné pendant une période définie. Pour la plupart des aspects de l'aviation, le danger pour la sécurité que présentent la neige, le brouillard, la pluie ou d'autres phénomènes obscurcissants est une visibilité réduite. Les pilotes doivent être en mesure de voir pour rouler au sol, décoller et atterrir en toute sécurité. Par conséquent, l'intensité des chutes de neige est normalement signalée en termes d'effets sur la visibilité. Aux fins du givrage au sol, par contre, c'est l'équivalence en eau liquide qui est importante. En outre, c'est cette équivalence qui est utilisée dans la détermination des valeurs publiées dans les tableaux de durée d'efficacité.

Le problème ici est que le pilote obtient une idée de l'intensité de la chute de neige par rapport à la visibilité, mais il doit utiliser un tableau de durées d'efficacité basé sur l'équivalence en eau liquide. Pour cette raison, une table donnant le moyen de faire la conversion est publiée avec les tableaux de durées d'efficacité. La Figure 1 est tirée des tableaux de

durées d'efficacité 2007-2008 publiés par Transports Canada. On peut voir que si la visibilité le jour est signalée comme étant de 1 mille terrestre et que la température est au point de congélation, le pilote devrait utiliser les durées d'efficacité pour chute de neige « modérée ». Toutefois, la nuit, les mêmes visibilité et température signalées doivent être interprétées en fonction d'une chute de neige « forte ». Voici pourquoi : imaginez un observateur météorologique utilisant un lampadaire à distance pour déterminer la visibilité. Le jour, dans des conditions de neige que les météorologues jugent « modérées » en fonction de l'équivalence en eau liquide, l'observateur peut tout juste apercevoir le lampadaire lorsqu'il se trouve à 1 mille terrestre de lui. Sans changement dans l'intensité de la chute de neige, mais lorsque tombe l'obscurité et que le lampadaire est allumé, l'observateur peut facilement voir le lampadaire. L'intensité de la chute de neige doit passer à « forte » avant que l'observateur commence à avoir de la difficulté à voir la lumière. Un effet semblable se manifeste lorsqu'on fait des observations à de basses températures ambiantes. Une chute de neige par temps plus froid présente une plus faible équivalence en

VISIBILITÉ DANS LA NEIGE PAR RAPPORT À L'INTENSITÉ DES PRÉCIPITATIONS <sup>1</sup>						
Éclairage ambiant	Plage de températures		Visibilité par température neigeuse (en milles terrestres)			
	°C	°F	Forte	Modérée	Légère	Très Légère
Obscurité	-1 et au-dessus	30 et au-dessus	≤1	>1 à 2½	>2½ à 4	>4
	Au-dessous de -1	Au-dessous de 30	≤¾	>¾ à 1½	>1½ à 3	>3
Lumière du jour	-1 et au-dessus	30 et au-dessus	≤½	>½ à 1½	>1½ à 3	>3
	Au-dessous de -1	Au-dessous de 30	≤¾	>¾ à 7/8	>7/8 à 2	>2

1 Basé sur : Relationship between Visibility and Snowfall Intensity (TP 14151E), Centre de développement des transports, Transports Canada, Novembre 2003; et Theoretical Considerations in the Estimation of Snowfall Rate Using Visibility (TP 12893E), Centre de développement des transports, Transports Canada, Novembre 1998.

Figure 1 : Table fournie avec les tableaux de durées d'efficacité pour déterminer l'intensité de la chute de neige lorsque la température et la visibilité sont connues de jour comme de nuit. Source: Transports Canada



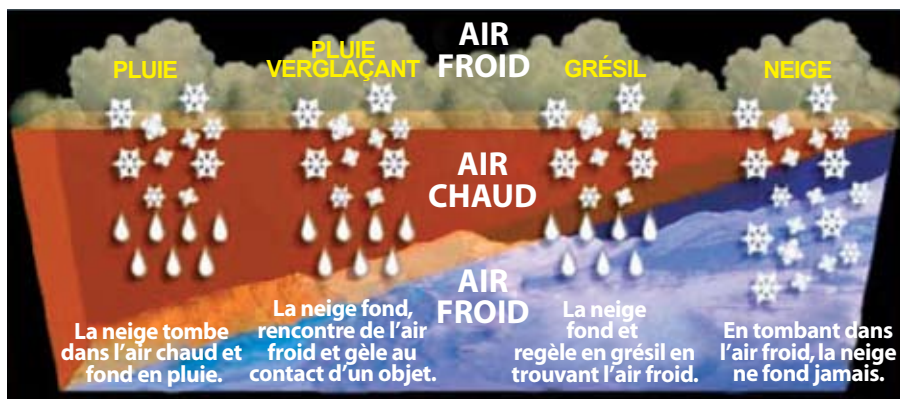


Figure 2 : La formation de différentes formes de précipitation.

Source : Adapté de [www.usatoday.com/weather/tg/wrisnow/wrisnow.htm](http://www.usatoday.com/weather/tg/wrisnow/wrisnow.htm)

eau liquide que par temps plus chaud. De toute évidence, cette nécessité de passer d'une forme d'observation à une autre ajoute de l'incertitude au processus de prise de décision face à du givrage au sol.

### Autres conditions de givrage au sol

Les tableaux de durées d'efficacité considèrent comme « autres » conditions la neige lourde, la neige roulée, la pluie verglaçante modérée à forte et la grêle. Il n'y a aucun renseignement sur la protection antigivrage dans ces conditions. Essentiellement, cela signifie qu'il n'est pas possible de prédire de façon fiable combien de temps le liquide d'antigivrage demeurera efficace dans les conditions mentionnées. Des granules de glace (grésil) se forment dans des conditions similaires à celles de la pluie verglaçante, sauf que les gouttelettes surfondues gèlent avant de heurter une surface. En octobre 2007, des « durées de tolérance » quelque peu limitées pour les granules de glace ont été publiées pour la première fois. Toutefois, l'utilisation de ces tolérances en était aux premières étapes de la mise en œuvre au début de 2008.

### Conditions mixtes et variables

La vie n'est jamais aussi simple qu'elle pourrait l'être. Du point de vue du givrage au sol, elle prend la forme de conditions mixtes qui peuvent aussi varier de temps à autre. Vous

pouvez penser qu'il suffit simplement d'éliminer une couche de givre de l'aéronef par une journée très froide au moyen d'un liquide de dégivrage d'aéronef de Type I approprié (c.-à-d. qui présente une faible LOU<sup>1</sup>), pour vous rendre compte que, peu après cette opération, de la neige sèche a commencé à tomber. Normalement, de la neige sèche sur un aéronef froid ne présente aucun problème parce qu'elle n'adhère pas aux surfaces et, donc, n'est pas un contaminant. Le problème vient du fait que le liquide mouille la neige sèche et la fait adhérer aux surfaces, ou que la température du revêtement de l'aéronef a suffisamment augmenté pour transformer la neige sèche en neige mouillée!

D'autres formes de précipitation, dont du grésil, accompagnent souvent la bruine et la pluie verglaçantes; l'intensité de la neige a tendance de passer de légère à modérée, puis à revenir à légère. Tous ces facteurs se conjuguent pour rendre le processus de prise de décision complexe et vulnérable aux erreurs. Une utilisation prudente des techniques de dégivrage et d'antigivrage ainsi que l'utilisation des tableaux de durées d'efficacité constituent les seuls moyens d'assurer la sécurité dans ces conditions.

Une situation mixte très courante se produit lorsqu'on dégivre un aéronef qui semble recouvert de neige alors

<sup>1</sup> LOU<sup>1</sup> : température d'utilisation opérationnelle minimale

qu'en fait il y a une couche de givre ou de glace sous la neige qui rend bien plus difficile l'opération de dégivrage.

### Répartition des menaces de givrage au sol au Canada

Les menaces de givrage au sol décrites ci-dessus ont toutes été observées au Canada, mais bien sûr certaines régions reçoivent plus de neige, tandis que d'autres subissent des précipitations verglaçantes plus fréquemment. Environnement Canada a produit la Figure 3 pour montrer dans quelle mesure chacun des dangers abordés se présente à divers endroits au pays.

Remarquez que le givre et la neige sèche sont les menaces les plus fréquentes. St. John remporte la palme pour la plus grande quantité de pluie verglaçante et de bruine verglaçante, tandis que Yellowknife reçoit beaucoup de neige sèche, mais très peu de neige mouillée. Vancouver reçoit peu de neige, mais la plus grande partie est mouillée. Donc, l'endroit a un effet important sur le type de givrage au sol susceptible de se former, mais n'oubliez pas que toutes les menaces peuvent survenir presque n'importe où.

### Effets localisés

Bon nombre des phénomènes météorologiques présentés peuvent varier considérablement sur une très courte distance. C'est particulièrement vrai des précipitations givrantes et chaque fois que la situation météorologique générale change. L'observateur météorologique à l'aéroport peut de son poste ne voir que de la neige modérée, tandis que sur l'aire de trafic principale il ne neige que légèrement. La pluie verglaçante est très dangereuse au sol comme en vol, mais elle peut parfois constituer un problème seulement sur les 200 premiers pieds d'altitude au-dessus de l'aéroport.

### Observations météorologiques et « prévisions immédiates »

On a fait remarquer que le rapport

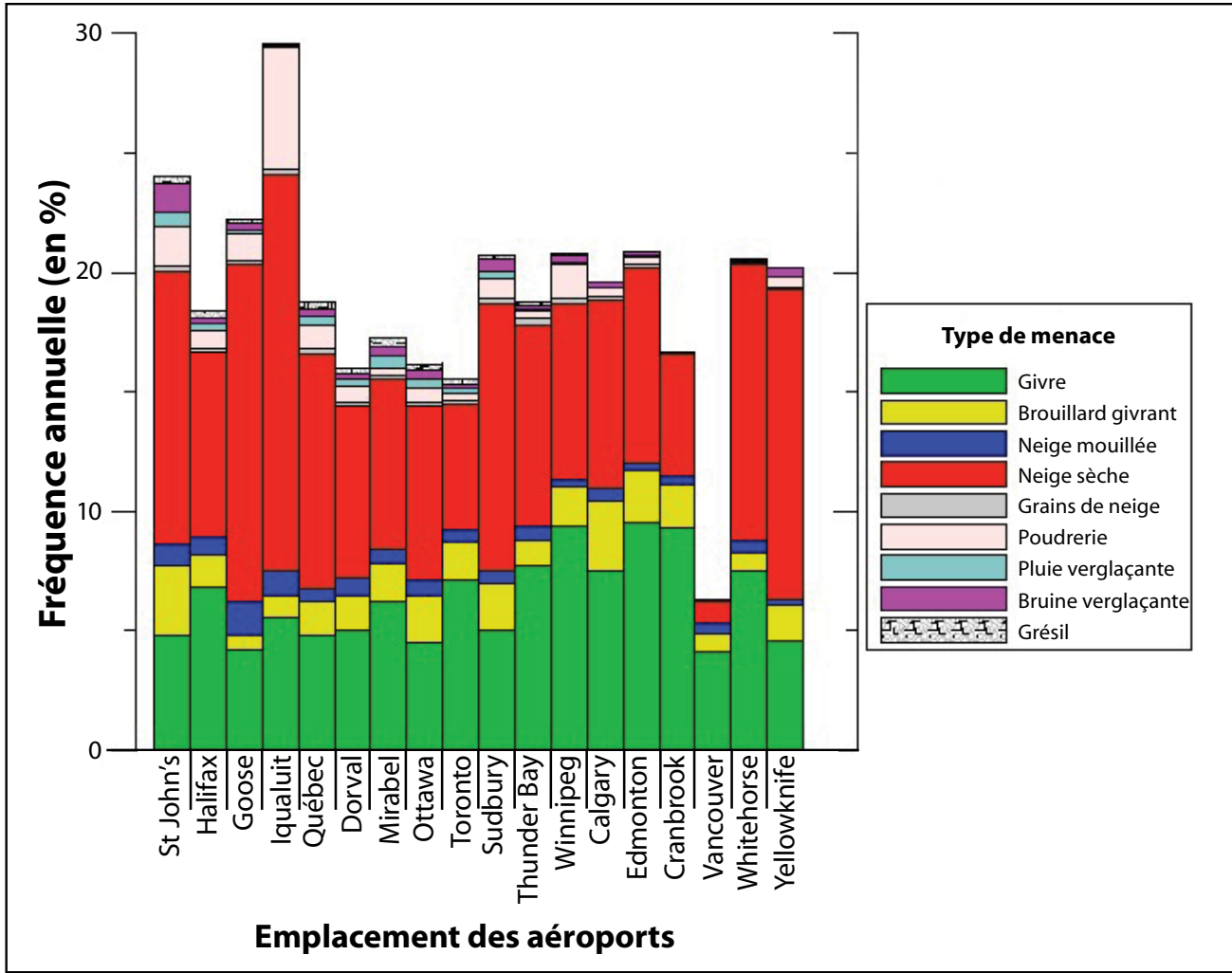


Figure 3 : Temps moyen pour chaque type de menace à divers endroits au Canada sous forme de pourcentage du nombre total d'heures. Source : Stuart and Isaac, 1994, Journal de l'OACI.

météorologique standard pour l'aviation – le METAR horaire – pourrait ne pas fournir des données suffisamment précises pour permettre la prise de décision nécessaire fondée sur les conditions mixtes, variables et localisées qui sont décrites. Lorsque le temps change de façon importante, une version spéciale du METAR, appelée SPECI, est communiquée. Toutefois, même un rapport SPECI ne peut traiter de façon adéquate des effets localisés ni ne peut être communiqué aussi rapidement que les conditions varient. Par conséquent, il revient au pilote et aux autres d'évaluer les conditions auxquelles ils font face pour enrichir l'information obtenue des rapports METAR et SPECI.

Comme on l'a vu précédemment, les différences fondamentales entre la visibilité signalée dans un METAR et

la teneur en eau liquide utilisée pour déterminer les durées d'efficacité en fonction de l'intensité d'une chute de neige constituent un problème. Cette question et d'autres enjeux ont suscité des recherches visant à réduire une bonne part de l'incertitude associée à la mesure du risque posé par le givrage au sol et à rendre l'information disponible en temps opportun et sous une forme utile pour les équipages navigants et les équipes au sol. Par exemple, Environnement Canada est en train de mettre au point des systèmes de « prévisions immédiates » qui mesureront la teneur en eau liquide des précipitations à de nombreux endroits autour des aéroports et feront rapport de ces mesures plusieurs fois par heure. En plus de signaler les conditions du moment, le système produira des prévisions locales à court

terme. Pour plus de renseignements, rendez-vous sur le site Web du projet de prévisions immédiates à : [www.canadian-airport-nowcasting.org](http://www.canadian-airport-nowcasting.org).

D'autres chercheurs travaillent sur des systèmes de détection automatique de givrage au sol (GIDS) qui permettront d'évaluer de façon beaucoup plus fiable la présence de glace et l'état des liquides sur la foi de mesures réelles plutôt que des durées tirées des tableaux de durées d'efficacité.

**Conclusion**

Comme pour toutes les autres facettes de la situation du givrage au sol, la science de la météorologie fait constamment des progrès, et il est important que tous ceux qui participent aux opérations par conditions givrantes demeurent au courant des tout derniers développements. ♦

# Givre et opérations des aéronefs en conditions de givrage au sol

par Ken Walper, P.Eng., ingénieur en systèmes mécaniques, Direction de la navigabilité aérienne et du soutien technique

Le givre est bien connu de la plupart des Canadiens. Il serait même difficile d'imaginer un Canadien né et élevé au pays qui n'aurait jamais vu de givre. Mais qu'est-ce que le givre et comment se forme-t-il? Quel effet a-t-il sur un aéronef? Comment puis-je éviter qu'il ne se forme sur mon aéronef ou comment puis-je l'éliminer une fois qu'il s'est formé? Le présent article traitera tour à tour de chacune de ces questions.

## Définition du givre

Le sous-comité AC-9C de la Society of Automotive Engineers (SAE) définit le givre comme étant [TRADUCTION] « des cristaux de glace formés sur une surface par le dépôt de vapeur d'eau provenant de l'atmosphère ». Transports Canada détaille cette définition en décrivant le givre comme étant un mince dépôt blanc de précipitation gelée de texture cristalline qui adhère à des surfaces exposées et qui se forme habituellement pendant des nuits sans nuages, par vent calme, lorsque la température est sous le point de congélation, que l'air présente une humidité relativement élevée, et qu'il n'y a pas d'autres précipitations. Souvent, le dépôt de givre est suffisamment mince pour qu'on puisse distinguer des caractéristiques de la surface se trouvant en dessous, comme des lignes de peinture.

## Effets du givre sur les performances et le pilotage

Le givre est un contaminant nuisible. Il peut scintiller comme un bijou, mais ne vous laissez pas abuser par son aspect inoffensif : il peut être

mortel. Le plus gros impact sur les performances aérodynamiques résulte de la rugosité créée par ce type de contaminant sur les surfaces portantes.

Le givre présente un aspect très rugueux sur le plan aérodynamique. La hauteur et l'espacement des cristaux de givre à la surface d'une aile peuvent être tels qu'ils perturbent l'écoulement aérodynamique plus gravement que d'autres formes de contamination gelée. L'effet aérodynamique du givre sur la portance est plus prononcé lorsque le givre se situe sur le bord d'attaque d'une aile ou à proximité, et l'effet de la perte de portance est le plus grave si l'aéronef n'est pas doté de dispositifs de bord d'attaque. L'impact du givre sur la traînée est le plus grave lorsque ce dernier est largement réparti sur un aéronef. Dans ce cas, le givre empêchera probablement l'atteinte de la pente de montée prévue. Ainsi, le givre compromet les performances et le pilotage de l'aéronef, et il peut être mortel, quelle que soit la taille de l'aéronef touché.

La portance peut diminuer dans une proportion pouvant atteindre 30 %, accompagnée d'une augmentation correspondante de la traînée pouvant atteindre 40 %. La perturbation de l'écoulement aérodynamique causée par le givre peut aussi engendrer des difficultés de maîtrise de l'appareil, surtout si le givre est réparti de façon asymétrique d'une aile à l'autre, comme ce serait le cas si une aile était exposée au soleil matinal alors que l'autre se trouvait encore à l'ombre.

Transports Canada a indiqué que malgré la nécessité d'éliminer toute

contamination des surfaces critiques, il est acceptable que les aéronefs, y compris ceux dont les moteurs sont montés à l'arrière, décollent alors que de la gelée blanche adhère à la surface supérieure du fuselage si c'est le seul contaminant qui reste, pourvu que toutes les mises à l'air libre et les orifices soient dégagés.

On trouvera plus de renseignements sur le givre dans le document TP 14052F de Transports Canada intitulé *Lignes directrices pour les aéronefs – Lors du givrage au sol*<sup>1</sup>.

## Formation du givre

Le givre se forme par précipitation de vapeur d'eau sur une surface, directement de la phase vapeur à la phase solide sans passer par la phase liquide. La précipitation se produit lorsque la température d'une surface descend sous le point de givrage de l'air se trouvant au-dessus. La surface peut être refroidie sous le point de givrage de plusieurs façons, notamment par imprégnation à froid de l'aile ou refroidissement par rayonnement.

La formation de givre ne nécessite pas une humidité relative de 100 %. En fait, des essais de Transports Canada donnent à croire que la formation la plus rapide de givre se produit à une humidité relative avoisinant 75 %. Des essais financés par Transports Canada ont en outre révélé que l'extrados d'une aile peut être jusqu'à 8 °C plus froid que la température de l'air ambiant à cause du refroidissement par

<sup>1</sup> [www.tc.gc.ca/aviationcivile/publications/tp14052/menu.htm](http://www.tc.gc.ca/aviationcivile/publications/tp14052/menu.htm)





rayonnement au cours de la nuit. Les équipages opérationnels doivent savoir que ces conditions sont propices à la formation de givre. Plus la température de l'air extérieur est basse, plus tenace est l'adhérence du givre sur les surfaces.

Le givre peut se former sur l'extrados et l'intrados des ailes dont les réservoirs sont remplis de carburant sous le point de congélation. Le carburant « imprègne à froid » l'aile en refroidissant la surface de cette dernière sous la température du point de givrage. L'humidité de l'air gèle alors au contact de l'aile, ce qui forme du givre. Ce mécanisme de formation du givre est souvent celui dont s'attendent le moins les équipages opérationnels.

### Manifestations du givre

Le givre se forme très fréquemment au Canada pendant la saison hivernale. Dans certaines régions du Canada,

comme le Grand Nord, le givre peut être la principale forme de contamination des aéronefs pendant les opérations hivernales. Deux des aéroports les plus achalandés au Canada, Pearson à Toronto et Trudeau à Montréal, signalent que des conditions de « givre seulement » sont responsables de 30 % de leurs activités de dégivrage. Cette valeur peut être considérablement plus élevée dans le Nord canadien.

### Détection du givre

Les équipages navigants doivent apprendre à identifier les conditions propices à la formation de givre et être particulièrement vigilants pendant les inspections pré-vol. Le givre est facile à déceler visuellement sous un bon éclairage, mais plus difficile à déceler si l'éclairage est faible, comme dans des conditions d'éclairage où le contraste est faible (p. ex. le matin ou le soir d'une journée nuageuse) ou la nuit. Bien que la rugosité du

givre ne soit pas toujours immédiatement évidente, c'est souvent l'éclat du givre remarqué pendant l'inspection extérieure de l'aéronef qui alerte l'équipage navigant de sa présence. Une inspection tactile à main nue va immédiatement révéler la rugosité du givre. À l'avenir, des systèmes électroniques de détection

du givrage au sol (GIDS) seront peut-être un moyen hautement fiable de détecter la présence de givre ou d'autres contaminants gelés.

### Éviter le givre

Il n'est généralement pas possible de modifier la nature de manière à prévenir les conditions propices à la formation de givre, mais il est possible de prendre des mesures en vue d'éviter sa formation. Sans doute le moyen le plus efficace de prévenir la formation de givre consiste à laisser l'aéronef dans un hangar chauffé. Mais très souvent, ce n'est pas possible à cause de l'emplacement opérationnel, de la taille de l'aéronef, des coûts, de l'utilisation de l'aérodrome et des considérations opérationnelles, entre autres. Certains petits avions, comme le *Twin Otter*, peuvent être recouverts de manchons d'aile et de queue lorsqu'ils sont laissés à l'extérieur. Dans certains gros aéroports canadiens, du liquide d'antigivrage d'aéronef est appliqué sur l'extrados des ailes des gros avions de transport commerciaux pour éviter la formation de givre lorsque ceux-ci sont laissés à l'extérieur sur l'aire de trafic pour la nuit.

### Élimination du givre et protection des aéronefs

Le givre doit être éliminé des surfaces critiques d'un aéronef avant le vol. Transports Canada précise que les surfaces critiques sont les ailes, les gouvernes, les rotors, les hélices, la partie supérieure du fuselage des aéronefs dont les moteurs sont montés à l'arrière, les stabilisateurs, les dérives et toute autre surface de stabilisation d'un aéronef.

Certains aéronefs peuvent décoller même si du givre s'est formé sur l'intrados des ailes à cause de la présence de carburant imprégné de froid dans les réservoirs. Ce givre est habituellement acceptable jusqu'à une épaisseur de 1/8 pouce, et il ne doit pas y avoir de givre à l'extérieur de la surface du réservoir alaire, sinon il faut éliminer le givre avant le décollage.



Photo: WestJet



Givre sur l'intrados d'une aile imprégnée de froid



Il y a un certain nombre de moyens d'éliminer le givre d'un aéronef, et nous en verrons quelques-uns ici.

Divers moyens mécaniques d'élimination du givre ont été utilisés au cours des années selon des résultats plus ou moins probants. Pourvu que les surfaces des aéronefs, les palettes d'angle d'attaque, les antennes anémobarométriques et autres composants vulnérables ne soient pas endommagés, il peut être possible d'éliminer complètement le givre au moyen d'un balai, d'un racloir spécial, d'une corde utilisée dans un mouvement alternatif ou d'autres moyens mécaniques.

Dame Nature peut aider grandement à dégivrer un appareil si rien ne presse. Si la journée suivant une nuit froide est ensoleillée, on peut alors laisser l'aéronef au chaud soleil, à l'écart de toute zone ombragée, et le soleil fera sublimer (quitter la surface sous forme de vapeur) le givre des surfaces supérieures de l'aéronef.

De l'air chauffé peut aussi dégivrer un aéronef. Un réchauffeur d'air classique « Herman-Nelson » (réchauffeur commercial portable typique) ou un autre réchauffeur d'air du genre peut servir à souffler de l'air chauffé sur la surface givrée. Selon l'aéronef,



des dispositifs spéciaux peuvent être nécessaires pour effectuer cette tâche avec succès et en temps opportun. Mais le recours à de l'air chaud pour éliminer le givre peut être un procédé lent et très fastidieux par température très froide ou lorsqu'il vente. Récemment, des dispositifs infrarouges, autant ceux qui sont portables que ceux qui sont montés dans une « tente-hangar » ouverte aux deux extrémités, ont été mis au point et ils constituent des moyens très efficaces, rapides, efficaces et écosensibles pour éliminer le givre ou d'autres contaminants gelés.

À l'heure actuelle, la façon la plus rapide et la plus courante d'éliminer des contaminants gelés consiste à utiliser des liquides de dégivrage

d'aéronef chauffés. Le liquide de Type I de la SAE est conçu spécialement pour éliminer les contaminants gelés des aéronefs. Il est conçu pour être utilisé à une température maximale à la buse de 80 °C et pulvérisé sous pression. Si la durée de protection offerte par le liquide de Type I n'est pas suffisante et dans les cas où il est approuvé pour le type d'aéronef, une application de liquide d'antigivrage (Type II, III ou IV de la SAE) peut être faite après l'application du liquide de dégivrage de Type I. Une durée d'efficacité typique pour le liquide de Type I pour du givre à -10 °C est de 45 minutes. Une durée d'efficacité typique pour le liquide de Type IV pour du givre à -10 °C est de 12 heures. ♦





# Aérodynamique et performances

*Il ne suffit que d'un tout petit peu de givre!*

par Alan White, P.Eng., chef d'équipe des sciences aéronautiques, Direction de la navigabilité aérienne et du soutien technique

*Le sous-titre du présent article provient d'une citation de R.E. Brumby, aérodynamicien responsable du givrage chez McDonnell Douglas, qui est réputé expert principal dans le domaine. Il a fait avancer la science en quantifiant l'effet de contaminants de surface, comme le givre, la glace et la neige, sur la portance et la traînée, et a voulu bien faire comprendre ses conclusions selon lesquelles des quantités remarquablement petites de contaminants peuvent avoir des conséquences énormes sur ces deux paramètres.*

## Concept de l'aile propre

Les Consignes de vol des Forces canadiennes et la réglementation civile exigent qu'« aucun décollage ne [soit] tenté lorsqu'il y a du givre, de la neige, de la glace ou toute autre contamination de surface adhérant aux surfaces critiques d'un aéronef. » (B-GA-100-001/AA-001, chapitre 9(44)). Dans le présent article, nous allons voir comment un contaminant peut influencer la portance, la traînée et le pilotage d'un aéronef ainsi que la capacité générale d'un aéronef de décoller et de monter en toute sécurité.

Les données de performances du manuel de vol sont fondées sur un aéronef « propre » (c.-à-d. sans contamination), mais les performances peuvent être pénalisées par l'utilisation de liquides d'antigivrage. Le présent article va également indiquer pourquoi on impose une augmentation de la

vitesse de décollage pour certains aéronefs après application d'un liquide d'antigivrage.

## Qu'est-ce qui peut aller mal au décollage?

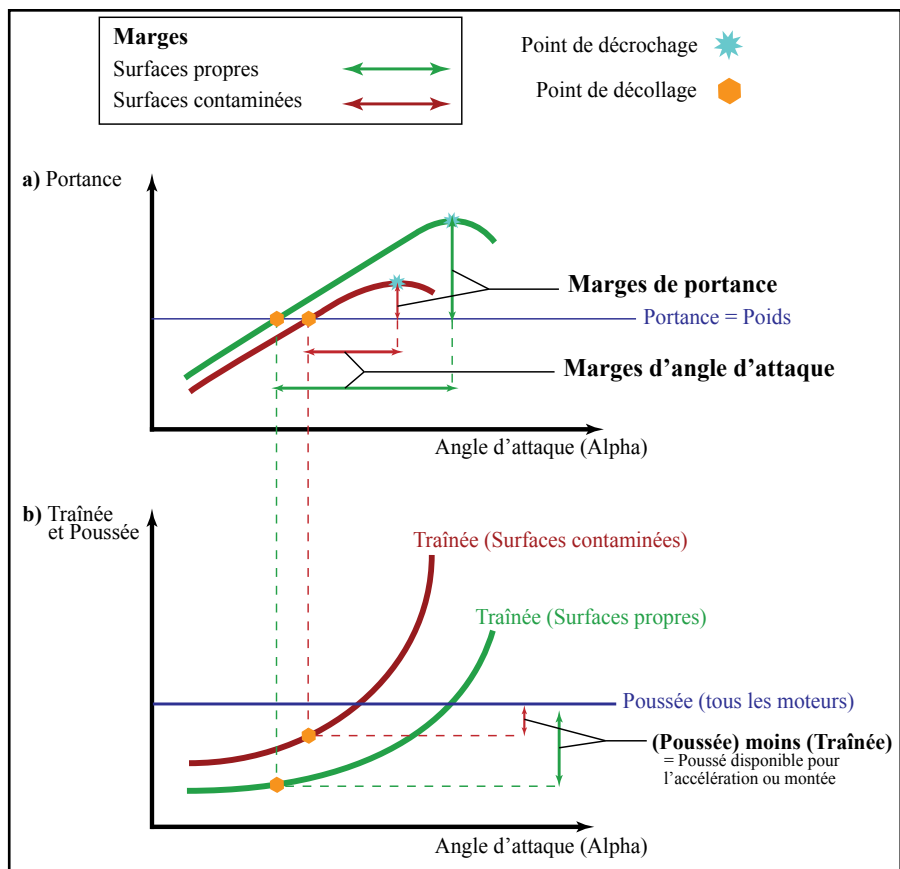
Lors du décollage, le but du pilote consiste à prendre l'air avant d'atteindre l'extrémité de la piste, puis à établir un taux de montée franc et à franchir tous les obstacles. La première condition pour réaliser le décollage consiste à disposer de suffisamment de portance pour contrer la masse de l'aéronef, ainsi que d'une petite réserve pour manœuvrer et voler dans les rafales. Une fois que le pilote est en l'air, il doit disposer d'une poussée suffisante pour contrer la traînée et d'une marge qui lui permet de poursuivre l'accélération à la vitesse de montée initiale et d'adopter la pente de montée. La proximité immédiate du sol pendant les premiers pieds de la montée peu induire un faux sentiment de sécurité parce que l'appareil pourrait réellement ne pas être en mesure de monter. Un autre point est le maintien de la maîtrise de l'aéronef : pendant la montée initiale, les marges de décrochage de l'avion, l'efficacité de la maîtrise et les qualités de pilotage peuvent être gravement compromises par une contamination par givrage. Une perte de maîtrise immédiatement après le décollage a été la cause principale d'au moins un accident récent (Birmingham, 2002).

## Surfaces critiques

L'état des ailes est critique pour leur capacité à générer la portance nécessaire au vol, et tout contaminant doit en être éliminé. Le givre et la neige sont relativement faciles à voir et à éliminer, mais les ailes de l'avion ont également tendance à accumuler du verglas, lequel est extrêmement difficile à voir et ne peut être décelé qu'au toucher (« inspections tactiles »). Le verglas peut se former même si la température est bien au-dessus du point de congélation, mais que la température du revêtement d'aile se situe sous le point de congélation du fait de la présence de carburant froid dans les réservoirs alaires à la suite d'un vol précédent. C'est ce phénomène qui a fait s'écraser un MD 80, à Stockholm, en 1991, lorsque les ailes ont fléchi après le décollage et ont projeté de la glace simultanément dans les deux réacteurs montés à l'arrière.

Pour certains avions, la surface des volets et des bords de bord d'attaque ainsi que les panneaux de déporteurs peuvent présenter des caractéristiques thermiques différentes de celles du caisson de l'aile, et ce sont les premiers endroits où les liquides n'agissent plus. Pour cette raison, il faut les examiner très soigneusement lors de l'inspection des surfaces critiques. Les volets et les bords doivent demeurer rentrés jusqu'aux tout derniers moments précédant le décollage pour que la plus grande





**Figure 1 :** Les marges de portance, d'angle d'attaque et de poussée sont toutes gravement réduites par le givrage.

quantité de liquide demeure sur les surfaces exposées et pour que les surfaces carénées demeurent propres.

Le stabilisateur et la gouverne de profondeur sont tout aussi critiques que les ailes, puisqu'ils représentent la principale source de stabilité longitudinale de l'avion. Il est particulièrement important de prendre des dispositions pour dégivrer les avions à empennage en T, lesquels peuvent nécessiter des camions de dégivrage à nacelle surélevée pour donner un accès et une visibilité suffisants. L'efficacité de la maîtrise de l'appareil et ses qualités de pilotage peuvent être gravement compromises si l'empennage n'est pas entièrement propre au moment du décollage, surtout dans le cas des avions aux gouvernes non assistées.

Dans le cas des avions à réacteurs montés à l'arrière, la surface supérieure du fuselage est considérée surface critique parce que les réacteurs

pourraient ingérer de la glace ou de la neige s'y détachant. Cette considération a vu le jour avec la mise en service des triréacteurs, comme le Boeing 727 et le DC 10, mais elle s'applique aussi aux biréacteurs comme le *Challenger*, équipé de réacteurs latéraux en position haute. L'ingestion de glace présente aussi une menace pour les giravions, dont les entrées d'air moteur se trouvent habituellement derrière la zone horizontale du pont supérieur : la zone se trouvant à l'intérieur des entrées d'air de tous les moteurs doit aussi être propre avant le démarrage du moteur.

Dans le cas des avions à hélices et des giravions, les pales d'hélice et les pales de rotor sont des surfaces critiques, car toute perte de poussée et de portance aura d'énormes conséquences sur les performances. La contamination des pales de soufflante et des aubes de compresseur des

moteurs peut rendre plus difficile le démarrage et causer un décrochage compresseur ou une déformation par corps étranger<sup>1</sup> en aval pendant la montée en régime du moteur.

### Perte de portance : rogner les marges

Fondamentalement, le décrochage s'explique par le fait que lorsque l'angle d'attaque augmente jusqu'à un certain point, la couche limite de l'air se déplaçant de façon laminaire à la surface de l'aile ou de l'empennage se sépare de la surface, ce qui réduit la portance qu'elle génère, parfois de façon soudaine. Une quantité remarquablement petite de contaminants sur la surface d'un plan aérodynamique où est créée la portance réduit grandement l'angle d'attaque auquel le décrochage se produit, ce qui réduit aussi la portance maximale produite. Des résultats d'essais en soufflerie indiquent qu'une couche de givre ou de glace d'une épaisseur minimale de 0,4 mm (15/1000 pouce) sur une aile ayant une corde de 1,5 m (5 pieds) réduit la portance maximale d'environ 30 %. Compte tenu du fait que la marge de portance au moment du décollage d'une aile propre est habituellement de 40 ou de 50 %, cette marge est de toute évidence fortement réduite, même pour cette petite quantité de contaminants.

La *Figure 1(a)* montre de façon générale les courbes de portance en fonction de l'angle d'attaque (« alpha ») pour un plan aérodynamique propre et un autre contaminé. On y constate la réduction de la marge de portance pour un vol soutenu à 1 G. Remarquez aussi la marge alpha réduite disponible lorsqu'on vole dans une rafale ou un courant ascendant à l'extrémité de la piste. L'angle d'attaque inférieur

<sup>1</sup> Une déformation par corps étranger est causée par de la glace ingérée qui déforme les aubes du compresseur plutôt que d'y produire des entailles ou des creux acérés.



auquel se produit le décrochage signifie aussi que les systèmes d'avertissement de décrochage artificiels ou les poussoirs de manche ne donnent plus au pilote un avertissement préalable du décrochage.

Une autre considération est la nature même du décrochage. Dans le décrochage d'avions comme les Airbus avec volets de bord d'attaque et des avions à ailes épaisses volant à basse vitesse, la séparation de la couche limite a tendance à commencer au bord de fuite et à se déplacer progressivement vers l'avant. Il s'ensuit que la perte de portance maximale sera relativement faible jusqu'à l'atteinte d'un angle d'attaque considérablement plus grand. L'équipage de ces avions ressentira probablement des vibrations aéroélastiques de plus en plus fortes, ce qui est un signal d'abaisser le nez de l'avion pour sortir du décrochage.

Par ailleurs, des avions comme le *Challenger*, qui possède des ailes minces et un profil conçu pour voler à haute vitesse en croisière, mais qui ne dispose pas de becs ni de volets de bord d'attaque, présentent un décrochage dans lequel la couche limite se sépare soudainement dès le bord d'attaque. La perte de portance est immédiate et très importante. Il est aussi probable qu'une aile décrochera avant l'autre, ce qui entraîne l'avion dans un violent mouvement de roulis en descente et ne donne à peu près aucune chance au pilote de reprendre son appareil en main avant de partir en vrille ou de percuter le sol. On croit que l'accident du *Challenger* de Birmingham aurait été causé par une couche asymétrique de givre sur les ailes. Dans ce cas, l'avion s'est écrasé au sol sur le dos six secondes seulement après avoir pris l'air. La *Figure 2* montre les différentes formes de la courbe de portance dans le cas d'un décrochage au bord d'attaque et au bord de fuite.

Un nombre disproportionné d'accidents qui se sont produits dans

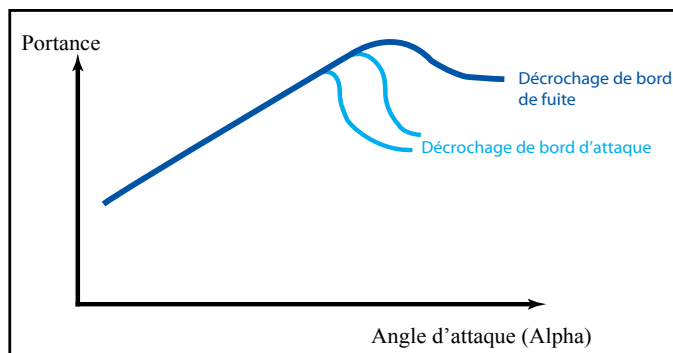
les années 1980 concernaient des avions comme le Fokker F-28 et les premiers modèles de DC-9, lesquels possèdent des bords d'attaque fixes et aucun bec. Pour cette raison, ces avions à « ailes monoblocs »,

comme on les appelle, doivent être examinés de plus près tout juste avant le décollage, et il faut y faire des inspections tactiles pour confirmer l'absence de toute contamination.

### Augmentation de la traînée et perte de poussée : on monte ou on descend?

La poussée développée par les moteurs sert d'abord à vaincre la traînée de l'avion. Ce qui reste permet à l'avion d'adopter un taux de montée franc. Les procédures normales de décollage supposent qu'un moteur tombera en panne au moment le plus critique pendant la course au décollage, et la conception ainsi que les limites de l'avion sont telles qu'il est possible de maintenir une pente de montée minimale après une telle panne. Les données en soufflerie et les analyses de profil de vol à partir d'accidents causés par un givrage au sol ont montré que la traînée de l'avion peut être plus que *doublée* par la présence de contaminants, comme le montre la *Figure 1(b)*. Par conséquent, l'avion pourrait ne pas pouvoir monter, ou sa pente de montée pourrait ne pas permettre de franchir les obstacles, même lorsque tous les moteurs fonctionnent.

Cette augmentation de la traînée peut être compliquée par une réduction de la poussée produite par les moteurs si les pales d'hélice ou de soufflante sont contaminées. Dans le cas de l'accident de Washington, l'équipage avait reçu des indications de puissance moteur erronées parce que les capteurs de



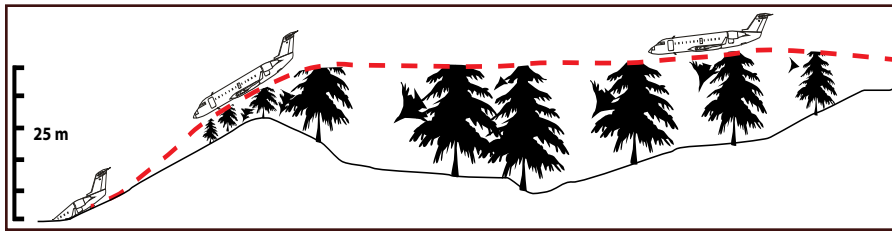
**Figure 2 :** Angle d'attaque en fonction de la portance. Les décrochages de bord d'attaque sont plus soudains que les décrochages de bord de fuite.

pression étaient givrés, et il a réglé la poussée à une valeur inférieure à la normale.

### La lutte pour sortir de l'effet de sol

L'effet de sol influence le comportement d'un avion lorsque ce dernier vole près du sol. Il est surtout notable lorsque la hauteur au-dessus du sol est inférieure à une envergure d'aile. L'effet de sol au cours de l'atterrissage est normalement considéré comme un avantage, car il amortit le toucher des roues, déclenchant parfois une salve d'applaudissements de la part de passagers nerveux. Au décollage, il passe habituellement inaperçu puisque l'avion effectue son cabré et commence rapidement à monter sans que son influence se fasse sentir. Mais le scénario peut être très différent au cours du décollage si les surfaces critiques sont contaminées. Dans ce cas, l'effet de sol peut aider à canaliser de l'air sous les roues, ce qui rassure l'équipage du fait que le décollage est normal et l'engage sans réserve à poursuivre le décollage. Mais c'est à ce moment que les effets de la contamination ne permettent pas à l'avion de monter.

L'effet de sol augmente la portance à un angle d'attaque donné, mais on a montré qu'il réduisait l'angle d'attaque de décrochage de 2 à 4 degrés. L'effet de sol réduit aussi la partie de la traînée attribuable à la portance, ce qu'on appelle la



**Figure 3 :** Illustration du profil de vol vertical de l'accident de Dryden. L'impact s'est produit à 3156 pieds de l'extrémité de départ de la piste 29.

traînée induite. Le problème alors pour un équipage décollant avec un avion contaminé est qu'il a la fausse impression que l'avion se comporte librement au cabré précédant le décollage et qu'il quitte le sol avec succès. À mesure que l'avion entame sa montée initiale, l'effet de sol diminue rapidement, et l'équipage s'aperçoit que l'avion n'accélère plus ou qu'il n'est plus en mesure de monter au taux prévu. L'avion peut continuer alors à se traîner tout juste au-dessus du sol jusqu'à ce qu'il décroche ou qu'il heurte un obstacle. C'est ce qui s'est principalement passé dans les accidents de Gander, de Washington et de Dryden. La *Figure 3* montre le profil de vol à Dryden à titre indicatif.

### Conserver la maîtrise

Lorsqu'un aileron, une gouverne de profondeur ou un gouvernail de direction est déplacé, l'angle d'attaque local de l'air s'écoulant devant une

aile fixe ou une dérive est modifié. S'il y a de la contamination sur ce plan aérodynamique, le changement d'angle d'attaque peut causer un décrochage de l'écoulement d'air local en surface, ce qui se traduit par une brusque diminution ou même l'inversion de la sollicitation exécutée. Par ailleurs, la contamination de la gouverne déplacée peut causer un décrochage de l'écoulement au-dessus de celle-ci, de sorte que le pilote sente peu ou pas de réaction à sa sollicitation aux commandes. Pour un avion dont les gouvernes ne sont pas assistées, l'écoulement perturbé peut rendre inefficaces les compensateurs aérodynamiques et les bords débordants, et exiger du pilote une force excessive aux commandes, possiblement jusqu'au point où il est complètement subjugué et qu'il n'est plus en mesure de conserver la maîtrise en tangage de son appareil.

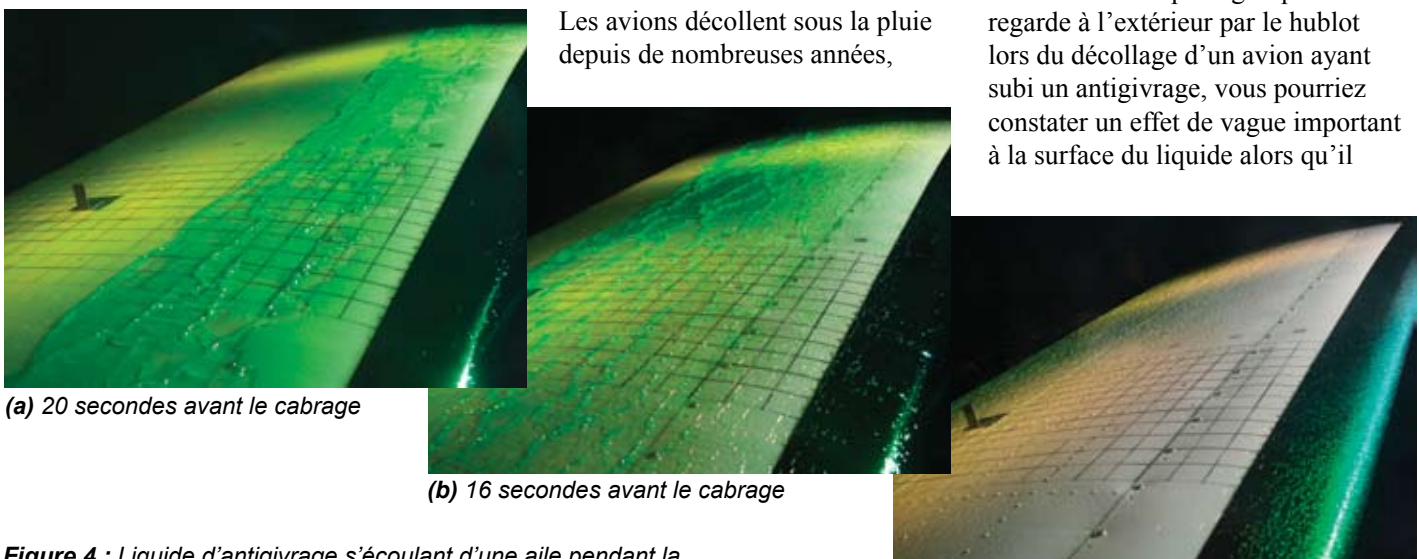
### Pourquoi les liquides d'antigivrage peuvent-ils pénaliser les performances?

Les avions décollent sous la pluie depuis de nombreuses années,

et on a montré que son effet sur le comportement aérodynamique est mesurable, mais négligeable à toutes fins pratiques. Il en est ainsi parce que l'eau présente une faible viscosité (elle s'écoule facilement) et qu'elle est délogée de la surface, sauf une mince pellicule, sous l'effet de l'écoulement aérodynamique.

Les liquides de dégivrage présentent des caractéristiques similaires. Par contre, les liquides d'antigivrage sont efficaces pour protéger les surfaces des précipitations continues parce qu'ils forment une couche protectrice de glycol relativement épaisse (1 à 3 mm) qui est en mesure d'absorber la teneur en eau pendant une période prolongée avant de geler. Ces liquides sont formulés de telle sorte qu'ils présentent une viscosité relativement élevée (ils s'écoulent lentement ou pas du tout) lorsque l'avion est immobile ou qu'il circule au sol à faible vitesse; ils sont donc en mesure de demeurer sur les surfaces sous la forme d'une couche protectrice épaisse. Toutefois, ils passent rapidement à une faible viscosité lorsque les forces aérodynamiques créent un cisaillement à mesure que l'avion accélère et que l'écoulement aérodynamique augmente pendant le décollage. Le liquide commence alors à s'écouler hors de l'aile à mesure que la viscosité diminue.

Si vous étiez un passager qui regarde à l'extérieur par le hublot lors du décollage d'un avion ayant subi un antigivrage, vous pourriez constater un effet de vague important à la surface du liquide alors qu'il



**Figure 4 :** Liquide d'antigivrage s'écoulant d'une aile pendant la simulation d'un décollage et d'un cabrage. Photos : APS Aviation

(c) 4 secondes après le cabrage.





commence à s'écouler pendant que la vitesse de la course au décollage augmente. Cet écoulement de liquide diminue au point où seule une mince pellicule est présente au moment du cabrage et du début de la montée initiale. Des recherches ont montré qu'une fois que l'effet de vague a diminué suffisamment, les effets aérodynamiques de la pellicule qui demeure sont si faibles qu'on peut les considérer négligeables. De nombreux manuels de vol exigent d'augmenter les vitesses de décollage lorsque des liquides d'antigivrage ont été appliqués afin de donner suffisamment de temps au liquide pour s'écouler comme il faut pendant la course au décollage et pour réduire au minimum

ses effets aérodynamiques. La *Figure 4* montre du liquide d'antigivrage s'écoulant d'une aile en soufflerie. Les vagues de liquide sont clairement visibles 20 et 16 secondes avant le cabrage, mais quatre secondes après ce dernier, les traces de liquide sont à peine visibles.

### Résumé

*Le propos de M. Brumby demeure un avertissement convaincant : même une toute petite perturbation de l'écoulement aérodynamique peut causer une forte perte de performances et un risque réel de perte de maîtrise. Tous ceux qui sont concernés par l'autorisation à partir d'un avion, personnel navigant*

*ou personnel de piste, doivent être conscients de cette menace et la prendre très au sérieux.* ♦

*Les questions aérodynamiques sont abordées plus en détail dans trois présentations de l'IOSC de 2005 et une présentation du SCOUIC 2005 énoncées ci-dessous.*

- *IOSC 2005: Operations Under Ground Icing Conditions (Ingold)*
- *IOSC 2005: Aerodynamics Review (White)*
- *IOSC 2005: Winter Precipitation And Its Impact On Aerodynamics (Oleskiw)*
- *SCOUIC 2005: Ice Awareness – Preflight Considerations (Tanner)*

*Voir le page 57 pour des hyperliens à d'autres références utiles.*

## Collision avec le pont à Washington

Le 13 janvier 1982

Aéroport Washington National, Washington (D.C.)

Le vol 90 d'Air Florida devait quitter le Washington National Airport à 14 h 15 (HNE). En raison de chutes de neige, l'aéroport avait été fermé entre 13 h 38 et 14 h 53, afin de permettre aux services de l'aéroport d'effectuer les opérations de déneigement. À environ 14 h 20, le personnel de maintenance avait commencé à dégivrer le côté gauche du fuselage de l'appareil avec du liquide de dégivrage de Type II, car le commandant de bord souhaitait entamer les opérations de dégivrage juste avant que l'aéroport ouvre de nouveau (14 h 30), afin d'être prêt à aligner son appareil en vue du départ. Le personnel au sol avait pulvérisé du liquide sur environ 10 pieds seulement lorsque le commandant de bord a mis fin aux opérations, la réouverture de l'aéroport étant remise à plus tard. Entre 14 h 45 et 14 h 50, le commandant a demandé à l'équipe au sol de reprendre les opérations de dégivrage.

Le personnel a dégivré le côté gauche de l'avion en premier. Pendant les opérations de dégivrage, aucun cache ou capuchon n'a été installé sur les entrées d'air réacteur ou dans les orifices de la cellule.

À 15 h 15, on a procédé à la fermeture des portes de l'aéronef et au retrait de la passerelle. L'équipage

a reçu l'autorisation de refoulement à 15 h 23. En raison de la glace, de la neige et du glycol répandus sur l'aire de stationnement et de la légère inclinaison du sol, le tracteur, qui n'était pas équipé de chaînes, n'a pas réussi à déplacer l'avion. Contrairement aux directives du manuel de vol, l'équipage de conduite a décidé d'utiliser la poussée inverse pour essayer de sortir l'appareil de l'aire de stationnement. Non seulement l'appareil n'a pas bougé, mais la poussée inverse a soufflé de la neige qui a pu se déposer sur la cellule de l'avion et s'engouffrer dans ses moteurs. Le tracteur a été remplacé, et le refoulement a eu lieu à 15 h 35. L'aéronef a finalement amorcé son roulage en direction de la piste 36 à 15 h 38.

Bien qu'un tel procédé ne soit pas autorisé dans le manuel de vol, l'équipage a tenté de dégivrer l'appareil en le plaçant près du flux d'air chaud expulsé par les réacteurs de l'appareil qui le précédait au départ, dans la file d'attente. Il est possible que cette manœuvre ait contribué à l'accrétion de glace sur les bords d'attaque des ailes et à l'obstruction des sondes PT-2 des réacteurs.

À 15 h 57, soit à peu près une heure après le début de l'opération de dégivrage, le commandant de bord



et le copilote ont commencé la liste de vérifications préalable au décollage, ce qui suppose la vérification du réglage du rapport de pression moteur (EPR) sur 2,04 et celle du réglage du curseur de vitesse indiquée. L'équipage a reçu l'autorisation de décoller à 15 h 58. Bien que le copilote ait signalé une anomalie au commandant de bord à quatre reprises pendant la procédure d'envol, ce dernier n'a pas interrompu le décollage. L'appareil a accéléré à un régime inférieur à la normale pendant la course au décollage; il lui a fallu 45 secondes et quasiment 5 400 pieds de piste pour atteindre la vitesse d'envol, soit 15 secondes et environ 2 000 pieds de plus que le point normal de décollage. L'enquête a révélé par la suite que l'équipage n'avait en aucun temps utilisé le dispositif d'antigivrage réacteur et que l'EPR réel était d'environ 1,7, et non de 2,4, comme l'indiquait l'instrument. L'avion a pris de l'altitude, mais il n'a pas pu accélérer après l'arraché. Le vibreur de manche s'est déclenché peu après le décollage et est resté en action jusqu'à l'impact. L'avion a subi un tremblement avertisseur de décrochage, puis est descendu avec un angle d'attaque élevé jusqu'à l'impact. À environ 16 h 1, l'avion a percuté la travée sud-nord du pont de la 14<sup>e</sup> Rue, très achalandée à ce moment-là, avant de plonger dans les eaux glacées du fleuve Potomac. Bilan, 74 des 79 occupants de l'avion ont perdu la vie, ainsi que 4 personnes au sol.

Parmi les causes probables qui ont conduit à l'écrasement, le National Transportation Safety Board a mentionné le fait que l'équipage de conduite a omis d'utiliser le dispositif d'antigivrage réacteur pendant les opérations au sol et le décollage, la décision de poursuivre le décollage alors que la voilure était contaminée par de la neige et de la glace, et le fait que le commandant de bord n'ait pas immédiatement interrompu le décollage alors que le copilote signalait des lectures anormales des instruments moteurs. Les facteurs qui ont contribué à l'accident sont les suivants : la période d'attente prolongée au sol - entre le moment du dégivrage et celui de l'autorisation de décollage de l'ATC - durant laquelle l'avion a été exposé à des précipitations incessantes; la tendance à cabrer du B-737 lorsque les bords d'attaque sont contaminés, même par de faibles quantités de neige ou de glace; et le manque d'expérience de l'équipage en matière de pilotage d'appareil de transport à réaction en conditions hivernales. ◆

Source : NTSB-AAR-82-8

Tiré d'un rapport de Aviation Safety Network : <http://aviation-safety.net/database/record.php?id=19820113-0>

## Transcription de la conversation du poste de pilotage du vol 90

[TRADUCTION]

...Liste de vérifications...

15:59:21 C/P Transpondeur?  
 15:59:21 CdB Sur « ON ».  
 15:59:24 TOUR Palm 90 autorisé à décoller.  
 15:59:28 TOUR Aucun retard au départ s'il vous plaît, trafic deux milles et demi finale pour la piste.  
 15:59:32 CdB OK, à toi les manettes des gaz.  
 15:59:35 [Bruit d'accélération des moteurs]  
 15:59:49 CdB Crie, si tu veux les essuie-glaces.  
 15:59:51 CdB On a les régimes. Très froid. Très froid.  
 15:59:58 C/P Mon Dieu! Regardez ça! Il y a quelque chose qui cloche, non? Ce n'est pas normal ça.  
 16:00:09 CdB Si c'est normal, on arrive à quatre-vingts.  
 16:00:10 C/P Non, je pense que ce n'est pas normal. Ou peut-être que si?  
 16:00:21 CdB Cent vingt.  
 16:00:23 C/P Je ne sais pas.  
 16:00:31 CdB V1. Vas-y doucement, V2.  
 16:00:39 [Bruit du vibreur de manche qui se met en marche et continue jusqu'à l'impact]  
 16:00:41 TOUR Palm 90, contactez le contrôle des départs.  
 16:00:45 CdB Pousse, pousse, vas-y doucement. On a seulement besoin de cinq cents.  
 16:00:48 CdB Pousse en avant, en avant, on monte à peine.  
 16:00:59 CdB On décroche, on tombe!  
 16:01:00 C/P Larry, on va s'écraser, Larry!  
 16:01:01 CdB Je sais.  
 16:01:01 [Bruit d'impact]]



# Rendez-moi mon appareil!

## *Pression opérationnelle et dégivrage*

par le Capt Stéphane « Pacman » Paquet, Direction de la sécurité des vols

Au-delà de la théorie et des procédures mises en place pour gérer le dégivrage des aéronefs dans un environnement opérationnel, le personnel au sol et le personnel navigant doivent faire face à des pressions constantes sous la forme d'une cadence opérationnelle élevée, d'une charge de travail supplémentaire et de délais que peut imposer Dame Nature en hiver. L'incident qui suit met clairement en relief l'interaction insidieuse entre la pression opérationnelle et les procédures de sécurité établies. Il est tiré du SGESV, numéro 119728.

L'événement a eu lieu en janvier 2005, à la 4<sup>e</sup> Escadre Cold Lake alors qu'une section de quatre CF18 s'apprêtaient à décoller pour une mission d'entraînement l'après-midi. Les quatre appareils en question avaient déjà volé dans la matinée, et les quatre pilotes avaient signalé des signes de givrage parce qu'un avertissement de givrage d'entrée d'air moteur s'était affiché sur les écrans numériques du poste de pilotage. Le pilote en service aux opérations a avisé le superviseur de l'entretien courant de ce fait, et l'information a alors été communiquée au superviseur de piste avec instruction que les équipes de piste vérifient les moteurs en rampant à l'intérieur, puis qu'ils inspectent le reste de la structure des avions à la recherche de givre.

Les équipes de piste, composées de techniciens expérimentés et subalternes, ont effectué l'inspection, et un seul technicien a signalé une très mince couche de givre sur les bords d'attaque des entrées d'air moteur. Les autres n'ont signalé aucun givrage. Les

choses en sont restées là jusqu'à ce que les pilotes de l'après-midi signent la prise en charge de leur appareil et effectuent l'inspection extérieure avant vol. Pendant cette inspection, ils ont découvert du givre sur les bords d'attaque des ailes ainsi que sur les entrées d'air moteur. L'information a alors été communiquée de nouveau au superviseur de piste, puis au superviseur de l'entretien courant.

Selon les procédures établies, le superviseur de l'entretien courant a contacté le service de dégivrage de l'escadre et il a été avisé qu'il y aurait un délai d'au moins 30 minutes avant que le véhicule de dégivrage puisse fournir son service aux appareils en question, car il fallait d'abord réchauffer le liquide de dégivrage avant de l'appliquer. Dans l'intervalle, les appareils d'un autre escadron, qui participaient aussi à la mission, s'apprêtaient à démarrer, ajoutant encore plus de pression à la résolution rapide du problème de dégivrage. Après une autre inspection des appareils en question, des superviseurs supérieurs de maintenance ont suggéré de remorquer les quatre appareils dans le hangar pour permettre au givre de fondre. Compte tenu des délais occasionnés, l'officier des opérations de l'escadron (O Ops) a jugé cette solution inacceptable. Impatient, il a demandé pourquoi d'autres solutions n'étaient pas envisagées et a commencé à proposer diverses méthodes de dégivrage non approuvées, allant de l'utilisation des techniciens disponibles pour qu'ils réchauffent de leurs mains les entrées d'air moteur givrées, jusqu'à l'utilisation d'eau chaude, de chiffons

et de serviettes pour sécher le tout.

Un échange houleux a suivi entre l'O Ops et un officier de maintenance, qui était moins gradé, devant le personnel d'entretien courant de l'escadron et les pilotes des appareils en question. Sur les instructions de l'O Ops, une méthode improvisée de dégivrage faisant appel à de l'eau chaude et à des chiffons a été tentée, mais elle a dû être interrompue car elle ne faisait qu'empirer le problème. On a alors décidé d'utiliser une carte de crédit et le grattoir du véhicule de piste pour enlever le givre des entrées d'air moteur. Finalement, et grâce à des moyens non autorisés, le givre a été éliminé des entrées d'air moteur seulement, les bords d'attaque des ailes demeurant toujours contaminés par ce qui était perçu comme étant une mince couche de givre. Les pilotes ont jugé que cette situation était acceptable, et ils ont commencé à démarrer leurs moteurs après un délai de 45 minutes. Ils ont par la suite rejoint les autres appareils de l'escadron qui les attendaient toujours à l'entrée de la piste. Tous les appareils ont décollé et ont effectué la mission prévue sans autre incident.

Cet événement est un exemple flagrant de la façon selon laquelle la pression opérationnelle, perçue ou réelle, peut prendre de l'ampleur dans une période relativement courte et culminer par un écart volontaire par rapport à des procédures et à des normes bien établies. Sans aucun doute, à la base de ces interventions, on note une méconnaissance des effets du givre sur un aéronef, même en quantités relativement petites. L'équipe d'entretien courant qui





a effectué les inspections avant vol initiales n'a pas perçu que la présence de givre sur les ailes ou les entrées d'air moteur présentait une menace et, par conséquent, ne l'a pas signalée. Le personnel navigant, tout en sachant que ce contaminant était présent, était disposé à accepter un moyen non autorisé de l'éliminer et, finalement, a accepté de décoller alors que du givre se trouvait toujours

sur le bord d'attaque des ailes. La direction de l'escadron a également joué un rôle dans cet incident, puisque l'O Ops a laissé faire une situation, et y a contribué, où la pression opérationnelle s'est soldée par une gestion inverse du risque. En effet, le désir d'exécuter une mission d'entraînement régulière en temps de paix a pris le dessus sur les principes fondamentaux de la sécurité des vols.

Au-delà des lacunes de connaissances et de la mauvaise gestion du risque qui ont marqué cet incident, il y a le fait que, ce jour-là, on a montré au personnel navigant du CF18 et au personnel de piste qu'en matière de givrage des aéronefs, il est possible de contourner les règlements et qu'un peu de givre est négligeable, ce qui est contraire à tout ce qui est bien connu dans le monde de l'aviation. ♦

## La performance sous pression

### Good Show remis au Capitaine Bonnie Blocka

*L'article suivant est tiré d'une distinction Good Show présentée au Capitaine Blocka en 2007. Le texte illustre une situation durant laquelle la suite d'événements reliés à un incident a été interrompue non pas par la première, ni même la deuxième ligne de défense, mais bien par l'intervention d'une personne entre les deux qui a réalisé l'ampleur du danger et s'est prononcée en conséquence.*

Le 15 janvier 2007, la Base des Forces Canadiennes de Trenton était aux prises avec d'importantes précipitations verglaçantes. Le service de contrôle de la neige et de la glace (SCNG) arrivait à peine à maintenir l'aérodrome ouvert. Le Capitaine Blocka, officier de service (OS) de la 8<sup>e</sup> Escadre, a communiqué avec l'entreprise Skylink, responsable du contrat des FC pour les Ilyushin Il-76, afin de lui faire part des mauvaises conditions à l'aérodrome et de lui suggérer de reporter l'heure de départ. Lorsque les conditions météorologiques se sont améliorées, elle a effectué une inspection de la piste, de la voie de circulation et de l'aire de trafic. Au cours de son inspection, elle s'est arrêtée près de l'IL-76 et elle a constaté qu'il y avait une importante accumulation de glace (au moins ¼ po) sur les moteurs, les fenêtres, le fuselage et l'empennage de l'aéronef.

Lorsque l'équipage de l'IL-76 est arrivé à l'heure reportée, le Capt Blocka l'a informé de l'accumulation de glace sur l'appareil et elle a commencé à expliquer les procédures de dégivrage de la 8<sup>e</sup> Escadre. Le commandant de l'IL-76 l'a rapidement interrompue pour lui dire que l'appareil n'avait pas besoin de dégivrage. Le Capt Blocka, qui est pilote d'Embraer et instructeur sur simulateur pour Air Canada et qui possède 18 ans d'expérience de vol, a répété qu'elle avait personnellement inspecté l'appareil et que celui-ci devait passer au dégivrage. L'équipage continuait de dire que le dégivrage n'était pas nécessaire. Aucunement découragée par la situation, le Capt Blocka s'est rendue jusqu'à l'appareil avec l'équipage pour lui montrer les surfaces hautement contaminées. L'équipage de l'IL-76 s'entêtait à dire que le gros aéronef russe n'avait pas besoin de

dégivrage. Le Capt Blocka a alors expliqué avec tact, mais fermement, que selon les règlements de la 8<sup>e</sup> Escadre, aucun aéronef ayant un degré de contamination comme celui qu'elle avait sous les yeux ne pouvait être autorisé à décoller, quel que soit son pays d'immatriculation.

Le commandant de l'IL-76 a alors hoché la tête et il est monté à bord de l'appareil.

Puisque le Capt Blocka n'était pas du tout certaine, à ce moment-là, des intentions du commandant, elle a décidé de communiquer avec le contrôleur sol de l'ATC pour lui signaler clairement de diriger l'IL-76 vers l'aire de dégivrage. Peu de temps après le début du dégivrage, la vigilance de le Capt Blocka a encore été mise à l'épreuve lorsque six membres de l'équipage sont descendus de l'appareil pour essayer de parler à l'équipe de dégivrage alors qu'une quantité importante de glycol dégoûtait des ailes. Elle a immédiatement fait cesser les opérations de dégivrage et elle a demandé à l'équipage de remonter à bord et de fermer les portes conformément aux procédures d'utilisation normalisées. L'équipe de dégivrage a alors été avisée de dégivrer l'aéronef comme s'il s'agissait de n'importe quel autre aéronef.

Le professionnalisme dont a fait preuve le Capt Blocka est tout simplement impressionnant. Ses actions ont, sans l'ombre d'un doute, contribué à éviter une situation potentiellement catastrophique. Sa ténacité et sa détermination à faire respecter les bonnes pratiques de sécurité ont été remarquables. Le Capt Blocka mérite vraiment que l'on reconnaisse les efforts qu'elle a déployés au moment de cet incident pour le moins difficile. ♦



# Méthodes de dégivrage

par Ken Walper, P.Eng., ingénieur en systèmes mécaniques, Direction de la navigabilité aérienne et du soutien technique

L'exploitation d'un aéronef dans des conditions givrantes au sol menace la sécurité. Ces activités ont été le témoin d'un nombre important de pertes de vies humaines et d'aéronefs.

Le principal défi auquel fait face un aéronef lors de chutes de neige, de bruine verglaçante ou d'autres précipitations verglaçantes au sol est celui d'atteindre le point de décollage avec une voilure prête à décoller sur le plan aérodynamique. La première étape consiste à nettoyer les surfaces critiques d'un aéronef selon la réglementation et au moyen des méthodes appropriées.

## Réglementation

### **B-GA-100-001/AA-000, Chapitre 9, para 44**

*À moins d'indications contraires dans les ITFC, aucun décollage ne doit être tenté lorsqu'il y a du givre, de la neige, de la glace ou toute autre contamination de surface adhérant aux surfaces critiques d'un aéronef. Les surfaces critiques comprennent les ailes, les gouvernes, les rotors, les hélices, les stabilisateurs et les dérives, et toute autres surface stabilisatrice, ainsi que la partie supérieure de fuselage des aéronefs dotés de moteurs à l'arrière, sans toutefois s'y limiter. On ne doit tenter aucun décollage lorsque le tube pitot ou les orifices de la prise statique sont bloqués. Il faut employer des techniques et des liquides approuvés pour enlever la contamination ou l'obstruction avant le décollage. Si possible, on utilisera les tables de durée d'efficacité pour déterminer la durée approximative de la protection offerte par les liquides anti-givre et dégivrant.*

## Techniques

### **Nature**

La façon la plus écologique de dégivrer un aéronef lorsque le temps n'est pas un facteur est de laisser l'aéronef au soleil. Bien qu'il ne soit pas pratique sur le plan opérationnel de dégivrer de cette manière, il peut être possible de stationner l'aéronef dans un endroit ensoleillé pour prendre de l'avance sur le dégivrage.

### **Moyens mécaniques**

Il y a une grande variété d'accessoires permettant d'aider à éliminer des contaminants gelés d'un aéronef. Des facteurs comme la température, la quantité de contaminants, la taille de l'aéronef, le vent, l'emplacement de la contamination et les ressources disponibles contribuent tous à la décision de choisir un moyen approprié. Quel que soit le moyen finalement choisi, celui-ci ne doit pas endommager l'aéronef.

Voici un certain nombre des moyens mécaniques les plus courants pour éliminer ou prévenir la contamination :

1. Pour éliminer les contaminants :
  - a) balais
  - b) brosses
  - c) cordes
  - d) racloirs
2. Pour éviter la contamination :
  - a) housses d'aile
  - b) housses de rotor
  - c) hangar

### **Notes**

1. Il faut utiliser avec très grand soin les moyens mécaniques pour éliminer les contaminants. Les composants vulnérables de l'aéronef comprennent entre autres les antennes, les tubes de Pitot, les prises statiques, les

pare-brise, les capteurs d'angle d'attaque, les générateurs de tourbillons et les gouvernes.

2. Pour plus de renseignements, consulter le document TP14052F de Transports Canada, intitulé *Lignes directrices pour les aéronefs – Lors de givrage au sol*, daté d'avril 2005<sup>1</sup>.

### **Liquides**

Le moyen le plus largement utilisé pour dégivrer un aéronef en temps opportun pendant les conditions de givrage au sol consiste à recourir à des liquides chauffés. Les liquides sont habituellement à base de glycol et sont appliqués sous pression.

### **Air forcé**

Le recours à l'air forcé est en train de devenir un moyen de plus en plus courant pour éliminer les contaminants. L'air forcé peut réduire considérablement la quantité de liquide de dégivrage nécessaire, surtout lorsqu'il sert à enlever de la neige folle d'un aéronef. De l'air forcé chauffé peut aussi servir à enlever des contaminants gelés qui adhèrent aux surfaces, mais c'est une opération ardue.

On a récemment évalué comment l'air forcé pouvait être utilisé de façon hybride. Il s'agirait de procéder d'abord à l'application de liquides d'antigivrage, puis de se servir de l'air forcé pour « transporter » ces liquides sur une plus grande distance. L'opérateur peut ainsi mieux distribuer le liquide d'antigivrage, ce qui est particulièrement utile pour l'antigivrage de grandes surfaces. Cette méthode n'est pas encore largement utilisée. ♦

<sup>1</sup> [www.tc.gc.ca/AviationCivile/publications/tp14052/menu.htm](http://www.tc.gc.ca/AviationCivile/publications/tp14052/menu.htm)

# Infiltration insidieuse

*par un pilote anonyme*

Il y a 20 ans, j'étais instructeur à la 2<sup>e</sup> École de pilotage des Forces canadiennes (2 EPFC) sur CT114 *Tutor*. Je volais de Sault Ste. Marie vers Thunder Bay dans le cadre d'une mission de formation « de navigation vers l'est » de cinq jours en compagnie d'un élève-pilote qui se trouvait à la fin de sa formation en pilotage. C'était vers la fin de novembre, et la visibilité à l'aérodrome ainsi que le plafond commençaient à se gâter rapidement dans de fortes averses de neige. L'élève-pilote a

exécuté sans problème l'approche ILS et l'atterrissage à Thunder Bay, et nous avons roulé vers l'aire de trafic de l'exploitant local des services aéronautiques à l'aéroport dans des averses de neige de plus en plus fortes. La température avoisinait le point de congélation.

Nous avons fait le plein de carburant, attrapé un café et attendu à l'aéroport que la neige cesse avant de continuer notre mission d'entraînement et de

nous rendre à notre prochaine destination prévue : la base aérienne de Grand Forks, dans le Dakota du Nord. Une fois que la neige a cessé, nous sommes sortis et avons trouvé notre avion recouvert d'un ou de deux pouces de neige lourde et mouillée. À l'aide de balais, nous avons déneigé les surfaces de l'avion. À cause de la température et du fait que la neige était lourde et mouillée, nous avons pu l'enlever assez facilement.







Nous avons aussi passé le balai sur le dessus du stabilisateur, mais comme ce dernier est situé sur le dessus de la dérive, nous ne pouvions vraiment apercevoir toute sa surface supérieure. Néanmoins, nous étions certains d'y avoir enlevé toute la neige. Personne n'a pensé à pulvériser du liquide de dégivrage sur l'avion. Je n'avais jamais vu cette opération sur un *Tutor* et je ne suis pas sûr que les services aéronautiques de l'aéroport offraient même ce service.

D'autres averses de neige approchaient, alors nous nous sommes rapidement sanglés dans l'avion, avons obtenu notre autorisation IFR, démarré et roulé vers la piste en service. L'aérodrome a subi une autre

averse de neige importante tout juste au moment où nous avons pris l'air. Mais nous n'étions pas inquiets parce que nous nous dirigeons vers le sud vers des températures quelque peu plus chaudes et du temps plus clément. L'élève-pilote était aux commandes et nous franchissions les 8000 pi en montée, toujours en IMC, lorsque j'ai senti l'avion effectuer brutalement un mouvement de tangage d'environ 5 degrés. Bien sûr, j'ai immédiatement présumé que l'élève-pilote avait commis une erreur et je lui ai demandé ce qu'il faisait. Je me rappelle les gros yeux qu'il m'a faits à travers la visière transparente de son casque en répondant qu'il n'y était pour rien et que le manche semblait coincé longitudinalement. J'ai pris les commandes de l'avion et j'ai

rapidement confirmé que le manche *était effectivement* partiellement coincé longitudinalement. Je pouvais déplacer le manche d'avant en arrière, mais il devenait très raide près du point neutre; si je poussais ou tirais suffisamment fort, je parvenais à le dégager.

Dans l'intervalle, nous sommes sortis au-dessus des nuages et avons réévalué la situation. Nous éprouvions des difficultés à maîtriser notre appareil, mais nous étions en mesure de conserver une assiette raisonnable en tangage, même si le déplacement longitudinal du manche était très ardu. Thunder Bay se trouvait près des limites d'approche, et la piste était recouverte de neige : situation pas très brillante compte tenu du comportement de notre appareil. À peu près à ce moment, j'ai finalement compris ce qui se passait et je me suis rendu compte qu'un restant de neige ou de neige mouillée se trouvait entre la gouverne de profondeur et le stabilisateur, et qu'il avait gelé lors de la montée initiale, ce qui gênait le déplacement de la gouverne.

La température à Grand Forks se situait au-dessus du point de congélation, soit à 5 °C, et nous avons donc poursuivi notre vol jusqu'à cet endroit en espérant que notre problème était bien une accumulation de glace et que cette dernière fondrait pendant la descente dans l'air plus chaud de Grand Forks. Pour le moment, l'avion demeurait gouvernable, mais la commande en tangage ne s'était toujours pas assouplie.

Comme nous l'avions espéré, les sollicitations sur la gouverne de profondeur sont devenues moins difficiles pendant la descente

à Grand Forks, et il a semblé que ce qui obstruait la gouverne avait maintenant fondu ou était autrement disparu. Nous nous sommes posés sans problème et avons roulé vers l'aire de stationnement. Après l'arrêt du moteur, nous avons demandé une échelle pour inspecter l'empennage afin de voir ce qui aurait pu avoir causé nos difficultés et vérifier s'il y avait des traces de dommage. Il n'y en avait pas.

À la fin de la journée, j'étais d'avis que nos problèmes avec la gouverne de profondeur avaient été causés par l'accumulation de neige ou de neige mouillée entre la gouverne et le stabilisateur lorsque nous avons tenté de déneiger l'empennage. Ce restant de neige avait probablement gelé pendant que nous nous stabilisions en vitesse de montée et que nous corrigions légèrement la position de la gouverne de profondeur. Lorsque nous avons tenté de déplacer la gouverne de profondeur de façon plus importante, la masse de neige gelée a entravé la gouverne et l'a empêchée de se déplacer. Heureusement, en fin de compte, l'obstruction a pu être éliminée, et nous n'avons pas eu besoin de nous éjecter.

Quelles leçons ai-je tiré de cette aventure? Premièrement, si vous devez recourir à un moyen mécanique pour dégivrer votre appareil, assurez-vous qu'il élimine toute la glace, surtout ce qui pourrait rester pris dans les fentes et les espaces libres autour des gouvernes. Deuxièmement, une pulvérisation dégivrante aurait été un moyen plus indiqué et plus sûr de nettoyer l'avion. ♦

# La physique et la chimie derrière les liquides de dégivrage et d'antigivrage

par Laird McKinnon, ingénieur des sciences aéronautiques, Direction de la navigabilité aérienne et du soutien technique

La contamination d'une aile ou d'une gouverne peut perturber l'écoulement aérodynamique et gêner les surfaces portantes et les gouvernes d'un aéronef. La neige, la glace, le givre ou tout autre type de précipitation hivernale deviennent rapidement des contaminants dangereux lors des opérations par temps froid. Le meilleur moyen d'éliminer ces contaminants d'une aile consiste à utiliser un liquide de dégivrage. Toutefois, s'il faut faire décoller un aéronef pendant des précipitations actives en hiver, il faut aussi protéger les surfaces de l'aéronef pendant le roulage et le décollage. Le meilleur moyen d'assurer une protection prolongée après le dégivrage consiste à utiliser un liquide d'antigivrage.

## Spécifications des liquides

La Society of Automotive Engineers (SAE) a élaboré des spécifications que doivent respecter les liquides de dégivrage et d'antigivrage, et les Forces canadiennes n'utilisent que des liquides conformes aux spécifications de la SAE. La spécification de matériel aéronautique (Aircraft Material Specification (AMS) 1424) de la SAE précise les spécifications de comportement des liquides de dégivrage. Le liquide AMS 1424 de la SAE est couramment appelé liquide de Type I.

Les spécifications de rendement des liquides d'antigivrage figurent dans le document AMS 1428 de la SAE. Les liquides d'antigivrage de la spécification AMS 1428 sont les

liquides de Type II, de Type III et de Type IV.

Pour figurer sur la liste des liquides certifiés publiée par Transports Canada et la FAA, chaque liquide de dégivrage et d'antigivrage doit subir des tests touchant ses propriétés physiques, son pouvoir antigivrant, sa propriété sur le plan aérodynamique et sa durée d'efficacité.

## Propriétés physiques

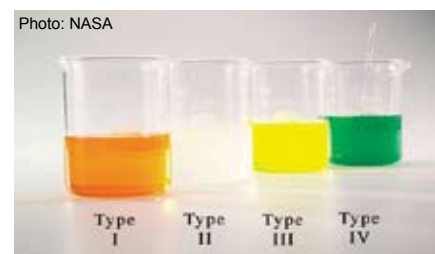
Tous les liquides doivent être essentiellement exempts de matières en suspension et être homogènes à la livraison.

Les principaux ingrédients du liquide de dégivrage de Type I sont le glycol (éthylène glycol [EG] ou propylène glycol [PG]) et l'eau. Les liquides PG diffèrent principalement des liquides EG en ce que les premiers sont plus écologiques, tandis que les liquides EG présentent habituellement une température minimale d'utilisation opérationnelle (LOUT) inférieure.

Les liquides de dégivrage sont également stables au cisaillement<sup>1</sup> et ils peuvent être déplacés ou livrés sous pression par pompe centrifuge, pompe à engrenages, pompe à rotor hélicoïdal excentré ou pompe à membrane sans que leur rendement soit compromis. On a récemment montré que les liquides de dégivrage offraient très peu de protection pendant les précipitations

<sup>1</sup> **Stable au cisaillement :** la viscosité ne se dégrade pas à l'application de forces de cisaillement.

actives en hiver, parce que la plus grande partie du liquide s'écoule de l'aéronef pour tomber sur l'aire de dégivrage.



**Figure 1 :** Couleur de chacun des liquides : Type 1 (orange), Type II (jaune paille), Type III (jaune) et Type IV (vert).

Similaires aux liquides de Type I, les liquides d'antigivrage contiennent aussi principalement du glycol (EG ou PG) et de l'eau. La principale différence est que ces liquides contiennent des épaississants. Ces épaississants aident à assurer qu'une couche de 1 à 3 mm de liquide d'antigivrage demeure sur l'aéronef pour offrir une protection supplémentaire. Très peu de liquide d'antigivrage va s'écouler d'un aéronef immobile ou au roulage. Les épaississants ont été formulés de manière à ce que le liquide d'antigivrage soit un liquide non newtonien à fluidification. Cela signifie qu'au repos, le liquide présente une viscosité très élevée, mais une fois qu'une force de cisaillement (comme l'écoulement aérodynamique sur l'aile pendant le décollage) est appliquée, la viscosité diminue de beaucoup. Le liquide s'écoule alors de l'aile avant que l'aéronef atteigne sa vitesse de cabrage. Il est essentiel d'éviter de

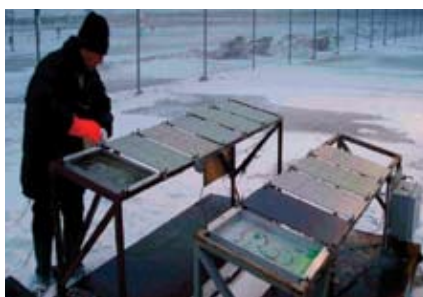


cisailler le liquide pendant le pompage, car serait alors détruite la capacité du liquide de maintenir une pellicule épaisse. Seules les pompes à faible cisaillement (p. ex. pompe à membrane ou pompe à rotor hélicoïdal excentré) ou de l'air sous pression peuvent être utilisés.

Scientific Material International (SMI) de Miami, en Floride, effectue les essais de propriétés physiques pour la certification des liquides en Amérique du Nord. Les essais comprennent la mesure de la stabilité thermique, de la stabilité en stockage et de la stabilité au cisaillement, de paramètres environnementaux, de la viscosité, du point d'éclair, du pH, des propriétés moussantes ainsi que l'évaluation de l'assèchement et de la corrosion.

### Essais du pouvoir antigivrant

La détermination du pouvoir antigivrant nécessite deux essais : un essai de durée d'efficacité à l'aspersion d'eau et un essai de durée d'efficacité en milieu hautement humide. Ces essais servent à démontrer que les liquides peuvent conserver leurs propriétés requises pendant une période minimale lorsqu'il y a ajout d'eau. Le Laboratoire international des matériaux antigivre (LIMA), à l'Université du Québec à



*Détermination des durées d'efficacité au moyen de l'essai à la plaque horizontale*

Chicoutimi, effectue ces deux essais, conformément à la spécification AS 5901.

### Essais de durée d'efficacité

Chaque année, Transports Canada et la Federal Aviation Administration (FAA) exigent des essais de durée d'efficacité pour les nouveaux liquides et les liquides qui doivent être certifiés de nouveau. Les essais de durée d'efficacité se font au moyen de l'essai à la plaque horizontale dans lequel une plaque en aluminium est inclinée de 10° pour simuler le bord d'attaque ou le bord de fuite d'une aile sur laquelle le liquide s'écoulera plus ou moins rapidement (*Figure 1*). Le liquide est versé sur la surface et exposé à des conditions givrantes, puis on note le temps nécessaire pour qu'il atteigne un état final prédéterminé (point de défaillance du liquide). Des essais antérieurs ont prouvé que les critères de défaillance pour l'essai à la plaque horizontale étaient suffisamment représentatifs de la défaillance d'un liquide sur une aile.

APS Aviation Inc., de Montréal, effectue des essais de durée d'efficacité au Canada en fonction des spécifications ARP 5485 et ARP 5945 de la SAE.

### Essais aérodynamiques

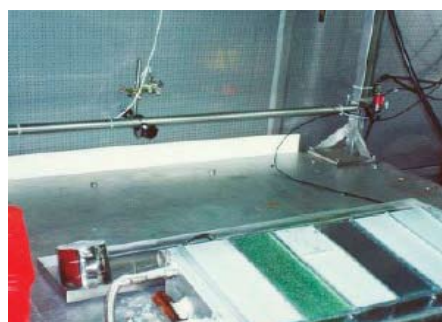
Les liquides de dégivrage et d'antigivrage sont des contaminants « contrôlés » qui sont appliqués sur les surfaces d'un aéronef. Tous les liquides doivent subir un essai en soufflerie visant à démontrer qu'ils s'écouleront de l'aéronef pendant un décollage représentatif. Des essais

aérodynamiques antérieurs menés par la NASA ont validé la corrélation entre les résultats des essais en soufflerie et ceux obtenus sur la « vraie » aile du Boeing 737 ayant servi d'aéronef d'essai. Cette corrélation permet d'utiliser un essai en soufflerie uniforme pour de multiples types d'aéronef. Le LIMA effectue des essais en soufflerie pour la qualification des liquides en fonction de la spécification AS 5900.

L'essai aérodynamique se déroule de la façon suivante : le liquide à tester est appliqué sur une plaque horizontale montée dans la soufflerie. La vitesse en soufflerie augmente alors graduellement jusqu'à une vitesse d'essai prédéterminée. L'effet aérodynamique du liquide sur l'écoulement aérodynamique passant sur la plaque est mesuré et comparé à l'écoulement sur une plaque propre. Le résultat de l'essai est évalué par rapport au critère de l'épaisseur de déplacement d'une couche limite standard, puis on détermine si le liquide a réussi ou a échoué à l'essai. De nombreux essais en soufflerie sont exécutés pour chaque liquide sur une certaine plage de températures afin de déterminer la température à laquelle l'épaisseur du liquide correspond à un échec à l'essai. Sur le plan aérodynamique, cette température devient alors la température minimale d'utilisation opérationnelle (LOUT); toutefois, une évaluation du point de congélation est nécessaire pour déterminer la LOUT du liquide en service. Les vitesses utilisées en soufflerie dépendent du type de liquide testé; par exemple, les liquides de Type III sont utilisés sur les aéronefs dont les vitesses de décollage sont réduites.

### Température minimale d'utilisation opérationnelle

Il est important de déterminer la température minimale d'utilisation opérationnelle (LOUT) du liquide. Afin de déterminer cette température, il faut d'abord déterminer la dilution au moyen d'un réfractomètre (valeur Brix), puis consulter les données du



*Installation pour l'essai de durée d'efficacité à l'aspersion d'eau au LIMA.*



*La veine d'essai de la soufflerie du LIMA. Source : APS Aviation*





*Pendant l'essai initial de durée d'efficacité, les durées obtenues sur plaque horizontale ont été comparées aux durées d'efficacité réelles sur aile, et l'on a déterminé que l'utilisation de la méthode à plaque horizontale était représentative des surfaces d'un aéronef. Photo : APS Aviation*

fabricant pour déterminer le point de congélation.

La LOUT de tous les liquides est déterminée comme étant la plus élevée des valeurs suivantes :

La température la plus basse à laquelle le liquide réussit l'essai d'acceptation aérodynamique approprié en soufflerie.

Le point de congélation du liquide augmenté d'un tampon de 7 °C (10 °C pour les liquides de Type I).

### Dilution

Différentes dilutions de liquide de dégivrage et de liquide d'antigivrage peuvent être utilisées pour aider à réduire au minimum la quantité de glycol rejetée dans l'environnement. Elles aident aussi à réduire les coûts, parce que moins l'on utilise de glycol, plus économique sera l'application de liquide. Dans le cas des liquides de Type I, il est important de respecter les indications du fabricant pour la dilution. Il ne faut jamais appliquer les liquides de Type I sans les avoir dilués (100 % glycol), car le point de congélation le plus bas sera réellement atteint si le liquide est dilué. Habituellement, il y a une dilution maximale recommandée pour un liquide donné.

On peut diluer les liquides d'antigivrage, mais encore là il faut respecter les indications du fabricant.

Ces liquides ne peuvent être dilués que dans les solutions suivantes de glycol et d'eau : 100/0, 75/25 et 50/50. Quel que soit le liquide utilisé et sa dilution, il faut aussi se conformer aux tableaux de durées d'efficacité de Transports Canada. S'il n'y

a pas de durée d'efficacité pour une dilution donnée, à une température donnée, pour un liquide donné, il faut alors s'abstenir d'utiliser ce liquide. Les liquides d'antigivrage sont très peu dilués en Amérique du Nord, mais cette pratique est courante en Europe.

### Impact sur l'environnement

Le meilleur moyen de réduire au minimum l'impact des liquides de dégivrage et d'antigivrage sur l'environnement consiste à récupérer le liquide des aires de dégivrage. On le fait souvent au moyen d'un système de drainage spécial ou au moyen de gros camions aspirateurs. Une fois récupéré, le liquide peut être recyclé en d'autres produits, comme du liquide de refroidissement pour moteur d'automobile. Les liquides EG et PG sont tous deux biodégradés dans l'environnement; par contre, les liquides EG présentent une demande biologique en oxygène (DBO) supérieure et ils peuvent, de ce fait, causer une réduction ou un appauvrissement des niveaux d'oxygène dissous dans les cours d'eau récepteurs, ce qui risque de nuire à la vie aquatique.

### Stockage et manipulation

Des matériaux convenables pour les réservoirs de stockage sont l'acier au carbone enduit bien entretenu, le polyester opaque renforcé de fibre de verre, le polyéthylène opaque,

l'aluminium ou l'acier inoxydable.

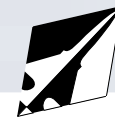
Idéalement, les liquides de dégivrage doivent être stockés non chauffés. Le liquide peut être conservé dans un contenant de stockage chauffé en attente avant ou durant les activités de dégivrage afin de gagner du temps lorsqu'on le chauffe à la température finale d'application, mais il est important d'éviter de le chauffer inutilement pendant les périodes d'inactivité, car le liquide pourrait subir une dégradation thermique. Pour cette raison, il est nécessaire de procéder à des essais périodiques du liquide, surtout en début de saison où il pourrait être nécessaire de requalifier le liquide.

Les liquides sont formulés avec des composants qui doivent être stables si les liquides sont stockés dans un endroit non chauffé. Cependant, il est prudent de tester périodiquement le liquide pour assurer qu'il convient toujours à l'usage. Il faut respecter les recommandations de durée de vie en stockage du fabricant pour assurer que le liquide peut toujours être utilisé.

Il est important de consulter la fiche signalétique de chaque liquide auquel les utilisateurs pourraient être exposés. Il faut porter une attention spéciale aux exigences relatives à l'équipement de protection individuelle; assurez-vous que tout le personnel respecte les procédures de manipulation recommandées par le fabricant.

Enfin, il est important d'établir un programme de formation complet et un système de contrôle de la qualité afin d'être en mesure de faire face à toutes les complexités liées aux liquides de dégivrage et d'antigivrage. ♦

*Une bonne partie des renseignements et la plupart des photos du présent article sont tirés d'une présentation d'APS Aviation Inc. à l'IOSC 2005, intitulée Essai des liquides de dégivrage et d'antigivrage au sol, de Mike Chaput, accessible sur le RED à <http://winnipeg.mil.ca/a3mar/Docs/Icing%20info/2005/Presentations/DND-OCTOBER%2012.pdf>.*



# L'utilisation des liquides de dégivrage et d'antigivrage pendant les opérations givrantes au sol

par Ken Walper, P.Eng., ingénieur des systèmes mécaniques, Direction de la navigabilité aérienne et du soutien technique

## Liquides de dégivrage d'aéronef

La façon la plus répandue de dégivrer, en temps opportun, un aéronef pendant des conditions de givrage au sol consiste à utiliser des liquides chauffés, vaporisés sous pression.

## Utilisation des liquides pour le dégivrage

Les liquides de dégivrage d'aéronef, appelés liquides de Type I de la SAE, sont conçus principalement pour déloger des contaminants gelés des surfaces critiques d'un aéronef avant le décollage, mais ils possèdent aussi une capacité très limitée de protéger un aéronef de toute accumulation de contaminants gelés. Ces liquides sont chromocodés et prennent un aspect orange à l'application.

Récemment, des essais ont révélé que les principaux mécanismes à l'œuvre lorsqu'on utilise un liquide chauffé de Type I pour enlever des contaminants gelés sont la pression et l'énergie thermique du liquide. Contrairement à ce qui était admis précédemment, ce n'est pas le glycol en lui-même qui déloge les contaminants gelés des surfaces d'un aéronef, mais plutôt la chaleur et la pression avec laquelle le glycol est appliqué. Les liquides de Type I sont habituellement chauffés entre 60 et 80 °C. Le glycol des liquides de Type I offre au pilote une protection très limitée contre toute contamination ultérieure lorsqu'il se prépare pour le décollage ou pendant qu'il attend l'application d'un liquide

OAT [°C]	WEATHER CONDITIONS				
	Frost	Freezing Fog	Steady Snow	Freezing Rain	Rain on Cold Soaked Wing
+ 0 and above	45 min.	30 min.	15 min.	5 min.	15 min.
- 0 to - 7	45 min.	15 min.	15 min.	3 min.	
- 8 and below	30 min.	15 min.	15 min.		

Figure 1 : Tableau de durées d'efficacité vers 1989, montrant des durées d'efficacité par trop optimistes.

d'antigivrage plus avancé (Type II, III ou IV) sur son appareil.

Des essais dans un environnement contrôlé ont révélé qu'on ne peut se fier aux liquides de Type I pour offrir une protection antigivrage prolongée pendant des précipitations actives. Les tableaux de durées d'efficacité d'origine pour les liquides de Type I se sont révélés par trop optimistes (Figure 1). Cette constatation se vérifie dans les valeurs de durées d'efficacité considérablement réduites pour les liquides de Type I à partir de 2001 (Figure 2) (page 32). Par exemple, la durée d'efficacité dans de la neige légère est passée de 15 à 4 minutes. Noter aussi que le décompte pour une durée d'efficacité

commence au début de l'application du liquide, de sorte que le temps disponible pour effectuer le décollage après que le camion de dégivrage s'est retiré est effectivement non existant dans de nombreux cas lorsque l'avion est exposé à des précipitations continues. Il faut tout faire pour accélérer le dégivrage et le départ subséquent de l'avion dans ces conditions. Il convient, par exemple, d'envisager l'utilisation de deux camions de dégivrage par aéronef chaque fois qu'ils sont disponibles et de revoir la capacité de dégivrage moteurs en marche.

Le liquide de Type I offre non seulement une durée de protection très limitée, mais il a aussi tendance

TABLEAU 1

GUIDE DES DURÉES D'EFFICACITÉ DES LIQUIDES DE TYPE I<sup>3</sup> DE LA SAE – HIVER 2007-2008

L'UTILISATION DE CES DONNÉES DEMEURE LA RESPONSABILITÉ DE L'UTILISATEUR.

Température extérieure <sup>5</sup>		Durées d'efficacité approximatives en fonction de diverses conditions météorologiques (minutes)								
Degrés Celsius	Degrés Fahrenheit	Formation de givre	Brouillard verglaçant	Neige ou granules de neige <sup>1</sup>			Bruine verglaçante <sup>4</sup>	Pluie verglaçante légère	Pluie sur aile imprégnée de froid	Autre <sup>2</sup>
				très légère	légère	modérée				
-3 et plus	27 et plus	45	11 – 17	18	11 – 18	6 – 11	9 – 13	4 – 6	2 – 5	
au-dessous de -3 à -6	au-dessous de 27 à 21	45	8 – 13	14	8 – 14	5 – 8	5 – 9	4 – 6	MISE EN GARDE : Il n'y a pas de lignes directrices pour les durées d'efficacité.	
au-dessous de -6 à -10	au-dessous de 21 à 14	45	6 – 10	11	6 – 11	4 – 6	4 – 7	2 – 5		
au-dessous de -10	au-dessous de 14	45	5 – 9	7	4 – 7	2 – 4				

## NOTES

- L'utilisation de ces durées d'efficacité demande que le liquide soit chauffé jusqu'à une température minimale de 60 °C (140 °F) à la buse et qu'une charge minimale de 1 litre/m<sup>2</sup> (2 gal/100 pi<sup>2</sup>) en moyenne soit appliquée aux surfaces dégivrées, SINON LES DURÉES SERONT PLUS COURTES.
- Pour neige abondante, neige roulée, granules de glace, pluie verglaçante modérée et forte, et grêle.
- Le mélange de liquide de type I et d'eau doit être choisi de façon que le point de congélation du mélange soit inférieur à la température extérieure d'au moins 10 °C (18 °F).
- Utiliser les durées d'efficacité de la pluie verglaçante légère, s'il est impossible de déterminer avec certitude qu'il s'agit de bruine verglaçante.
- S'assurer que la plus basse température d'utilisation opérationnelle est respectée.

## MISES EN GARDE :

- La seule durée d'efficacité qui peut servir de critère de prise de décision pour un décollage sans une inspection pré décollage pour la contamination est la durée la plus courte figurant à la case pertinente du tableau.
- La durée de protection sera raccourcie en cas de conditions météorologiques rigoureuses, de fortes précipitations ou de hauts taux d'humidité.
- Un vent violent ou un souffle réacteur élevé peut réduire les durées d'efficacité.
- Les durées d'efficacité peuvent être moindres si la température des surfaces de l'aéronef est inférieure à la température extérieure.
- Les liquides de dégivrage/antigivrage n'offrent aucune protection contre le givrage en vol.

Figure 2 : Exemple d'un tableau de durées d'efficacité publié pour l'hiver 2007-2008. Source : Transports Canada

à geler rapidement. Cette tendance rend la prédiction ou l'observation de la perte d'efficacité du liquide de Type I très difficile. De plus, le liquide de Type I a tendance à adhérer aux surfaces de l'avion dès qu'il gèle. Cette tendance fait contraste avec l'aspect épaissi des liquides d'antigivrage, c'est-à-dire que ces derniers gèlent progressivement de la surface extérieure du liquide jusqu'à la surface de l'avion. Les liquides d'antigivrage sont conçus pour offrir des durées d'efficacité plus longues que les liquides de dégivrage de Type I. Le liquide de Type I devrait être considéré principalement comme un liquide offrant une certaine protection résiduelle seulement contre le givre et des précipitations très légères. De plus amples renseignements se trouvent sur le site web de Transports Canada : [www.tc.gc.ca/AviationCivile/commerce/DelaisEfficacite/menu.htm](http://www.tc.gc.ca/AviationCivile/commerce/DelaisEfficacite/menu.htm).

Tous les liquides ont une température minimale d'utilisation opérationnelle (LOUT). Cette température est une température au-dessous de laquelle le liquide *ne doit pas* être utilisé. Le rapport de dilution doit être dosé soigneusement pour offrir la marge nécessaire avant le gel. Le fabricant du liquide doit être consulté lorsqu'on établit la LOUT, quels que soient le liquide et la dilution.

L'application généreuse d'un liquide est absolument essentielle à un dégivrage sûr et efficace. Une application appropriée du liquide peut seulement être assurée :

- avec l'utilisation de l'équipement approprié,
- grâce à une formation approfondie,
- grâce à l'utilisation de méthodes ou de techniques correctes,
- par l'utilisation d'un liquide approuvé en quantité suffisante,
- par le respect de toutes les limites. Il est vital que les pilotes prennent soin d'assurer la coordination avec l'équipe

de dégivrage et qu'ils sachent quel est le type de liquide, le rapport de dilution, la température et le moment auquel l'application de liquide commence si des tableaux de durées d'efficacité sont utilisés.

Le document AMS 1424 de la SAE intitulé *Deicing/Anti-Icing Fluid, Aircraft SAE Type I* est la spécification pertinente pour les liquides de Type I de la SAE.

### Perte d'efficacité des liquides

La détermination de la perte d'efficacité des liquides peut relever du défi durant des conditions opérationnelles rigoureuses, surtout si l'éclairage est insuffisant. Transports Canada a financé des essais sur une aile représentative dans un environnement extérieur, qui montrent que la perte d'efficacité des liquides se produira d'abord aux bords d'attaque et aux bords de fuite de l'aile. Ces endroits doivent par conséquent





faire partie de toute inspection visant à vérifier la perte d'efficacité des liquides avant que l'on décide de décoller.

## Liquides d'antigivrage d'aéronef

Un des défis opérationnels les plus importants pendant des chutes de neige, de la bruine verglaçante ou d'autres précipitations givrantes au sol consiste à se rendre au point de décollage avec des ailes qui sont sûres sur le plan aérodynamique pour le décollage. À l'heure actuelle, il n'y a qu'une façon d'y arriver lors de conditions givrantes actives au sol : grâce à l'utilisation appropriée de liquides d'antigivrage.

En 2007, le nombre d'aéronefs des FC admissibles à une application de liquide d'antigivrage a plus que triplé sur les bases des FC, ce qui s'est traduit par la nécessité de réexaminer la capacité des FC.

## Application des liquides

Les liquides d'antigivrage sont appliqués afin de protéger les surfaces critiques d'un aéronef pendant les périodes de précipitations actives, et ils sont habituellement appliqués non chauffés. On peut réaliser cette application au moyen d'un procédé à une étape ou à deux étapes.

### Procédé en deux étapes

Un liquide de Type I est utilisé pour déloger les contaminants gelés des surfaces critiques d'un aéronef, suivi par un liquide de type IV afin de protéger les surfaces. Cette approche est surtout utilisée en Amérique du Nord.

### Procédé à une étape

Un liquide d'antigivrage chauffé est vaporisé sous pression pour déloger les contaminants gelés des surfaces critiques d'un aéronef, suivi par une application normale de liquide d'antigivrage pour protéger les surfaces. Cette approche est plus fréquente en Europe.

## Qualités aérodynamiques

Une fois appliqués à un aéronef, les liquides d'antigivrage ont un effet sur les caractéristiques aérodynamiques des surfaces portantes. Les liquides ont été conçus pour s'écouler par cisaillement de l'aile pendant le décollage pour réduire au minimum les pertes aérodynamiques. Faire s'écouler le liquide par cisaillement nécessite de la vitesse et du temps. Le temps précédant le cabrage et la vitesse au cabrage ont été identifiés comme des facteurs critiques visant à assurer que suffisamment de liquide est évacué à un point qui assure une dégradation aérodynamique non dangereuse (voir page 17).

## Approbation opérationnelle pour l'utilisation des liquides

Il est toujours nécessaire d'évaluer tout liquide qui satisfait à la spécification de la SAE lorsqu'il est utilisé sur un aéronef donné. Les gros avions certifiés dans le civil sont habituellement livrés avec l'approbation du constructeur d'origine relativement à l'utilisation des liquides. Il peut être possible d'évaluer le comportement et les performances d'un aéronef sur lequel sont utilisés des liquides de dégivrage et d'antigivrage sans consulter le constructeur d'origine, mais alors un programme d'essais complets et des données suffisantes seront nécessaires.

Les FC ont récemment mené des essais en vue de l'approbation d'un liquide d'antigivrage de Type II, III et de Type IV pour les flottes des *Hercules* et des *Aurora*. On croit qu'il s'agit de la première approbation de ce type sans la participation du constructeur d'origine.

## Normes sur les liquides

La Society of Automotive Engineers

(SAE) est un organisme qui a établi des spécifications, les pratiques recommandées, et des normes applicables aux liquides de dégivrage et aux liquides d'antigivrage. Ce sont ces documents de la SAE qui décrivent comment un liquide de dégivrage ou d'antigivrage doit être évalué avant qu'il soit approuvé pour utilisation sur un aéronef. Les normes et les spécifications de la SAE pour ces liquides sont devenues *de facto* une mesure internationale.

Le document AMS 1428 de la SAE intitulé *Fluid, Aircraft Deicing/Anti-icing, Non-Newtonian (Pseudoplastic), SAE Types II, III, and IV* est la spécification pertinente pour les liquides de Types II, III et IV.

Les liquides de Type II de la SAE sont incolores ou d'une couleur jaune pâle, tandis que les liquides de Type IV de la SAE sont d'un vert émeraude.

## Liquides de Types II et IV de la SAE

Les liquides de Types II et IV de la SAE sont des liquides épaissis conçus principalement comme liquides d'antigivrage, bien qu'ils puissent être aussi utilisés comme liquides de dégivrage s'ils sont chauffés et appliqués sous pression. Ces liquides offrent des durées de protection plus longues sur une gamme plus large de taux de précipitation et de température, et ils forment une couche épaisse à l'application. En raison



Photo : Caporal David Cribb

Un Hercules en train d'être dégivré à la 8<sup>e</sup> Escadre de Trenton.

de leur composition physique, la plupart des liquides de Types II et IV nécessitent des buses et des pompes spécialisées, sinon il peut en résulter la destruction des caractéristiques des liquides offrant des durées d'efficacité plus longues. Le liquide de Type IV est plus évolué que le liquide de Type II et il offre des durées de protection plus longues. Le liquide de Type II semble de moins en moins utilisé en Amérique du Nord et il est en train d'être remplacé par le liquide de Type IV comme liquide d'antigivrage appliqué en deux étapes.

### Liquides de Type III de la SAE

Le liquide de Type III de la SAE a récemment été mis sur le marché, mais, en date du début de 2008, sa percée est limitée. Les liquides de Type III sont des liquides épaissis et ils ont été conçus pour servir de liquide d'antigivrage pour les aéronefs dont la vitesse de cabrage au décollage est faible, soit moins de 100 nœuds. Les liquides de Type III ont aussi été mis sur le marché comme solution de rechange possible pour les liquides de Type I, du fait que les liquides de Type III offrent une durée de protection plus longue.

Les liquides de Type III actuels peuvent être appliqués avec l'équipement utilisé pour le liquide de Type I et offrir toujours la protection des durées d'efficacité publiées. Toutefois, il est toujours conseillé de consulter le fabricant du liquide pour s'assurer que l'équipement approprié est utilisé.

Les liquides de Type III de la SAE sont jaune pâle à l'application.

### Manipulation des liquides

Les liquides de dégivrage et d'antigivrage doivent être manipulés avec l'équipement approprié, qu'il s'agisse de transporter le liquide à partir du fabricant, de le déplacer vers des réservoirs de stockage sur place, d'en remplir des camions de dégivrage ou de l'appliquer sur un aéronef. La plus grande partie de l'équipement

et de l'infrastructure utilisés pour la manipulation et le stockage des liquides de dégivrage peut nécessiter une mise à niveau ou un remplacement pour recevoir des liquides d'antigivrage.

L'équipement utilisé pour manipuler et stocker les liquides de dégivrage ne convient généralement pas à la manipulation et au stockage des liquides d'antigivrage. Il faut communiquer avec le fabricant du liquide pour connaître l'équipement approprié pour ces liquides. Il faut porter une attention même aux plus petits composants du système de manipulation des liquides, notamment la tuyauterie et la robinetterie.

Il n'est pas conseillé de pomper le reste de liquide d'un camion dans un réservoir de stockage : il y a risque que le liquide dans le camion ait été contaminé ou autrement altéré. Le remettre dans le réservoir de stockage pourrait contaminer le liquide qui y est déjà stocké.

### Précautions sur l'utilisation des liquides

Les principaux ingrédients des liquides de dégivrage et d'antigivrage sont habituellement de l'éthylène glycol ou du propylène glycol. Pour des raisons de compatibilité, il est prudent d'utiliser des liquides de dégivrage et d'antigivrage provenant de la même famille de glycol lorsqu'on les utilise ensemble dans un procédé en deux étapes. Par exemple, si le dégivrage a été réalisé avec un liquide à base de propylène glycol de Type I de la SAE, il serait souhaitable d'effectuer l'antigivrage en utilisant un liquide d'antigivrage à base de propylène glycol. En outre, il est



Une chariot de liquide et flèche de pulvérisation.

recommandé d'utiliser des liquides du même fabricant et de ne pas mélanger les liquides de fabricants différents.

### Considérations lors de l'utilisation des liquides

#### Température minimale d'utilisation opérationnelle (LOUT)

Les liquides doivent toujours être utilisés à une température égale ou supérieure à leur température minimale d'utilisation opérationnelle.

La LOUT pour un liquide donné est la valeur *la plus élevée*

1. de la température la plus basse à laquelle le liquide satisfait à l'essai d'acceptabilité aérodynamique pour un type d'aéronef donné; ou
2. du point de congélation réel du liquide, plus une valeur tampon de point de congélation de 10 °C pour un liquide de Type I, et de 7 °C pour un liquide de Type II, III ou IV.

#### Exemple :

*Un liquide de Type I a satisfait à l'essai d'acceptabilité aérodynamique jusqu'à une température de -45 °C et il présente un point de congélation de -43 °C. La température extérieure est de -39 °C.*

**Question :** *Est-ce que ce liquide peut être utilisé dans ces circonstances?*



**Réponse : NON**, parce que la valeur tampon du point de congélation limite l'utilisation de ce liquide à  $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ce qui est supérieur à la température extérieure.

Il faut toujours consulter les données du fabricant de liquide pour établir la LOUT de ces liquides.

### Durée d'efficacité

Un document de Transports Canada définit la durée d'efficacité de la façon suivante :

*La durée d'efficacité consiste en l'estimation de la période de temps au cours de laquelle le liquide d'antigivrage empêche avec efficacité la formation de givre, de glace, de neige fondante ou d'accumulation de neige sur les surfaces traitées. Cette période va du début de la dernière application du liquide d'antigivrage jusqu'à ce que le produit ne fasse plus effet, tel que mesuré lors des essais de durée d'efficacité et publié dans les lignes directrices sur les durées d'efficacité des liquides. (TP14052 Lignes directrices pour les aéronefs – Lors du givrage au sol)*

Les durées d'efficacité sont des valeurs selon lesquelles un liquide donné, après application, devrait être en mesure de protéger les surfaces critiques d'un aéronef dans des conditions de température, de concentration de liquide et de taux de précipitation entraînant des conditions de givrage au sol spécifiques. Les tableaux de durées d'efficacité (par exemple, Figure 2) sont un résumé des résultats des essais menés sur des liquides SAE approuvés spécifiques dans un environnement contrôlé. Les valeurs des tableaux de durées d'efficacité ne sont pas exactes, mais elles constituent plutôt des estimations du comportement des liquides et varient en fonction du type de liquide.

La capacité d'un liquide donné de prévenir le givre, la glace, la neige mouillée ou la neige d'adhérer aux

surfaces traitées doit être établie par essai. Tout liquide doit subir des essais pour son approbation initiale et être testé de nouveau tous les deux ans pour maintenir son statut d'approbation sur la liste des liquides approuvés de Transports Canada.

Les liquides subissent des essais dans un environnement contrôlé conformément à une procédure acceptée afin que soient établies leurs valeurs de durées d'efficacité spécifiées. Les essais simulent des conditions extérieures sur de vraies ailes; c'est un fait avéré. Les résultats des essais sont réunis, traités et évalués. Les valeurs de durées d'efficacité sont établies conformément au type de précipitation, à l'intensité des précipitations, à la dilution du liquide et à la température. Les valeurs des durées d'efficacité sont publiées sous forme de tableaux par Transports Canada et la FAA et elles sont accessibles sur le web ([www.tc.gc.ca/AviationCivile/commerce/DelaisdEfficacite/menu.htm](http://www.tc.gc.ca/AviationCivile/commerce/DelaisdEfficacite/menu.htm)).

Il est intéressant de noter que, au moment de la rédaction du présent article, tous les essais de durées d'efficacité sur les liquides qualifiés par la SAE pour la communauté de l'aviation internationale se font au Canada.

### Limites des durées d'efficacité

L'utilisation des tableaux de durées d'efficacité pour les opérations givrantes au sol des aéronefs nécessite l'observation de certaines limites. Les principales limites sont les suivantes :

#### 1. Type de précipitation

- Les tableaux de durées d'efficacité ne s'appliquent qu'au type de précipitation indiqué sur le tableau.
- Les valeurs des tableaux de durées d'efficacité ne s'appliquent pas aux types de précipitations suivantes : neige forte, granules de glace, grains de neige et pluie verglaçante modérée ou plus forte.

#### 2. Taux de précipitation

- L'essai des liquides n'est mené que jusqu'à l'équivalent d'une chute de neige modérée. Il est fondé sur la teneur en eau liquide équivalente qui, à son tour, correspond à un taux de précipitation spécifique.

#### 3. Température

- Chaque liquide est testé jusqu'à une température qui est considérée le minimum, soit parce que le point de congélation du liquide est atteint, soit parce que la viscosité du liquide commence à influencer de façon inacceptable les caractéristiques aérodynamiques de l'aéronef au cours du décollage. Il y a une LOUT associée à chaque liquide donné et concentration de liquide. Le fabricant du liquide doit être consulté en ce qui a trait à la LOUT.

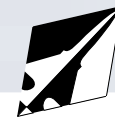
#### 4. Dilution du liquide

- Du glycol non dilué et de l'eau ordinaire gèlent chacun à une température de  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ou voisine de celle-ci. Un mélange de glycol et d'eau donne une solution qui gèle à une température beaucoup plus basse, c'est-à-dire à  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  ou plus froid. La concentration du mélange influence aussi la viscosité du liquide.
- La concentration du liquide, le rapport du glycol à l'eau, peut varier considérablement et elle détermine le comportement du liquide. Il y a une LOUT associée à chaque liquide donné et à chaque concentration de liquide. Le fabricant de liquide doit être consulté en ce qui a trait à la LOUT.

#### 5. Liquide approuvé

- Les essais des propriétés chimiques et physiques des liquides sont menés conformément à une spécification de la SAE, laquelle comprend des essais aérodynamiques.





Si le liquide est conforme à la spécification, alors il est approuvé.

- b. Si un liquide n'a pas été évalué et approuvé conformément à la spécification de la SAE, alors les tableaux de durées d'efficacité publiés ne peuvent être utilisés avec ce liquide.
- c. L'approbation du liquide doit être à jour. On peut le savoir en consultant la liste des liquides approuvés publiée par Transports Canada ou la FAA sur le web.

## 6. Application et couverture du liquide

- a. Une couverture appropriée du liquide est absolument essentielle à un comportement approprié de ce dernier et à la confirmation des valeurs de durées d'efficacité pour le liquide donné. Il est essentiel que le personnel qui applique le liquide soit bien entraîné, qu'il utilise l'équipement d'application approprié et qu'une technique d'application uniforme soit utilisée. Des quantités suffisantes de liquide doivent être utilisées pour les tâches de dégivrage et d'antigivrage. Pour un liquide de Type IV à base d'éthylène, l'épaisseur de la couche de liquide doit être comprise entre 1 et 3 mm pour les valeurs de durées d'efficacité demeurent pertinentes.

## 7. Approbation du constructeur d'origine

- a. Les autorités civiles exigent habituellement qu'un liquide approuvé soit aussi sanctionné par le constructeur d'origine, soit Boeing, Airbus, Cessna, Lockheed, Bombardier, etc.
- b. Cette étape finale assure aux organismes de réglementation civils qu'un liquide opère de façon acceptable sur le matériel d'un constructeur d'origine. C'est particulièrement important sur le plan aérodynamique.

**Nota :** Consulter le document TP14052

de Transports Canada, intitulé *Lignes directrices pour les opérations d'aéronef – Lors du givrage au sol* pour obtenir d'autres renseignements détaillés sur tous les aspects des opérations de dégivrage et d'antigivrage des aéronefs.

## Autres considérations

### Séchage et réhydratation du liquide

On a signalé des incidents de gouverne dont le déplacement avait été entravé en vol et qui ont été attribués au séchage du liquide. Ce phénomène semble être relié aux exploitants qui utilisent des liquides d'antigivrage chauffés pour dégivrer leurs appareils, suivis par l'application d'un liquide d'antigivrage non chauffé visant à protéger l'aéronef, une pratique qui est courante en Europe, mais non en Amérique du Nord. Le liquide d'antigivrage, un liquide épais, se ramasse dans des fentes et des espaces autour des gouvernes. Il sèche ou se déshydrate pour prendre la consistance d'une poudre et il demeure dans ces espaces, s'accumulant avec les applications subséquentes de liquide. Lorsque de l'eau liquide est réintroduite dans ce résidu, ce dernier se réhydrate pour former un gel dont les caractéristiques du point de congélation son inconnues. On se retrouve donc avec deux questions fondamentales : le déplacement entravé des gouvernes, une préoccupation particulière pour

les aéronefs dont les gouvernes ne sont pas assistées; et une accumulation sur les surfaces des gouvernes, ce qui modifie la masse de la gouverne et, par conséquent, influence ses caractéristiques en battement.

## Précaution de maintenance

Vaporiser régulièrement un aéronef avec un mélange d'eau et de liquide de Type I chaud, comme dans le procédé en deux étapes, devrait permettre de régler le problème. L'augmentation de la fréquence des inspections est recommandée pour aider à éviter des difficultés en vol attribuables à ce phénomène.

## Conclusion

L'utilisation de liquides pour le dégivrage et l'antigivrage des aéronefs, surtout en période de givrage au sol actif, est une opération très complexe. Cette opération met en jeu une équipe bien entraînée, de bonnes communications, de l'équipement et une infrastructure appropriés, le respect des normes et des spécifications, et le recours aux meilleures pratiques. Toutes ces caractéristiques doivent faire partie d'un programme bien pensé approuvé visant à contrer le givrage au sol. Une vigilance de tous les instants est nécessaire pendant toutes les phases des opérations visant à contrer le givrage au sol des aéronefs, afin que ces derniers puissent se présenter au début de la piste en état de décoller. ♦



Photo : Caporal Eric Jacques



# Givrage au sol des hélicoptères

par Malcolm Imray, P.Eng., ingénieur des sciences aéronautiques, Direction de la navigabilité aérienne technique et du soutien technique

Les hélicoptères modernes sont de plus en plus perfectionnés, plusieurs ayant même été certifiés pour le vol dans des conditions givrantes. Cette capacité augmente la prodigieuse polyvalence de ces aéronefs dans les rôles civils et militaires exigeants et les environnements tous temps comme le soutien pétrolier en mer, la recherche et le sauvetage, les opérations maritimes militaires (embarquées) et l'appui tactique. Toutefois, les procédures lors de givrage au sol ont été en majeure partie élaborées pour les aéronefs à voilure fixe, et leur transférabilité aux hélicoptères est limitée. Les dangers auxquels sont exposés les hélicoptères sont semblables à ceux auxquels sont exposés les autres aéronefs, mais ils ne sont pas identiques. Le givrage des hélicoptères leur fait subir une perte de rendement, et la glace qui s'en détache risque d'endommager les rotors ou d'être ingérée par les moteurs. Mais vaporiser les

composants d'un hélicoptère avec du liquide de dégivrage de Type I haute température à une pression élevée peut endommager certains composants critiques et enlever les lubrifiants des roulements. À cause de leurs capacités particulières, les hélicoptères se voient souvent confier des missions et des rôles qui nécessitent de voler dans des régions inhospitalières où existent peu d'installations de soutien (voir la page 53), ce qui rend le problème du givrage au sol encore plus difficile.

Les FC, l'US Army et les organismes civils étudient les technologies et les procédures permettant d'améliorer cet aspect de leurs opérations, et de nouvelles méthodes qui peuvent s'avérer particulièrement utiles pour le milieu des hélicoptères apparaissent (voir la page 58). Malgré leur capacité limitée à ce jour, Transports Canada a publié des conseils dans son TP 10643 intitulé *Dans le doute... Programme de formation pour petits et gros aéronefs – Formation sur la contamination*

*des surfaces critiques des aéronefs à l'intention des équipages de conduite et du personnel de piste.* Le texte suivant est tiré du chapitre 4 de ce document (avec de légères modifications) pour souligner les dangers, les techniques et les mesures

préventives qui sont particuliers aux hélicoptères.

Le pilote commandant de bord d'un hélicoptère doit se rappeler que la glace empêche l'appareil de donner son rendement maximal. Décoller lorsqu'il y a un peu de glace sur les pales du rotor peut aussi en diminuer grandement la capacité d'autorotation. Voici certains des problèmes propres aux aéronefs à voilure tournante dans des conditions de givrage au sol ou d'autres formes de contamination :

- *L'inspection extérieure peut être dangereuse si la personne circule à pied, surtout sur le pont supérieur.*
- *De la glace sur les loquets des panneaux de visite ou sur les portes de visite peut bloquer l'accès aux zones critiques. Essayer de forcer les loquets peut causer des dommages et entraîner des coûts de réparation élevés.*
- *Au démarrage, la glace qui se trouve sur les pales du rotor principal ou sur les extrémités de pale et qui est passée inaperçue peut se détacher de manière inégale. La différence de poids et de poussée des pales fait vibrer énormément l'aéronef et empêche les commandes de répondre normalement. L'hélicoptère pourrait alors s'élever brusquement au-dessus de la zone de décollage et basculer, ou le pilote pourrait en perdre la maîtrise pendant le décollage. En outre, la glace peut être projetée avec une force potentiellement destructrice et meurtrière.*
- *L'appareil peut nécessiter un couple supérieur à la normale*



Un soldat de la US Army déneigeant un hélicoptère Apache.  
Source : Richard Branham, spécialiste de l'US Army



Les liquides à base de glycol peuvent endommager les roulements.  
Source : US Navy, ERDC-CRREL, C. Ryerson

*pour la circulation au sol et le vol stationnaire.*

- De la glace accumulée sur le fuselage ou de l'humidité qui s'est accumulée à l'intérieur des structures et s'est transformée en glace peut entraîner un dangereux déplacement du centre de gravité.
  - Lorsqu'on met la puissance au décollage, de la glace accumulée sur les patins ou sur les roues peut causer un basculement dynamique si l'hélicoptère ne se libère que d'un côté.
  - De la glace accumulée sur des vérins hydrauliques non protégés ou sur les biellettes de changement de pas peut bloquer les commandes sur un ou plusieurs axes et causer une perte de maîtrise de l'aéronef durant le décollage.
  - Après le décollage, lorsque l'aéronef se met en vol stationnaire, de la glace accumulée sur le rotor de queue peut entraîner une perte de maîtrise en lacet. De la glace projetée de manière inégale peut aussi causer des dommages à la cellule ou à la fixation de la boîte d'engrenages.
  - À faible puissance, de la glace accumulée dans le séparateur de particules peut fondre partiellement et, à haute puissance, la glace fondue peut être projetée dans l'entrée d'air moteur. Cette situation se produit habituellement à faible vitesse au début du vol ou durant la montée lorsque le pilote ne peut pas atterrir.
- Dans le cas des aéronefs à voilure tournante, le concept de l'aéronef*

*propre est facile à comprendre. La solution idéale pour éviter la contamination des surfaces est de remiser l'aéronef dans un hangar lorsque cela est possible. Dans le cas contraire, il faut prendre d'autres types de mesures.*

**Nota :** La SAE n'a publié aucun document pour appuyer l'utilisation des liquides cryoscopiques sur les giravions. Les constructeurs de giravions n'ont pas officiellement approuvé l'utilisation de liquides cryoscopiques et il faut donc les consulter avant d'utiliser de tels liquides sur leurs produits.

### Suggestions de mesures alternatives

- Placer des housses imperméables sur le rotor principal, le rotor de queue et la plate-forme de transmission. Idéalement, les housses protégeront le pare-brise, les circuits Pitot et statique et une bonne partie du fuselage. Poser aussi des obturateurs sur les orifices d'échappement et sur les prises d'air. Installer des housses et des obturateurs à la fin de la journée ou chaque fois que l'aéronef reste au sol, ce qui en assurera la protection en cas de conditions de contamination imprévues.
- Utiliser un réchauffeur à combustion équipé d'un conduit flexible qui projette un jet d'air

*chaud suffisamment puissant pour permettre de réchauffer la zone de transmission, les éléments du rotor et le compartiment du moteur, ainsi que pour aider à enlever les housses gelées.*

- Examiner le fuselage après avoir enlevé les housses pour s'assurer que de la glace ou de la neige n'est pas tombée sur le fuselage ni dans les entrées d'air moteur.
- Enlever toute contamination qui adhère au fuselage ou à la poutre de queue selon l'une des méthodes décrites précédemment pour les avions, conformément aux recommandations du constructeur.

*Nettoyer les patins, les roues et toute partie du train d'atterrissage qui est retenue au sol par de la glace ou de la neige.*

Le texte ci-dessus souligne que même si le givrage des giravions comporte de nombreuses similitudes avec le givrage des aéronefs à voilure fixe, il présente de nombreux aspects particuliers qui nécessitent une attention spéciale et, comme toujours, une approche basée sur le travail d'équipe pour y faire face. ♦

Les photos et l'information sont tirées d'une présentation à l'IOSC 2005 de M. Charles Ryerson du Cold Regions Research and Engineering Laboratory (CRREL) de l'US Army accessible sur le site web de l'IOSC.



Photo : John Olafson





# Équipement et infrastructure pour les opérations en conditions de givrage au sol

par le Capitaine Bernie Castonguay, Opérations de l'escadre, 8<sup>e</sup> Escadre Trenton

Il est 3 h 30, et vous êtes à l'extérieur en train de déneiger votre entrée pour être en mesure de vous rendre en voiture au bureau des Opérations de l'escadre où vous devez vous présenter à 4 h. Pendant que vous poussez votre fidèle souffleuse dans le gros andain de neige laissé par le chasse-neige, vous vous demandez comment se passeront les choses pour votre départ prévu à 6 h. La piste sera-t-elle nettoyée? Y aura-t-il de la glace? L'avion est-il resté dehors toute la nuit ou a-t-il été garé en toute sécurité dans un hangar? Combien de temps serez-vous retardé à cause de la chute de neige?

Il y a gros à parier que les gens du Service de déneigement et de déglacage ainsi que leur matériel roulant ont été à pied d'œuvre toute la nuit pour faire disparaître toute trace de la plus récente chute de neige. Ils ont à leur disposition tout un arsenal de matériel roulant lourd spécialement conçu pour les opérations sur les aérodromes. Ce matériel comprend des camions équipés de chasse-neige et tirant des balayeuses, des souffleuses, des niveleuses, des épandeurs de déglacant chimique et des appareils de contrôle du frottement des pistes.

Un aérodrome opérationnel comprend une très grande surface à nettoyer et à entretenir. Cela étant dit, tout le travail ne peut pas se faire en même temps! Le plan du Service de déneigement et de déglacage précise quelles zones

nettoyer en premier selon une entente intervenue entre toutes les parties intéressées. Ces zones, appelées zones rouges, comprennent habituellement la piste principale, les zones d'alerte, les zones SAR et l'aire de dégivrage locale. Les zones jaunes sont les suivantes et elles comprennent les voies de circulation et les aires de trafic. Toutes les autres zones sont les zones bleues et elles sont nettoyées en dernier.

Vous êtes maintenant au bureau des Opérations de l'escadre. Votre appareil est demeuré à l'extérieur toute la nuit et il nécessite un dégivrage complet. Vous avez vu à de nombreuses reprises déjà les véhicules de dégivrage, mais connaissez-vous leurs capacités? Les camions de dégivrage viennent sous de nombreuses formes, de ceux à nacelle ouverte et distributeur de liquide unique jusqu'à ceux entièrement automatisés, à un seul opérateur et à plusieurs distributeurs de liquide. La plupart des escadres des FC possèdent des véhicules à nacelle fermée, à deux opérateurs et à distributeur d'un seul liquide. Quelques escadres des FC possèdent les plus récents véhicules à deux opérateurs et à distributeurs de deux liquides.

Les liquides pulvérisés par ces véhicules sont de deux types : le liquide de dégivrage d'aéronef de Type I (ADF) et le liquide d'antigivrage d'aéronef de Type IV (AAF). Ces liquides ne sont pas

interchangeables dans les réservoirs ou les systèmes de distribution des véhicules. En effet, le fait de pulvériser du liquide de Type IV au moyen d'une pompe pour Type I va pré-cisailler le liquide et le rendre inutilisable.

Certains de ces véhicules peuvent utiliser de l'air sous pression pour dégager la neige des aéronefs avant l'application du liquide de dégivrage. Le déneigement avant le dégivrage est une pratique prudente. Il peut être effectué n'importe où sur l'aérodrome, puisqu'il n'utilise aucun produit chimique. De plus, il permet de réduire les quantités de liquide de dégivrage utilisées, ce qui minimise les coûts et atténue l'impact sur l'environnement.

Il est important que la flèche des véhicules de dégivrage soit



Photo : Chris Schock, Centre de dégivrage de Toronto



Photo : Caporal Eric Jacques

Le choix de l'endroit approprié pour la tâche de dégivrage est aussi très important. Cet endroit ne peut se trouver à proximité de systèmes de drainage à l'air libre ni d'égouts, il ne peut se trouver dans les zones de circulation générale, il doit être accessible à tous les aéronefs utilisant l'aéroport et il doit être situé à une distance sécuritaire des zones de travail générales du personnel. De gros aéroports civils, comme Toronto et Montréal, ont des installations spécialement destinées au

dégivrage, appelées centres de dégivrage. D'autres aéroports utilisent des endroits spécifiques, choisis en fonction des considérations mentionnées précédemment. Quel que soit l'aéroport ou l'endroit choisi sur cet aéroport, la tâche de dégivrage doit faire l'objet d'une bonne réflexion sur la façon de dégivrer, où le faire et à quel moment.

Encore une fois, il est évident qu'une équipe multidisciplinaire de gens entraînés et compétents, utilisant du matériel spécialisé coûteux, est nécessaire pour assurer des opérations sûres lorsqu'il y a des chutes de neige. La coordination de tous ces éléments est le rôle d'un programme approuvé de lutte contre le givrage au sol. ♦

suffisamment longue pour permettre à l'opérateur de voir toute la surface en train d'être dégivrée. Cette exigence opérationnelle a posé un problème à la 8<sup>e</sup> Escadre Trenton lorsque le CC177 *Globemaster* s'est joint à la flotte des FC. La hauteur de l'empennage atteignant 55 pieds, les véhicules de dégivrage existants des FC ne pouvaient dégivrer le stabilisateur du *Globemaster*. Un entrepreneur civil a été embauché sous contrat pour dégivrer cet avion en plus d'autres appareils des FC et civils qui évoluent à Trenton.

Un système d'air sous pression convient pour la neige légère, mais il ne pourra éliminer le givre, la neige mouillée lourde ni la glace. L'élimination de ces contaminants nécessite l'utilisation de produits chimiques, plus particulièrement de liquide de dégivrage de Type I. La quantité de liquide de Type I utilisée dépend entièrement de la compétence de l'opérateur et de la quantité et du type de précipitation gelée. L'objectif consiste à éliminer la précipitation gelée de l'aéronef, ce qui peut nécessiter une grande quantité de liquide de dégivrage, et la plus grande partie de ce dernier finira sur le sol. Récupérer le plus possible de glycol utilisé, ainsi que des contaminants fondus, est un élément important et nécessaire du processus.

Le dernier mais non moins important élément relatif au dégivrage a trait à l'infrastructure. Comme on l'a déjà dit, le dégivrage entraîne des coûts financiers et environnementaux.



Photo : NASA



# Vue de la nacelle



Photo : Caporal Eric Jacques



Photo : NASA

par M. Kelvin Williamson, Basic Solutions North America Corp.

## Rôle de l'opérateur

Aujourd'hui, l'opérateur de nacelle de dégivrage doit être un spécialiste hautement qualifié. Un savoir-faire technique et de la dextérité sont essentiels à une opération de dégivrage sûre et efficace. On a souvent dit de l'activité des nombreux camions sur une aire de dégivrage qu'elle ressemblait à un *ballet de l'aviation*. Bien faire le travail du premier coup nécessite une pulvérisation impeccable et une routine d'inspection sans fautes. Pour atteindre ce niveau d'excellence, chaque opérateur de nacelle suit un cours théorique en classe et reçoit une formation pratique planifiée en dégivrage. Mais le plus important dans tout ça, c'est que l'opérateur de nacelle est le dernier maillon de la chaîne des services de dégivrage au sol.

La chaîne logistique qui fournit du liquide de dégivrage en quantité suffisante est essentielle aux opérations aériennes et aéroportuaires. Les quantités en stock, le nombre de camions et les procédures d'acceptation des liquides doivent tous être en place avant les opérations hivernales. La qualité des liquides ainsi que l'équipement de mélange et de distribution sont nécessaires pour assurer que les opérateurs de nacelle

disposent de suffisamment de liquide de dégivrage et d'antigivrage pendant les tempêtes hivernales.

Les opérateurs de nacelle doivent tenir compte de nombreuses considérations et de nombreux facteurs lorsqu'ils vaporisent un aéronef. Ces éléments complexes sont enseignés lors de la formation initiale et revus lors de la formation périodique.

## Dégivrage

Des liquides de dégivrage chauffés convenablement sont essentiels à la qualité du dégivrage. La plupart des opérateurs de nacelle vous diront que déneiger et dégivrer sont des opérations difficiles lorsque les températures sont basses. La contamination gelée sur les surfaces des ailes et de l'empennage nécessite un transfert de chaleur important de la part du liquide pour faire fondre le givre et éliminer son adhérence aux surfaces. La température à la buse du liquide de dégivrage de Type 1 se situe entre 60 et 85 degrés Celsius. Un simple capteur de température au laser permet de vérifier la température. La distance entre la buse de dégivrage et la surface de l'aéronef est un facteur important dans l'efficacité du dégivrage, parce qu'il y a une perte de température d'environ 2 °C par pied.

Les zones vaporisées sur un

aéronef comprennent les surfaces aérodynamiques critiques dont il a été question aux pages 8 et 15. Les procédures de dégivrage et d'antigivrage sont normalement exécutées du haut vers le bas, et du bord d'attaque vers le bord de fuite. Les liquides d'antigivrage des Types II, III et IV servent à empêcher les surfaces supérieures de geler de nouveau. Les opérateurs de nacelle commencent normalement par dégivrer le fuselage, puis ils passent aux ailes. La façon de dégivrer les ailes dépend de l'avion, mais il faut toujours vaporiser à partir de la partie la plus haute vers la partie la plus basse. Les extrémités d'aile sont plus basses que les emplantures d'aile sur certains avions, et dans ces cas, il faut dégivrer de l'emplanture vers l'extrémité. Il faut vaporiser l'empennage à partir de la dérive vers le bas, et la partie arrière du fuselage avant le stabilisateur.

D'autres zones nécessitent une attention spéciale. On peut souvent nettoyer les fenêtres du poste de pilotage au moyen d'un chiffon doux ou d'une brosse, mais il est aussi possible d'appliquer du liquide de dégivrage chaud au-dessus des fenêtres et le laisser s'écouler sur ces dernières pour éliminer toute contamination; il faut éviter



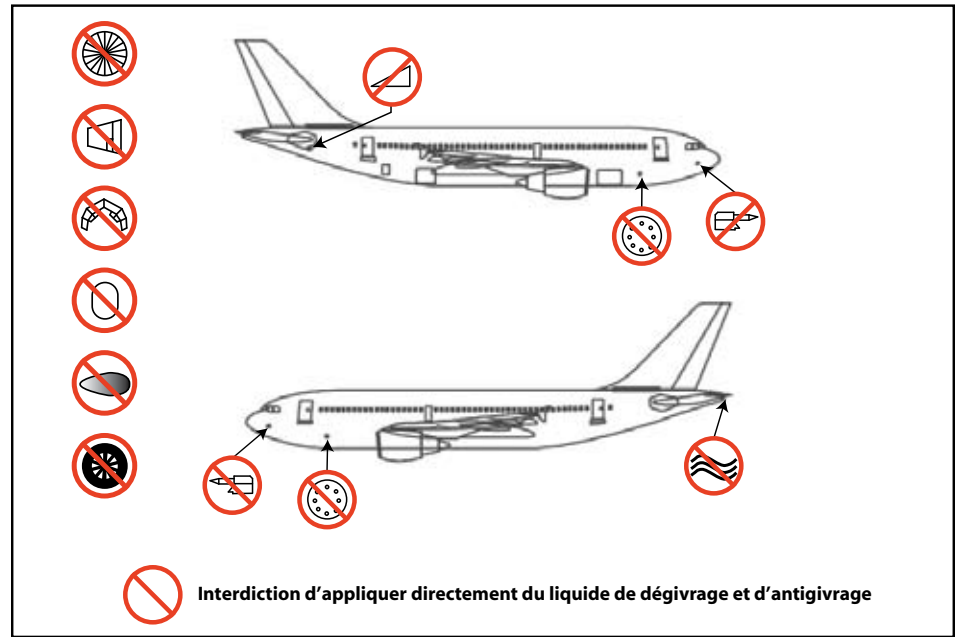
d'appliquer directement du liquide de dégivrage sur les fenêtres, car il risque de les endommager. Les opérateurs de nacelle peuvent dégivrer le radôme après les fenêtres et ils doivent s'assurer qu'il n'y a pas de glace susceptible de se détacher lors du décollage. À cette occasion, c'est le bon moment d'inspecter les prises statiques et les tubes de Pitot pour s'assurer qu'ils sont dégagés; s'ils sont obstrués, il faut les nettoyer par un autre moyen.

L'opérateur de nacelle qui vaporise du liquide doit veiller à éviter les endroits à ne pas vaporiser, montrés aux Figures 1 et 2.

Les entrées d'air des moteurs, les pales de soufflante, le train d'atterrissage et les compartiments de train sont aussi des endroits difficiles à dégivrer. Un dégivrage avant le démarrage peut éviter de graves dommages aux moteurs. On peut généralement nettoyer les entrées d'air avec une brosse ou à la main. Quant aux pales de soufflante et au bas des entrées d'air des moteurs, ils doivent être dégivrés au moyen d'air chaud, de vapeur ou vde tout autre moyen recommandé par le fabricant. Un tuyau enroulé sur dévidoir permet d'effectuer une légère application de liquide de dégivrage sur le train d'atterrissage et les compartiments de train. Les fabricants de cellule et les fabricants de freins insistent sur le fait qu'il ne faut pas vaporiser du liquide de dégivrage directement sur les freins et les roues.

De la poudrierie peut s'accumuler sur les rails des volets, ce qui peut nécessiter un traitement spécial effectué par le dessous avant les procédures de vaporisation normales. La neige et la neige mouillée projetées lors d'un atterrissage précédent peuvent avoir gelé et elles causeront probablement des dommages si elles ne sont pas enlevées.

L'opérateur de nacelle doit enlever le givre, la neige et la glace de



**Figure 1 :** Zones de l'avion Airbus A-310 (p. ex. CC150 Polaris) que les opérateurs de nacelle doivent éviter.

	Ne pas vaporiser dans les ouvertures moteur		Ne pas vaporiser les événements d'entrée d'air ou d'échappement
	Ne pas vaporiser dans les moteurs		Appliquer les liquides de dégivrage à un angle inférieur à 45 degrés
	Ne pas vaporiser de Type IV sur le radôme		Ne pas vaporiser les événements d'avionique
	Ne pas vaporiser le pare-brise et les fenêtres du poste de pilotage		Ne pas vaporiser de liquide sur les freins de l'avion
	Ne pas vaporiser les hublots de la cabine		Ne pas vaporiser dans les entrées d'air de l'APU
	Ne pas vaporiser les tubes de pitot, les sondes de température totale et d'angle d'attaque		Ne pas vaporiser dans l'échappement de l'APU
	Ne pas vaporiser les prises statiques		Ne pas vaporiser les mâts moteurs

**Figure 2 :** Légende des symboles utilisés pour indiquer les endroits à ne pas vaporiser.

nombreuses surfaces de l'avion. Vaporiser ces surfaces peut être compliqué parce que les basses températures, le vent fort et les précipitations intenses influencent le type de vaporisation utilisé par l'opérateur de nacelle, c.-à-d., une vaporisation en éventail pour le givre ou un jet étroit et constant pour creuser et déloger la glace compacte. Il faut prendre un soin particulier lorsqu'on enlève cette glace compacte, car elle peut devenir transparente et nécessiter une inspection tactile (à la main). Un exemple particulier de ce cas est la glace transparente recouvrant une

aile imprégnée de froid, comme à la page 17.

Lorsqu'on vaporise un fort jet de liquide alors qu'on est proche d'un avion, il faut faire attention de ne pas endommager l'appareil. Certaines zones sont particulièrement vulnérables aux dommages, comme les pennes, fabriquées de matériaux composites légers. Vaporiser en éventail ou à un angle prononcé aide à réduire les risques de dommages. Des distances minimales sont établies pour les chauffeurs de camions et opérateurs de nacelle : habituellement, un camion se tiendra à au moins 6 pieds de distance.



## Antigivrage

Le processus de dégivrage/d'antigivrage en deux étapes offre une protection contre les précipitations actives. Des normes internationales précisent que le liquide d'antigivrage des Types II, III et IV doit être appliqué dans les trois minutes suivant le dégivrage d'une surface donnée, ce qui impose des contraintes de temps au travail de l'opérateur de nacelle. Les surfaces représentatives de l'avion doivent être antigivrées en premier; l'opérateur de nacelle doit donc connaître la surface représentative d'un type d'aéronef donné. Appliqués correctement, les liquides d'antigivrage offrent aux pilotes la durée de protection nécessaire pour que l'avion puisse décoller en toute sécurité. Les opérateurs de nacelle consultent habituellement un tableau des quantités minimales et maximales comme celui de la *Figure 3* pour s'assurer qu'ils ont appliqué suffisamment de liquide pour réaliser une couche d'une épaisseur comprise entre 1 et 3 mm.

## Communications et sécurité

Des leçons importantes ont été tirées de mauvaises communications. Que l'opérateur de nacelle conduise un véhicule de dégivrage à un seul occupant et qu'il communique avec l'équipage de l'avion, ou qu'il ait avec lui un chauffeur avec qui communiquer, des procédures de communication doivent être en place pour éviter toute confusion et pour assurer la sécurité des opérations. Une communication directe par casque d'écoute entre l'opérateur de nacelle et le chauffeur réduit le stress et tout risque d'erreur de communication. La nature complexe de ces opérations exige que soient réduites au minimum les communications par signaux manuels. Quels risques d'erreur de communication? Le fait qu'un avion se mette à rouler avant que les opérateurs de nacelle aient dégagé la zone en constitue un exemple flagrant, comme en témoigne l'accident suivant, qui s'est produit à Mirabel en 1995. ♦

TYPE 4 TARGETS				
AIRCRAFT	SINGLE WING	SINGLE WING	SINGLE TAIL	SINGLE TAIL
	MIN LITRES	MAX LITRES	MIN LITRES	MAX LITRES
A300	163	423	34	89
A310	163	423	34	89
A319/20/21	86	209	22	53
A330	198	514	38	99
A340	228	593	47	122
BEA 146	54	131	14	34
Beech 1900	20	48	5	13
B737	64	155	20	49
B727	88	213	25	60
B747	278	723	69	179
B757	97	252	28	73
B767	150	390	38	98
B777	222	577	53	138
CL65/RJ	38	93	6	15
DH7/8	38	92	5	12
Emb135/145	36	87	9	22
Dornier 328	28	68	7	17
F26	56	136	14	34
F100	56	136	14	34
L1011	206	535	51	133
DC9	67	162	18	43
MD 80	77	187	21	51
MD11	237	575	53	137

*Figure 3 : Carte de référence Type (anglais) des quantités cibles pour l'application du liquide d'antigivrage.*

## Accident de Mirabel

Le Boeing 747-400 appartenant à Royal Air Maroc était stationné sur l'aire de dégivrage de l'aéroport international de Montréal/Mirabel (Québec). L'avion se préparait à effectuer un vol régulier entre Mirabel et Casablanca (Maroc) avec une escale à New York (New York). Les quatre réacteurs de l'avion étaient en marche pendant le dégivrage. L'équipage a entendu « dégivrage terminé », et le commandant de bord a demandé au copilote d'informer le contrôleur de l'aire de trafic que l'appareil était prêt à rouler. Des instructions de roulage ont été données. L'avion a avancé et a renversé les deux véhicules de dégivrage qui se trouvaient encore devant les stabilisateurs horizontaux de l'avion. Les deux chauffeurs des véhicules ont été blessés légèrement; les trois occupants des nacelles ont perdu la vie.

Le Bureau a déterminé qu'à la suite d'une confusion dans les communications radio, l'équipage de conduite a fait avancer l'avion avant que la zone autour de l'avion ne soit dégagée. Facteurs contributifs : manque de procédures de dégivrage au sein de Royal Air Maroc; non-respect des procédures par l'équipe de dégivrage des Lignes aériennes Canadien International (LACI); utilisation d'un équipement de communication inadéquat ou inapproprié; formation incomplète du Snowman 1 (premier préposé au dégivrage); cadre réglementaire moins exigeant pour les transporteurs aériens étrangers que pour les transporteurs canadiens; manque de supervision opérationnelle et manque de discipline radiophonique. ♦

# Du parking à la piste

## Décisions du pilote en conditions givrantes au sol

par Malcolm Imray, P.Eng., ingénieur en sciences aéronautiques, et Ken Walper, P.Eng., ingénieur en systèmes mécaniques, Direction de la navigabilité aérienne et du soutien technique

Le scénario suivant illustre le processus de prise de décision que le commandant de bord utilise lorsqu'il planifie un vol dans des conditions givrantes au sol. Les procédures décrites ne sont pas nécessairement celles en vigueur dans les FC, mais elles sont mentionnées pour illustrer le propos. Seules les procédures qui ont été approuvées dans le cadre d'un programme approuvé de lutte contre le givrage au sol sont autorisées.

*Intercalées en italiques se trouvent des précisions qui décrivent les mesures, l'information et les communications additionnelles qui doivent être présentes pour assurer que l'avion arrive au point de décollage en état d'effectuer un décollage sécuritaire. Un organigramme décisionnel illustrant le scénario décrit dans le présent article est accessible de la NASA dans le cadre de son cours en ligne intitulé « A Pilot's Guide to Ground Icing »<sup>1</sup>.*

### Scénario

La Capitaine Jeanne Unetelle a été assignée comme commandant de bord d'un CC144 Challenger qui doit transporter des dignitaires à une autre base. Le Challenger est un avion à voilure fixe qui bénéficie d'une protection contre le givrage en vol et qui est autorisé à utiliser le liquide de dégivrage d'aéronef de Type I et le liquide d'antigivrage d'aéronef de Type IV. Le Challenger présente un bord d'attaque qui n'a ni fente ni autre dispositif hypersustentateur, ainsi qu'un profil aérodynamique



Photo : Soldat Kimberly Gosse

supercritique. Cette configuration le rend particulièrement vulnérable à de petites quantités de contaminants.

### L'exposé avant vol

#### Conditions météorologiques

Il est 13 h, la température est de  $-12^{\circ}\text{C}$  et il neige légèrement depuis plusieurs heures. Le personnel aéroportuaire travaille avec application pour garder l'aire de trafic, les voies de circulation et les pistes suffisamment dégagées pour permettre que les opérations se poursuivent. Heureusement, en raison du temps froid, la neige est assez sèche. Toutefois, selon les prévisions, la neige devrait continuer à tomber régulièrement au cours des prochaines heures. En raison d'un front chaud qui approche, certains nuages convectifs encastrés pourraient amener de fortes chutes de neige et des précipitations givrantes mixtes au cours des deux prochaines heures. Le givrage en vol qui pourrait se produire sur la route prévue s'inscrit à l'intérieur des capacités de l'avion, si ce n'est du risque de précipitations givrantes à l'aéroport de départ. L'avion n'est pas certifié pour voler dans de la pluie verglaçante. S'il y a de la pluie verglaçante au moment où l'avion est prêt à décoller, il faudra alors retarder le

départ. Les dignitaires devraient arriver dans une heure pour embarquer à bord de l'avion.

### État de l'avion

La Capitaine Unetelle est avisée que l'avion a été stationné à l'extérieur sur l'aire de trafic depuis plusieurs heures maintenant après avoir été sorti du hangar pour laisser la place à un hélicoptère de recherche et de sauvetage (SAR) qui est en attente.

*À ce stade, l'équipage doit s'assurer de connaître les éléments suivants : quels liquides sont utilisés pour la journée; quelles aires de dégivrage sont en service (si on a le choix); le type et l'intensité des précipitations; les considérations sur le contrôle de la circulation aérienne, comme les procédures d'attente à la porte; les conditions météorologiques générales présentes sur la piste en service; les retards approximatifs prévus pour la circulation au sol; le délai d'exécution approximatif sur l'aire de dégivrage; et toute limite d'exploitation spéciale anticipée. Une fois ces renseignements obtenus, l'équipage navigant doit informer le fournisseur de services de dégivrage et d'antigivrage de son intention d'avoir recours à ses services, et il fournit des détails comme le type d'aéronef, les services requis et tout autre renseignement pertinent. Par exemple, si le fournisseur de services ne connaît pas très bien le type d'aéronef, des renseignements plus détaillés, comme les zones à ne pas vaporiser, y compris l'emplacement de l'entrée d'air de l'APU, doivent être aussi fournis.*

<sup>1</sup> [http://aircrafticing.grc.nasa.gov/courses\\_ground.html](http://aircrafticing.grc.nasa.gov/courses_ground.html)





## L'inspection extérieure

*L'inspection extérieure avant vol prend un relief particulier lors de conditions givrantes au sol.*

*Certains des éléments additionnels à évaluer lors d'une vérification extérieure avant vol comprennent la présence de dépôts de contaminants gelés dans les entrées d'air des moteurs, les hélices et casseroles, les prises de pression statique et dynamique, les sorties de secours, le dessus du fuselage des avions dont les moteurs sont montés à l'arrière, la contamination du pare-brise, la surface supérieure du nez ou du radôme se trouvant devant le pare-brise, les espaces entre les gouvernes et la structure de soutien, l'entrée d'air de l'APU et la zone avant, les freins et les roues, le mécanisme de rentrée du train et les trappes, l'orientation du train avant et d'autres points qui sont propres au type d'aéronef. De plus, il sera nécessaire d'évaluer les conditions anticipées pour le roulage, c'est-à-dire neige mouillée, effet du freinage, poudrierie, visibilité et direction du vent, pour n'en nommer que quelques-uns.*

*À cette étape, une évaluation de la situation météorologique générale peut être faite pour permettre d'élaborer un plan stratégique visant à assurer que l'avion arrive à la piste en bon état de vol.*

Le commandant de bord est arrivé sur l'aire de trafic pour inspecter l'avion et constate que, comme prévu, il est recouvert d'une couche de neige. Lors de son inspection extérieure, elle décide de vérifier si la neige adhère aux surfaces. En enlevant un peu de neige de l'extrados d'une aile, elle découvre qu'il y a une couche gelée sous la neige folle et sèche. C'est probablement parce que l'avion a été sorti du hangar dans une chute de neige alors qu'il était encore chaud : à mesure que la neige tombait sur l'avion chaud, elle fondait puis elle a gelé de nouveau à mesure que tout l'avion s'est refroidi à la température ambiante. Cette constatation signifie que le dégivrage sera plus difficile que si de

la neige sèche était tombée sur une surface sèche et froide. Cela signifie aussi que l'utilisation d'un liquide de dégivrage va chauffer de nouveau le revêtement de l'avion, de sorte que la neige qui va tomber dessus va tout simplement se comporter de la même façon. Du liquide d'antigivrage devra être appliqué même si le décollage est effectué dans les conditions actuelles de neige sèche. Afin de réduire au minimum la quantité de liquide de dégivrage qui sera nécessaire pour nettoyer l'avion, la Capitaine Unetelle demande que le personnel au sol utilise des balais pour enlever le plus de neige folle possible. Le commandant de bord et l'équipage terminent les tâches avant vol qui restent et attendent leurs passagers.

La Capitaine Unetelle s'attend à ce que les passagers arrivent bientôt et elle aimerait prendre l'air avant que les nuages convectifs et les précipitations givrantes n'atteignent l'aéroport. Le rapport météorologique horaire et la prévision d'aérodrome donnent tous deux une visibilité de 1 mille dans de la neige légère. En consultant le tableau « visibilité dans la neige en fonction de l'intensité des chutes de neige », la Capitaine Unetelle voit que cette visibilité le jour, dans les températures froides prévalantes, imposerait d'utiliser des conditions de neige « légère » pour déterminer la durée d'efficacité du liquide d'antigivrage (Figure 1, case rouge). Sachant qu'elle utilisera un liquide d'antigivrage de Type IV, elle consulte les tableaux génériques des durées d'efficacité de Type IV<sup>2</sup> et lit que pour la température prévalante et les précipitations, le fait d'utiliser du liquide non dilué placera la durée d'efficacité dans la plage comprise entre 20 et 40 minutes (Figure 2, case rouge). Elle décide

<sup>2</sup> Le tableau des durées d'efficacité pour un liquide donné peut indiquer des durées de protection supérieures à celles qui figurent dans le tableau générique des durées d'efficacité. Toutefois, le programme approuvé de lutte contre le givrage au sol pourrait n'autoriser que l'utilisation du tableau générique.



Photo : NASA

que dégivrer et antigivrer l'avion immédiatement, plutôt que d'attendre d'abord les passagers, permettra de décoller plus rapidement, pourvu que a) les passagers arrivent à temps et b) les conditions météorologiques ne changent pas d'ici le décollage.

## Avant le roulage

*Pendant qu'il se prépare à rouler, l'équipage devrait considérer les éléments suivants : la qualité du freinage anticipée; le risque de contamination par de la neige mouillée du train d'atterrissage ou des freins, ou des deux; la visibilité pendant le roulage; la force du vent et son effet sur le liquide d'antigivrage; et le chemin préféré pour se rendre à l'aire de dégivrage. L'équipage doit aussi s'assurer qu'il utilise la liste des vérifications appropriée pour le givrage au sol, et, habituellement, de sortir les volets et les becs de bord d'attaque seulement au moment de décoller, et de retarder l'utilisation du chauffage des bords d'attaque au moment où l'avion aura pris l'air si du liquide d'antigivrage a été appliqué. Il faut donc exercer une vigilance accrue parce qu'il pourrait y avoir une interruption dans la routine, ce qui introduit un risque additionnel d'erreur ou d'omission.*

*Il est souhaitable de vaporiser du liquide de dégivrage et du liquide d'antigivrage volets et becs rentrés afin de réduire au minimum l'exposition de leurs mécanismes de manœuvre aux liquides et aux forces de vaporisation. Par contre, si de la contamination est présente sur les volets et les becs à cause d'un givrage en vol antérieur ou parce que de la neige mouillée s'est accumulée lors de l'atterrissage ou du*

**TABEAU 8**  
**VISIBILITÉ DANS LA NEIGE PAR RAPPORT À L'INTENSITÉ DES PRÉCIPITATIONS<sup>1</sup>**

Éclairage ambiant	Plage de températures		Visibilité par température neigeuse (en milles terrestres)			
	°C	°F	Forte	Modérée	Légère	Très Légère
Obscurité	-1 et au-dessus	30 et au-dessus	≤1	>1 à 2½	>2½ à 4	>4
	Au-dessous de -1	Au-dessous de 30	≤3/4	>3/4 à 1½	>1½ à 3	>3
Lumière du jour	-1 et au-dessus	30 et au-dessus	≤½	>½ à 1½	>1½ à 3	>3
	Au-dessous de -1	Au-dessous de 30	≤3/8	>3/8 à 7/8	>7/8 à 2	>2

**Figure 1 : Visibilité dans la neige en fonction de l'intensité des chutes de neige.**  
Source : Transports Canada

roulage, alors il faut laisser les volets sortis jusqu'à ce que la contamination ait été éliminée avec du liquide de dégivrage. On rentre alors les volets et les becs pour l'application du liquide d'antigivrage afin de réduire au minimum l'écoulement de liquide avant le décollage.

### Roulage jusqu'à l'aire de dégivrage

Le transfert des communications du contrôle de la circulation aérienne (ATC) au contrôleur des opérations de l'aire de dégivrage (souvent appelé «Iceman») peut être nécessaire, surtout dans les grands aéroports. L'équipage de conduite doit consulter les procédures d'exploitation locales pour connaître les procédures de communication appropriées.

### L'aire de dégivrage

La Capitaine Unetelle et son équipage démarrent les moteurs de l'avion et roulent jusqu'à l'installation de dégivrage. Après avoir communiqué avec Iceman, elle coupe les moteurs principaux<sup>3</sup>, laisse les volets rentrés, mais elle ne coupe pas l'APU.

L'équipage surveille la vaporisation du liquide de dégivrage, notant que deux camions de vaporisation sont utilisés : un de chaque côté de l'avion pour que la couverture et la synchronisation soient symétriques. La vaporisation orange de la buse est un « éventail » concentré et, si l'on en juge par la vapeur qui s'élève, elle est de toute évidence très chaude.

<sup>3</sup> Le plan approuvé de lutte contre le givrage au sol peut approuver une procédure moteurs en marche.

La vaporisation se fait du dessus du fuselage vers le bas, de l'extrémité d'aile vers l'emplanture, du bord d'attaque au bord de fuite, et les opérateurs prennent soin d'éviter les hublots, les tubes de Pitot et les prises statiques. Toute cette opération se déroule comme prévu, et la Capitaine Unetelle est confiante que cette équipe de toute évidence bien entraînée prendra soin d'éviter de vaporiser l'entrée d'air de l'APU, selon les instructions qu'elle a données à Iceman.

Immédiatement après le dégivrage des ailes, mais avant de passer à l'empennage, on modifie la vaporisation pour la faire passer d'un jet orange fort à un jet vert beaucoup plus doux. Il s'agit du début de l'application du liquide d'antigivrage. L'équipe de dégivrage s'est rendu compte qu'elle ne peut terminer l'application de liquide de dégivrage sur tout l'avion avant d'appliquer le liquide d'antigivrage, sans risquer que la neige qui tombe commence à adhérer aux zones qui sont déjà vaporisées. La Capitaine Unetelle note qu'il est environ 13 h 20 et que le premier endroit sur lequel le liquide d'antigivrage est utilisé est le bord d'attaque intérieur de l'aile. Les équipes finissent alors par appliquer du liquide de dégivrage et du liquide d'antigivrage à l'empennage de l'avion.

Le chef d'équipe procède alors à l'inspection des surfaces critiques et à

**TABEAU 4-Generic**  
**GUIDE DES DURÉES D'EFFICACITÉ DES LIQUIDES DE TYPE IV DE LA SAE – HIVER 2007-2008<sup>1</sup>**  
L'UTILISATION DE CES DONNÉES DEMEURE LA RESPONSABILITÉ DE L'UTILISATEUR.

Température extérieure		Concentration de liquide type IV liquide pur/eau (Volume %/Volume %)	Durées d'efficacité approximatives en fonction de diverses conditions météorologiques (heures:minutes)						
Degrés Celsius	Degrés Fahrenheit		Formation de givre	Brouillard verglaçant	Neige ou granules de neige	Bruine verglaçante <sup>4</sup>	Pluie verglaçante légère	Pluie sur aile imprégnée de froid	Autre <sup>2</sup>
-3 et plus	27 et plus	100/0	12:00	1:15 – 2:30	0:35 – 1:15	0:40 – 1:10	0:25 – 0:40	0:10 – 0:50	
		75/25	5:00	1:05 – 1:45	0:20 – 0:55	0:35 – 0:50	0:15 – 0:30	0:05 – 0:35	
		50/50	3:00	0:15 – 0:35	0:05 – 0:15	0:10 – 0:20	0:05 – 0:10		
au-dessous de -3 à -14	au-dessous de 27 à 7	100/0	12:00	0:20 – 1:20	0:20 – 0:40	0:20 – 0:45 <sup>3</sup>	0:10 – 0:25 <sup>3</sup>	MISE EN GARDE : Il n'y a pas de lignes directrices pour les durées d'efficacité.	
		75/25	5:00	0:25 – 0:50	0:15 – 0:35	0:15 – 0:30 <sup>3</sup>	0:10 – 0:20 <sup>3</sup>		
au-dessous de -14 à -25	au-dessous de 7 à -13	100/0	12:00 <sup>5</sup>	0:15 – 0:40 <sup>5</sup>	0:15 – 0:30 <sup>5</sup>				
au-dessous de -25	au-dessous de -13	100/0	Le liquide de type IV peut être utilisé au-dessous de -25 °C (-13 °F) pourvu que le point de congélation du liquide soit inférieur d'au moins 7 °C (13 °F) à la température extérieure et que les critères aérodynamiques soient respectés. Envisager l'utilisation d'un liquide de type I si l'utilisation d'un liquide de type IV s'avère impossible.						

**Figure 2 : Guide générique sur les durées d'efficacité de Type IV.** Source : Transports Canada



une vérification tactile pour confirmer l'absence de tout contaminant adhérent. Iceman appelle alors la Capitaine Unetelle avec un rapport en cinq points qui indique a) que l'avion est propre; b) que le liquide d'antigivrage utilisé était de l'UCAR ULTRA+; c) que ce liquide n'était pas dilué; d) que l'application du liquide d'antigivrage a commencé à 13 h 20; et e) que toutes les équipes et le matériel se sont retirés de l'avion, et que le pilote peut démarrer ses moteurs et rouler hors de l'aire de dégivrage après avoir communiqué avec le contrôle au sol.

*Les aires de dégivrage à certains aéroports sont souvent plus occupées que toute autre zone de l'aéroport. D'une certaine façon, l'aire de dégivrage est un endroit où la sécurité est redoublée, mais où des dangers additionnels sont présents. La proximité immédiate d'autres aéronefs, le matériel de dégivrage, le personnel et des obstacles fixes font de l'aire de dégivrage une zone de roulage à haut risque. Les mouvements des aéronefs et des véhicules sur l'aire doivent être soigneusement planifiés et exécutés, sinon il pourrait en résulter de graves blessures ou de graves dommages.*

*Les communications pendant l'exploitation de cette aire doivent être claires et nettes. Il n'y a pas de place pour la confusion ni les erreurs d'interprétation pendant les opérations sur cette aire; de la confusion s'est déjà traduite par de graves dommages au matériel et de graves blessures.*

Lors du retour à l'aire de trafic principale, la Capitaine Unetelle note que l'addition de la première durée figurant dans la plage des durées d'efficacité (20 minutes) à l'heure de début de l'application du liquide d'antigivrage de 13 h 20 signifie qu'elle est confiante de pouvoir décoller en toute sécurité à n'importe quel moment avant 13 h 40, pourvu que les conditions ne changent pas. Le liquide d'antigivrage peut fournir une protection pouvant durer jusqu'à 40 minutes, ou jusqu'à 14 h, mais entre 13 h 40 et 14 h, l'état du liquide

et les surfaces critiques de l'avion devront être évalués par une inspection. Pendant le roulage, elle s'assure également qu'elle conserve une distance supplémentaire derrière les autres avions qui roulent pour que le liquide d'antigivrage de son Challenger ne soit pas altéré.

### **De l'aire de dégivrage à la piste**

*Le roulage de l'aire de dégivrage jusqu'au début de la piste en service peut être assez inquiétant. Selon la visibilité et selon qu'il fasse jour ou nuit, il peut être difficile de conserver une appréciation précise des conditions et de l'intensité des précipitations.*

*La plupart des gros avions n'offrent qu'une vue limitée des ailes et des autres surfaces critiques au commandant de bord. Il peut être nécessaire pour le copilote ou une autre personne entraînée d'aller à l'arrière dans la cabine et de vérifier les ailes par un hublot afin d'établir l'état du liquide. Le commandant de bord peut également disposer d'une surface représentative pour l'aider à juger de l'état de la contamination des surfaces critiques, selon que l'une a été désignée ou non pour l'avion. En cas de doute, il peut être nécessaire de demander à une personne entraînée se trouvant à l'extérieur de l'avion d'inspecter les surfaces critiques avant le décollage, ce qui, dans la plupart des cas, serait difficile à réaliser près d'une piste en service. En cas de doute, revenez à l'aire de dégivrage pour reprendre l'opération.*

*Le guide sur les durées d'efficacité servira au commandant de bord, mais les conditions ambiantes et le moment depuis le début de l'application finale du liquide d'antigivrage nécessitent une étroite attention. La durée d'efficacité devrait pouvoir être ajustée selon l'intensité changeante des précipitations ou une contamination additionnelle causée par le souffle de l'hélice ou le souffle réacteur d'un autre avion qui projette des contaminants gelés de la surface de la voie de circulation sur l'avion. La poudrierie basse est une réelle possibilité et elle*

*peut causer une perte d'efficacité rapide du liquide d'antigivrage. La visibilité et la température peuvent servir à juger de l'intensité des précipitations dans la neige (de jour ou de nuit) selon le tableau de visibilité dans la neige de Transports Canada (Figure 1).*

*Une surveillance étroite de la surface représentative aidera le commandant de bord à repérer une perte d'efficacité de liquide. Si le liquide d'antigivrage passe d'un aspect brillant à un aspect mat, il pourrait y avoir perte d'efficacité du liquide, mais c'est difficile à déceler. L'accumulation de neige plutôt que son absorption par le liquide d'antigivrage peut également être un signal de début de perte d'efficacité du liquide. Par contre, le seul moyen d'en être certain est d'effectuer une inspection tactile pour vérifier s'il y a adhésion de la neige.*

### **Durée d'efficacité**

De retour à l'aire de trafic pour rencontrer les passagers, le commandant de bord note que la porte du hangar a été ouverte et que l'équipage SAR est en train d'effectuer son inspection avant vol et ses préparatifs alors que l'hélicoptère est toujours dans le hangar. De toute évidence, l'équipage est en train de laisser la cellule refroidir avant de sortir l'hélicoptère dans la neige qui tombe. Peu après, l'hélicoptère Cormorant est remorqué hors du hangar avec l'équipage à son bord. Dans les trois minutes suivant le retrait de la barre de remorquage, les pales se mettent à tourner, et le système de protection contre le givrage du rotor est activé, le cas échéant.

Vers 13 h 35, les passagers ont embarqué à bord du Challenger et ont reçu leur exposé de sécurité, mais les chutes de neige se sont intensifiées. Avant de fermer la porte, la Capitaine Unetelle inspecte le bord d'attaque intérieur de l'aile et détermine que le liquide d'antigivrage est toujours efficace. Elle le confirme visuellement et au moyen d'une inspection tactile à main nue, veillant à nettoyer ses mains soigneusement après avoir touché au liquide d'antigivrage. Elle et son





Photo: NASA

équipage obtiennent leur autorisation de roulage et en route. Ils reçoivent aussi un rapport météorologique spécial indiquant une réduction de la visibilité de 1 à 1/2 mille et que la température a monté à  $-5^{\circ}\text{C}$  sur une très courte période. Le tableau des visibilités fait correspondre ces renseignements à une chute de neige d'intensité « modérée » (Figure 1, case bleue), mais il n'y a aucun changement dans la durée d'efficacité. Clairement, toutefois, le liquide d'antigivrage ne fournira pas une protection aussi longue que ce qui pouvait être prévu précédemment, et la perte d'efficacité du liquide se produira plus tôt dans la plage des durées d'efficacité. En outre, l'hélicoptère SAR a quitté et a communiqué un rapport de pilote (PIREP) indiquant qu'il avait rencontré des conditions de givrage blanc modéré peu après le décollage, puis au-dessus des températures de congélation, entre 2 000 et 3 200 pieds au-dessus de l'altitude de l'aéroport. La Capitaine Unetelle reconnaît que ce rapport indique l'arrivée imminente d'un front chaud et il est fort probable que des précipitations givrantes commenceront sous peu.

### Décision de décoller

Il est clair que l'avion n'aura pas pris l'air avant 13 h 40 et, par conséquent, le concept de « l'aéronef propre » ne peut être assuré sur la base de la durée d'efficacité à elle seule. Toutefois, on prévoit que le décollage aura lieu assez tôt dans la plage comprise entre les durées d'efficacité minimales et maximales, donc l'équipage décide de rouler vers la piste et effectue une deuxième inspection des surfaces critiques à cinq minutes du décollage. Si le décollage ne se fait pas d'ici 14 h,

l'avion devra être dégivré et antigivré de nouveau parce que les durées d'efficacité auront expiré.

Bien que la piste en service soit très longue et que la procédure normale serait d'effectuer

un décollage à une intersection, l'équipage a décidé de rouler tout le long de la piste vers le seuil de celle-ci en raison de la présence de neige mouillée sur la piste. La présence de neige mouillée signifie qu'il faudra une plus grande distance à l'avion pour accélérer jusqu'à la vitesse de décollage et que l'effet du freinage sera réduit en cas d'interruption du décollage. Ces deux effets sont difficiles à quantifier avec précision sur les tableaux de performance. Par conséquent, utiliser la distance maximale de piste disponible est une mesure prudente<sup>4</sup>.

Malheureusement, trois avions attendent en ligne leur autorisation de décollage sur cette piste. La Capitaine Unetelle garde le *Challenger* loin derrière le troisième avion avec les volets rentrés. L'équipage utilise une liste de vérifications avant décollage dans des conditions de givrage au sol qui comprend de retarder le réglage des volets jusqu'à ce qu'on se trouve en position sur la piste. Pendant ce temps, l'intensité de la chute de neige s'est atténuée quelque peu, et un rapport météorologique spécial communiqué à 13 h 48 indique que la visibilité a augmenté à 2 milles dans de la neige légère. À 13 h 50, la capitaine Unetelle voit que l'avion devant le sien a été autorisé à prendre position pour décoller. Elle estime qu'elle recevra son autorisation de décollage dans les cinq minutes et c'est la dernière occasion d'effectuer une inspection avant décollage. Elle demande et reçoit la permission de laisser un

membre d'équipage sortir de l'avion et effectuer une inspection tactile des surfaces critiques. Après avoir coupé le moteur gauche, le copilote sort de l'avion et répète l'inspection précédente du commandant de bord de la partie intérieure du bord d'attaque de l'aile gauche. À 13 h 51, il remarque que bien que le liquide d'antigivrage semble mat à certains endroits, il n'y a toujours pas de contaminants qui adhèrent à l'aile comme le détermine le toucher à main nue d'une des zones mates.

À 13 h 54, après redémarrage du moteur gauche et assurance que toutes les vérifications avant décollage ont été faites, y compris le réglage des volets en position de décollage, l'avion est prêt mais il ne peut décoller en toute sécurité que s'il reçoit une autorisation immédiate de décoller. La tour lui donne instruction de rouler en position et d'attendre pour le décollage, et elle indique en outre qu'il y aura une attente d'au moins cinq minutes pour permettre à la turbulence de sillage d'un avion qui vient de décoller de se dissiper, suivie de l'arrivée en priorité de l'hélicoptère SAR qui revient avec des blessés à bord. La Capitaine Unetelle décline l'instruction et elle explique que l'avion doit retourner à l'aire de dégivrage. Elle prend cette décision parce que la durée d'efficacité de l'antigivrage est presque expirée et elle ne peut être certaine que le liquide est toujours efficace depuis la dernière inspection tactile.

*Remarque qu'en aucun cas un avion qui a été antigivré ne peut recevoir une autre couche de liquide d'antigivrage par-dessus la première. Si les durées d'efficacité sont dépassées, les surfaces doivent d'abord être nettoyées au moyen d'un liquide de dégivrage de Type I avant qu'on puisse procéder à une autre application de liquide de Type II, III ou IV.*

À 14 h 15, alors que l'avion se trouve sur l'aire de dégivrage pour une deuxième fois, un rapport météorologique spécial est communiqué indiquant que la visibilité est de 2 milles dans une pluie verglaçante légère. La Capitaine Unetelle a encore d'autres décisions à prendre! Le tableau

<sup>4</sup> Voir *Propos de vol* Numéro 1 2007, page 22: "La neige mouillée sur une piste et ses conséquences sur les performances d'un avion."



générique des durées d'efficacité comprend des indications en cas de pluie verglaçante légère, et ce seront les durées pour cette situation qui seront utilisées par l'équipage de la Capitaine Unetelle (*Figure 2*, case bleue). Toutefois, l'avion n'est pas certifié pour voler dans de la pluie verglaçante. Étant donné que la durée d'efficacité n'est comprise qu'entre 10 et 25 minutes, elle retarde l'application du liquide de dégivrage et du liquide d'antigivrage jusqu'à ce que l'averse localisée de pluie verglaçante s'arrête à 14 h 30. Ensuite, elle roule vers la piste et l'avion décolle en toute sécurité à 14 h 40, bien avant qu'expire la durée d'efficacité minimale pour les conditions prévalantes. Les passagers ont été retardés, mais ils apprécient que le vol se soit déroulé en toute sécurité.

### Conclusion

Tout scénario dans lequel du givrage au sol est présent exige une prise de décision du pilote fondée sur une compréhension approfondie des renseignements disponibles et des limites associées à cette information. La Capitaine Unetelle a pris des décisions prudentes et justifiées de façon à accélérer son départ et à éviter de décoller dans des précipitations givrantes. Finalement, elle a dû reconnaître que compte tenu des incertitudes sur les techniques à sa disposition, elle ne pouvait être assurée que le décollage se déroulerait en toute sécurité, sauf en acceptant les retards qui ont suivi. L'avion était sans doute toujours sécuritaire, mais il n'y avait aucun moyen de le savoir, si ce n'est en retournant à l'aire de dégivrage. Peut-être que de nouvelles technologies permettront un jour d'aider à faire ces évaluations, mais ce n'est pas encore le cas.

L'expérience dans le civil a montré que l'établissement d'un programme approuvé de lutte contre le givrage au sol, allié à une stratégie de communication solide, est un des meilleurs moyens de réduire tout risque d'accident causé par du givrage au sol. ◆

## Accident d'un *Challenger* à Birmingham (Angleterre)

### Scénario

Le matin du 4 janvier 2002, un *Challenger* 604 s'est écrasé au décollage à l'aéroport international de Birmingham, au Royaume-Uni. L'avion avait passé la nuit sous le point de congélation sur l'aire de trafic, accumulant sur les ailes une couche de gelée blanche d'une épaisseur estimée à 1 ou 2 mm.

### Communications de l'équipage

Selon le rapport de la direction des enquêtes sur les accidents aériens (AAIB) du R.-U., le commandant de bord s'était informé de la situation auprès du copilote, qui était le pilote aux commandes.

[TRADUCTION]

Commandant : « *Y a du givre (inintelligible) sur le bord d'attaque, juste là, vous l'avez vu?* »

Copilote : « *Hein?* »

Commandant : « *Avez-vous (inintelligible) ce givre sur le bord d'attaque, les ailes?* »

Copilote : « *Est-ce que j'y ai touché?* »

Commandant : « *Ouais, avez-vous vérifié tout ça?* »

Copilote : « *Ouan* »

### Commentaires des enquêteurs

L'AAIB a conclu que la conversation de l'équipage à propos du givrage avait été « inefficace ».

[TRADUCTION] « La conversation sur le givrage amorcée par le commandant de bord n'a pas permis de vider la question ni d'en arriver à une conclusion appropriée, » selon l'AAIB.

Pendant le roulage vers la piste, l'équipage a exécuté la liste des vérifications avant décollage. Dans le compte rendu du rapport de l'AAIB, une fois arrivé à l'élément antigivrage de la liste des vérifications, le pilote aux commandes a annoncé : [TRADUCTION] « Nous allons peut-être en avoir besoin tout juste après le décollage. »

Le rapport de l'AAIB précise : [TRADUCTION] « Cette réponse ne semble refléter qu'une reconnaissance symbolique du problème de dégivrage, comme si l'on pouvait s'en occuper plus tard. »

L'avion n'a pas été dégivré avant de rouler vers la piste pour décoller. Comme l'a noté l'AAIB, tous les autres aéronefs qui avaient été stationnés à l'extérieur pour la nuit à Birmingham et qui devaient effectuer un vol le lendemain matin avaient été dégivrés. Ils ont pu décoller en toute sécurité. Immédiatement après avoir pris l'air, l'avion accidenté est parti brutalement dans un mouvement de roulis sur la gauche et s'est écrasé sur le dos. La durée totale du vol a été d'environ 6 secondes. L'AAIB a supposé que l'avion avait été stationné de telle sorte qu'une aile était exposée au soleil matinal et que l'autre se trouvait toujours à l'ombre, ce qui a causé un dégivrage asymétrique et le décrochage d'une aile. À l'impact, les réservoirs de carburant se sont rompus et l'avion a glissé en feu avant de s'immobiliser. Les cinq personnes à bord ont péri. ◆

# Opérations des FC à partir d'installations commerciales

par le Capitaine Bernie Castonguay, Opérations de l'Escadre, 8<sup>e</sup> Escadre Trenton

C'est l'hiver au Canada, et vous et votre équipage vous apprêtez à quitter votre escadre d'attache pour une mission. Vous vous rendez au bureau des opérations et donnez votre charge en carburant. C'est alors que le mécanicien de bord arrive et vous dit que l'avion est recouvert de givre et qu'il faudra le dégivrer. Vous vous tournez vers l'officier de service et demandez un dégivrage. Un peu plus tard, vous terminez votre planification, effectuez votre exposé à l'équipage et vous préparez à quitter pour la première de deux étapes prévues. Vous arrivez à votre appareil, jetez un coup d'œil rapide autour, sautez dans l'avion et exécutez un départ normal et sûr.

En rapprochement de votre première destination, vous captez l'ATIS et vous apprenez qu'il neige. Vous planifiez et exécutez une approche et un atterrissage normaux dans des conditions qui, vous le savez, seront

difficiles pour le départ subséquent. Stationné en toute sécurité, vous regardez dehors en sachant que non seulement c'est votre première visite à cet aéroport, mais aussi que c'est la première fois que vous devrez vous en remettre à un entrepreneur civil pour le dégivrage dont vous aurez besoin avant de partir. Un coup d'œil rapide dans le supplément de vol vous indique que le service est assuré par le concessionnaire des services aéronautiques à l'aéroport et que ce service est effectué à un endroit donné sur l'aérodrome appelé le centre de dégivrage. Parfait, et après? Comment demandez-vous ce service? Comment vous rendez-vous au centre de dégivrage? Est-ce que le concessionnaire des services aéronautiques sait comment dégivrer votre avion? Ces questions sont toutes justifiées!

Le dégivrage aux aéroports civils est généralement assez simple. Bien sûr, il y a des procédures, et elles se retrouvent plus souvent qu'autrement dans la section des procédures au sol de la publication d'information de vol (FLIP) appropriée. Ces procédures comprennent

les exigences de communication avant démarrage, les voies de roulage, les instructions verbales ou automatiques de guidage au sol, si le dégivrage doit se faire moteurs en marche ou non, et toutes les précautions de sécurité propres à cet aéroport.

Est-ce toute l'information dont vous aurez besoin? Non. Vous devrez connaître les exigences propres à votre appareil et savoir si ces procédures sont compatibles avec les procédures locales. Par exemple, si le centre de dégivrage ne dégivre qu'avec les moteurs en marche, êtes-vous autorisé à procéder ainsi? Un simple coup de fil au concessionnaire des services aéronautiques devrait vous fournir la réponse à toutes vos interrogations. C'est votre jour de chance : l'exploitant a déjà dégivré votre type d'appareil auparavant, et les procédures propres à votre avion sont compatibles avec celles du concessionnaire et du centre de dégivrage.

Vous avez fait le plein et réglé les détails du départ, et vous êtes dans l'avion, prêt à rouler vers le centre de dégivrage. Vous avez déjà appelé le concessionnaire des services aéronautiques pour lui indiquer que vous aviez besoin d'un dégivrage. Le contrôle au sol vous donne des instructions de roulage et vous transfère au contrôleur des aires du centre de dégivrage, qui vous attribue un numéro d'emplacement ou d'aire ainsi que la fréquence à syntoniser pour communiquer



Photo : NASA

*Du personnel coordonne le dégivrage pour vous.*





obtenir l'autorisation de rouler et êtes transféré au contrôleur sol. Pendant que vous roulez vers la piste de départ, votre copilote avisé utilise les conditions météorologiques de l'ATIS, les données fournies par le responsable du dégivrage et les *Lignes directrices sur les durées d'efficacité* de Transports Canada pour déterminer la durée d'efficacité applicable. Vous quittez en toute sécurité dans le délai permis.

Le scénario précédent, bien que de nature générique, décrit précisément le

avec le responsable du dégivrage (Iceman). Ce dernier vous dirige vers l'emplacement ou l'aire, vous donne des instructions pour le guidage au sol et l'arrêt, puis il vous demande de l'informer une fois que vos freins sont serrés et que votre avion est prêt pour la pulvérisation. Vous immobilisez l'avion, serrez le frein de stationnement, configurez votre avion conformément à la liste des vérifications des IEA, puis vous faites rapport au responsable du dégivrage.

En regardant par la fenêtre, vous êtes surpris de voir quatre véhicules de dégivrage approcher de votre appareil. Vous vous frottez les yeux : il n'y a pas de chauffeurs! Calmez-vous! Ce centre de dégivrage possède tous les outils modernes pour faire le travail. Des véhicules à grande flèche avec un seul opérateur qui conduit à partir de la nacelle de la flèche sont en mesure de pulvériser le liquide de dégivrage de Type I et le liquide d'antigivrage de Type IV. Il y a aussi de petits véhicules équipés d'applicateurs de liquide de dégivrage qui s'occupent des surfaces de l'avion hors de portée des gros véhicules. Ce sont les outils utilisés

pour assurer que votre avion est débarrassé de tous les contaminants gelés.

Une fois la pulvérisation terminée, les camions se retirent, et le responsable du dégivrage vous lit le rapport après dégivrage. Vous vous empressiez de noter par écrit :

- ◆ que votre avion est propre,
- ◆ le ou les liquides utilisés,
- ◆ le taux de dilution utilisé,
- ◆ le moment où a commencé la durée d'efficacité (c.-à-d. le début de l'application finale de liquide),
- ◆ que toutes les équipes au sol et le matériel ont dégagé les lieux.

Vous reconfigurez votre appareil, appelez pour

processus qui a lieu aux centres de dégivrage modernes. Posez-vous maintenant la question : *sommes-nous prêts pour cette situation? Avons-nous reçu notre formation annuelle sur le dégivrage? Nos appareils sont-ils certifiés pour recevoir du liquide d'antigivrage?* Si la réponse à la dernière question est non, alors pourquoi envisagez-vous même de voler (selon le scénario ci-dessus) dans des conditions de précipitations verglaçantes réelles? ◆



Photo: NASA

# Opérations hivernales

## *Une question de conscience de la situation*

par J.T. Horrigan, *Technicité de vol, Air Canada*

**L**e Canada est un leader mondial dans le domaine des opérations aériennes hivernales, ce qui s'explique facilement car, en moyenne, les exploitants canadiens peuvent rencontrer des conditions de givrage au sol neuf mois par année. Pour une équipe de piste, cette situation signifie qu'elle devra effectuer de nombreuses vérifications de givrage et appliquer fréquemment les procédures de dégivrage. Cela signifie également qu'elle devra connaître les procédures locales particulières et être prête à régler les problèmes reliés à la langue de communication et, bien entendu, aux conditions climatiques extrêmes.

Les opérations de dégivrage au sol font appel à des notions de chimie avancées, à des méthodes de gestion des risques complexes et à des modèles de débit d'aérodrome fondés sur des protocoles d'exploitation, des tableaux de durées d'efficacité et des listes de vérifications. Toutefois, c'est l'équipage de conduite qui, en fin de compte, devra décider si l'avion est prêt ou non à décoller, et cela en tenant compte de tous les facteurs qui précèdent. En effet, les conditions météorologiques sont notoirement irrespectueuses des modèles et des procédures d'utilisation normalisées (SOP). Cette décision de l'équipage, comme toutes les autres, reposera sur sa conscience de la situation.

Comme chacun sait, la conscience de la situation est basée sur certains principes fondamentaux. L'information sur le givrage au sol et les procédures de dégivrage pour votre aéronef est tirée de plusieurs documents : le manuel d'exploitation de vol, les instructions d'exploitation d'aéronef, et les tableaux de durées d'efficacité. En plus des

procédures pertinentes, l'équipage doit toujours connaître l'état véritable de l'aéronef, de la première inspection jusqu'à l'arrêt des moteurs. Dans des conditions de givrage au sol, cela signifie qu'il faut bien comprendre ce que l'inspection de dégivrage a permis de constater (surtout si cette inspection a été déléguée), savoir quelles procédures peuvent fonctionner ou non, et surveiller continuellement la situation pour veiller à ce que toutes les mesures soient en place et qu'elles restent efficaces jusqu'au décollage. En raison de la configuration propre à de nombreux appareils, l'équipage de conduite doit souvent s'en remettre à des personnes situées à l'extérieur de l'aéronef qui peuvent utiliser des procédures différentes et même parler une langue différente. Même si les préposés aux manœuvres au sol sont des spécialistes bien formés pour travailler dans des conditions difficiles, ils ne peuvent pas deviner ce que pensent les pilotes. Les procédures sont basées sur les évaluations conjointes de l'équipe au sol et de l'équipage de conduite, c'est pourquoi il est essentiel qu'ils communiquent clairement entre eux. Finalement, la conscience de la situation nécessite que l'équipage soit prêt à tenir compte de situations exceptionnelles. Malgré la nature répétitive des procédures et des protocoles de communication, les humains restent enclins à l'erreur. Il faut veiller à ne pas se laisser endormir par le verbiage propre aux communications normalisées et surtout ne jamais relâcher sa vigilance et considérer le dégivrage comme une opération de routine. L'industrie ne manque pas d'exemples funestes où l'on avait laissé des suppositions se substituer à la connaissance des faits.

Si quelque chose ne semble pas aller, posez des questions.

Deux incidents récents illustrent de quelles façons la conscience de la situation peut être subtilement mise en échec au sol. Dans les deux cas, tout semblait routinier jusqu'après le décollage.

### **Premier incident : aile imprégnée de froid et liquide dilué**

L'avion est arrivé à une escale européenne après un vol transatlantique, et sa durée d'escale a été assez courte (90 minutes) avant qu'il ne redécolle pour le vol de retour. La température extérieure (OAT) était de  $-3^{\circ}\text{C}$ , et du givre se formait sur les ailes, de sorte que l'équipe de dégivrage s'est préparée à dégivrer l'avion. En se servant de la phraséologie normalisée, l'équipage a demandé un dégivrage de l'avion avec des liquides des Types I et IV, puis il a décollé. En croisière, un membre d'équipage a demandé au commandant de bord (CdB) de regarder l'aile gauche. L'inspection a révélé que l'aile était recouverte d'une mince couche de glace. Les caractéristiques de vol n'ont cependant pas été compromises et, puisque la température à destination était au-dessus du point de congélation, l'approche et l'atterrissage se sont déroulés normalement.

### **Qu'est-il arrivé?**

À l'insu de l'équipage et du transporteur aérien, le poste de dégivrage en question avait été touché par des restrictions environnementales locales. Par conséquent, il avait modifié le mélange de son liquide de dégivrage de sorte que ce dernier gelait à  $-10^{\circ}\text{C}$  environ. Également à l'insu de l'équipage, le poste n'utilisait pas du liquide de dégivrage de Type I pour



le dégivrage, mais plutôt du liquide d'antigivrage de Type IV chauffé et dilué. Le poste présumait que ce liquide était fonctionnellement identique au liquide de Type I, mais cette supposition était incorrecte. En outre, le poste ne savait pas que l'avion transportait une charge importante de carburant sur-refroidi (-35 °C) dans ses réservoirs. La courte durée d'escale a été un facteur supplémentaire puisque la température de l'aile n'est jamais montée au-dessus de -20 °C.

Au cours du dégivrage, l'équipe au sol a suivi le protocole habituel en s'assurant que les surfaces critiques soient propres avant l'application du liquide d'antigivrage de Type IV et le début de la période d'efficacité. L'équipe au sol n'a pas informé l'équipage de conduite qu'elle avait dégivré l'avion avec du liquide de Type IV dilué qui gèle à -10 °C plutôt qu'avec le liquide de Type I que l'équipage de conduite avait demandé. L'équipe de dégivrage supposait que l'aile était à la même température que l'air ambiant (-3 °C) et que par conséquent le liquide utilisé présentait une marge d'efficacité suffisante. L'équipe supposait également à tort que le liquide de dégivrage de Type I, qui n'est composé que de glycol et d'eau, était équivalent au liquide d'antigivrage de Type IV, alors que ce dernier contient en plus un polymère. Pendant un dégivrage normal en deux étapes, le liquide de dégivrage de Type I est appliqué pendant la première étape et il est presque complètement chassé par le liquide d'antigivrage de Type IV qui est plus lourd et plus épais, de sorte qu'il ne demeure sur l'aile dégivrée qu'une couche de liquide d'antigivrage de Type IV pleinement efficace. Dans le cas qui nous intéresse, le liquide de Type IV dilué utilisé pendant la

première étape du processus n'a pas été chassé et a donc adhéré à l'aile. La pulvérisation finale de l'avion avec le liquide de Type IV non dilué a laissé une mince couche unie de couleur verte caractéristique sur la surface de l'aile, ce qui a donné à l'équipe de dégivrage une indication visuelle que tout était normal. Toutefois, la mince couche de liquide de Type IV dilué qui était demeurée sur l'aile, dont la température était de -20 °C, a commencé à geler, tout en restant suffisamment souple pour ne pas se fendiller pendant le cabrage au décollage, et elle a été emprisonnée sous la couche limite où elle a gelé complètement une fois en vol de croisière. Dans ce cas, l'équipage croyait que l'avion avait été dégivré avec du liquide de Type I suffisamment concentré pour rester liquide jusqu'à ce qu'il soit remplacé par du liquide de Type IV non dilué.

### **Analyse**

L'incident en question a commencé par une erreur fondamentale d'infrastructure, à savoir l'utilisation d'un liquide imprévu ayant des caractéristiques imprévues. Cette défaillance fondamentale a donné lieu à une conversation au cours de laquelle chaque groupe utilisait les bons mots, mais en leur accordant des significations différentes. À la suite de cet incident, le transporteur aérien a entrepris de vérifier dans l'ensemble du système les suppositions qui pouvaient être faites dans les postes de dégivrage. Cet incident a également mis en lumière une lacune en regard des lignes directrices actuelles sur les liquides de dégivrage et d'antigivrage. Même si tous les équipages sont avertis des dangers que pose le carburant imprégné de froid, il y a peu de moyens pratiques pour mesurer la température du revêtement et la signaler au fournisseur de services. En outre, la norme internationale concernant l'application de liquides ne fait référence qu'à la température de l'air extérieur (OAT). De nombreux transporteurs aériens participent à un groupe international d'exploitants et de constructeurs dont le mandat est de combler cette lacune. Une fois

disponible, cette nouvelle information permettra aux équipages de conduite de corrélérer la quantité, la distribution et la température du carburant avec les risques d'imprégnation par le froid. Entre-temps, certains exploitants ont exigé de leurs fournisseurs de services de dégivrage qu'ils s'assurent que tout liquide de dégivrage utilisé sur leurs long-courriers possède un point de congélation minimal de -30 °C. Une troisième leçon importante à tirer de l'incident en question est la nécessité de tenir compte des pressions environnementales et financières internationales qui incitent à réduire le plus possible l'utilisation du glycol. L'appui à une utilisation rentable et responsable et à la récupération des liquides de dégivrage et d'antigivrage ne doit toutefois pas se faire au détriment de la sécurité. Chaque exploitant doit préciser la plage de mélanges de liquide acceptable et les quantités à appliquer pour chaque type d'aéronef. Il faut également assurer un suivi actif en cas d'écarts afin de permettre aux membres d'équipage de conduite de fonder leurs décisions reliées au dégivrage en ne tenant compte que de la sécurité de l'aéronef et de ses occupants.

### **Deuxième incident : dégivrage incomplet**

L'incident en question a commencé avant que l'équipage de conduite n'arrive à l'aéronef pour le premier départ de la journée. La veille au soir, de la pluie verglaçante et de la neige non prévues étaient tombées. Le responsable du dégivrage avait demandé à plusieurs équipes de dégivrage de se présenter quatre heures plus tôt que l'heure normalement prévue pour leur quart de travail. Pour au moins un des membres de ces équipes, cette situation était la continuation d'une succession de quarts de travail où les périodes de congé étaient beaucoup moins fréquentes que prévues. En outre, en raison de problèmes de main-d'œuvre, l'exploitant au sol a décidé d'utiliser un seul camion de dégivrage, alors qu'il en utilisait habituellement deux. Heureusement, les précipitations





avaient cessé, de sorte que si le dégivrage était toujours nécessaire, l'antigivrage ne l'était plus.

Pendant que les pilotes préparaient le décollage, l'équipe de dégivrage est arrivée à l'avion et a commencé à dégivrer l'aile droite. L'équipage a noté que les opérations de dégivrage étaient en cours et a supposé que, conformément aux procédures habituelles, un deuxième camion s'affairait à dégivrer l'aile gauche, puisque personne ne leur avait affirmé le contraire. L'équipage ne pouvait cependant confirmer visuellement cette information, car une passerelle d'embarquement lui obstruait la vue du côté gauche. Lorsque l'équipe de l'unique camion de dégivrage a voulu se rendre du côté gauche de l'avion, elle a constaté qu'un camion-citerne s'y trouvait déjà. Elle a donc décidé de s'éloigner de l'avion pour revenir lorsque le ravitaillement en carburant serait terminé. Elle n'a pas informé l'équipage de conduite de cette décision, alors que ce dernier ne pouvait observer visuellement cette manœuvre.

Lorsque les membres de l'équipe de dégivrage ont été interrogés par la suite, ils ont affirmé qu'ils avaient bien dégivré les deux côtés de l'appareil, mais ils n'étaient pas retournés pour terminer le dégivrage. Avant le refoulement au tracteur, le commandant de bord a communiqué avec le responsable du dégivrage et lui a demandé de lui confirmer que le dégivrage avait été effectué sur les deux côtés. Le responsable a confirmé que c'était bien le cas, mais cette confirmation reposait uniquement sur le fait qu'il avait vu le camion de dégivrage se rendre à l'avion. Aucune inspection du côté gauche n'avait été faite. Pendant ce temps, les agents de bord qui, conformément à leurs SOP, auraient dû normalement faire une vérification visuelle des ailes, ont été distraits par les tâches reliées à l'embarquement et ont omis cette vérification. À cette escale américaine très achalandée, le refoulement et le roulage de départ à l'heure de pointe du matin demandaient toute l'attention de l'équipage de conduite. Étant donné

l'absence de précipitation, il n'était pas nécessaire d'effectuer une vérification de durée d'efficacité ni une inspection supplémentaire de contamination avant le décollage, de sorte que l'équipage n'a pas vérifié visuellement l'état des ailes après le dégivrage. Peu après le décollage, l'équipage a éprouvé de la difficulté à maîtriser l'appareil qui présentait notamment des mouvements de roulis et de lacet anormaux, ainsi que des sollicitations intempestives du pilote automatique. L'équipage est toutefois parvenu à reprendre une maîtrise suffisante de l'avion pour poursuivre son court vol vers sa destination. Une fois l'avion stabilisé en vol de croisière à une altitude beaucoup plus basse que prévue, le CdB est allé dans la cabine et a remarqué que l'aile gauche était fortement contaminée, alors que l'aile droite ne l'était pas.

### **Qu'est-il arrivé?**

Cet incident représente une défaillance multiple typique dans laquelle une série d'erreurs et d'omissions ont mené à l'incident, et ce, bien qu'aucune d'elles ne puisse être considérée comme étant l'unique cause. L'équipage croyait que l'avion avait été dégivré conformément au protocole normal de la compagnie. En fait, le poste de dégivrage s'était écarté de ce protocole en utilisant un seul camion, et les membres de l'équipe de dégivrage ont décidé de leur propre chef de laisser l'avion partiellement dégivré, ce qui est contraire à leurs propres procédures et à celles du transporteur. La phraséologie normalisée utilisée dans les communications avec le responsable du dégivrage au sol a laissé croire qu'une inspection complète de l'avion avait été effectuée, alors qu'il n'y avait eu aucune inspection. Finalement, une autre mesure de protection, c'est-à-dire la vérification des ailes par les agents de bord, a également été omise. En plus de la tension due aux conditions météorologiques à l'escale, les consignes complexes de la compagnie concernant certaines escales, la charge de travail importante chez l'équipage de conduite et la fatigue chez l'exploitant au sol ont été des facteurs contributifs importants dans l'incident en question.



Photo : Caporal Eric Jacques

### **Quel sera le prochain incident?**

Les conditions de givrage au sol surviennent rarement seules. De mauvaises conditions météorologiques, un débit de pointe, l'affectation des équipages et d'autres distractions abondent. Quelle que soit la situation en cours, le système compte sur la capacité des pilotes à évaluer leur situation avec précision et à prendre des décisions éclairées, ce qui signifie connaître la différence entre une opération qui se déroule de façon régulière et très ordonnée, et une opération qui est précipitée et mal coordonnée. Il faut se rappeler que les pilotes ne voient que la pointe de l'iceberg. S'ils sont mal à l'aise avec ce qu'ils voient et entendent, il faut s'attendre à ce qu'ils tiennent compte de ce qui arrive à l'extérieur de l'avion. L'équipe au sol subit-elle également des pressions? Chacun travaille-t-il exclusivement à partir des faits, ou des suppositions ont-elles été utilisées pour hâter l'opération? Lorsque les choses semblent commencer à se précipiter, l'équipage de conduite doit marquer le pas, prendre un instant, et s'assurer que l'image qu'il a de l'avion et de l'opération est précise. C'est cela la conscience de la situation. ♦

*Le présent document est une adaptation d'un article écrit par le Capt J.T. Horrigan, pilote technique, programmes de base, Opérations aériennes/technicité de vol à Air Canada, publié à l'origine dans Flightline, la publication sur la sécurité des pilotes d'Air Canada. L'article a été adapté et imprimé avec la permission des opérations aériennes, sécurité et qualité, d'Air Canada aux seules fins de susciter une prise de conscience de la sécurité. Tous droits réservés.*



# Opérations en régions inhospitalières

par Malcolm Imray, P.Eng., ingénieur en aéronautique, Direction de la navigabilité aérienne et du soutien technique

Aux aéroports ayant des installations appropriées et du personnel qualifié, il est possible de traiter efficacement le givrage au sol. Par contre, les aéronefs des FC n'évoluent pas toujours dans de tels aéroports. Ils sont fréquemment envoyés dans des régions qualifiées d'« inhospitalières » où des services de dégivrage et d'antigivrage sont tout simplement inexistantes.

L'article qui suit illustre abondamment cette situation par une mission de recherche et de sauvetage (SAR) effectuée par deux aéronefs tous temps très performants, exploités par les FC. Malgré les performances de ces appareils, leur utilisation ailleurs qu'à leur base dans des conditions givrantes au sol réelles s'est révélée très difficile et elle aurait pu compromettre l'efficacité de la mission. De telles opérations SAR et bien d'autres opérations dans des régions inhospitalières font partie du quotidien

de nos équipages navigants. Le défi consiste à fournir à tout le moins une capacité de dégivrage limitée, mais autonome, lorsque l'aéronef est déployé. Pour ce faire, il s'agit de disposer d'un petit équipement léger approprié qui peut être emporté à bord et utilisé par l'équipage. Cette situation signifie aussi une formation initiale et périodique supplémentaire pour l'équipage afin qu'il puisse utiliser correctement l'équipement et les procédures qui y sont associées.

Parmi les exemples de ce type d'équipement déjà utilisé, il y a les pulvérisateurs et contenants de liquide de dégivrage chauffé destiné aux petits aéronefs (*Figure 1*), des accessoires de dégivrage mécanique, comme des balais, et des dispositifs d'antigivrage, comme des bâches d'aile lorsque l'appareil est remisé.

Les hélicoptères et les avions des FC ainsi que leurs équipages sont polyvalents et axés sur la mission. Ils

se rendent partout où leurs services sont requis par presque n'importe quel temps. Mais pour que la mission soit exécutée efficacement, les outils qui leur sont fournis doivent comprendre des moyens d'évoluer à partir d'endroits inhospitaliers, même en conditions givrantes au sol. ♦



**Figure 1:** Le Ice-Off est un exemple de distributeur de liquide d'antigivrage de Type 1. Il nécessite une alimentation de 120 V c.a. pour chauffer le liquide.

## La troisième chance

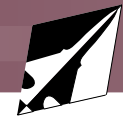
par le Sous-lieutenant Chris Cole et la Lieutenant Jazmine Lawrence, Direction de la sécurité des vols

Le 28 février 2005, le Centre conjoint de coordination des opérations de sauvetage (CCCOS) – Halifax a reçu un appel du Bureau de gestion des urgences signalant le retard d'un navire parti de Cape Dorset (Nunavut). Le navire ayant, disait-on, quatre chasseurs de morses à bord, n'était pas rentré comme prévu la nuit précédente.

Le CCCOS a confié au CC130 *Hercules* de Greenwood, portant l'indicatif d'appel *Herc Rescue 320* (R320), la mission de répondre à l'appel, et à l'hélicoptère CH149 *Cormorant* de Gander, portant l'indicatif d'appel *Rescue 903* (R903), de se rendre sur les lieux. Plus tard également, *Herc R313* de Greenwood s'est vu

confier la mission de transporter un équipage de relève pour *Corm R903*.

*Herc R320* est arrivé sur les lieux et a pu larguer de l'équipement de survie aux chasseurs de morses en détresse sur un floe (plaque de glace flottante). *Herc R320* est retourné à Iqaluit tôt le matin le 1<sup>er</sup> mars, en temps universel, et



a été remplacé plusieurs heures plus tard par *Herc R313* qui était arrivé de Greenwood. *Corm R903* devait suivre peu après, mais il a dû faire demi-tour à cause de la visibilité extrêmement mauvaise dans de la neige abondante. Il a effectué une deuxième tentative au lever du soleil, mais il est revenu à la base à cause de vibrations en vol dues, pensait-on, à du givre. La certification du *Cormorant* permet le dégivrage à l'aide de plusieurs liquides qui sont généralement disponibles en Europe, mais pas au Canada, et certainement pas dans un endroit aussi inhospitalier qu'Iqaluit. On a trouvé un hangar de F-18 sur un emplacement avancé d'opérations (FOL) local dans lequel on pourrait dégivrer *Corm R903*, mais on s'est vite rendu compte qu'il ne convenait pas. Heureusement, la GRC a fourni son hangar et *Corm R903* y a été placé.

Entre-temps, *Herc R313* est revenu pour être ravitaillé en carburant, mais il n'a pu décoller, ni *Herc R320* d'ailleurs, à cause des précipitations en cours. La certification du *Hercules* permet

le dégivrage à l'aide du liquide de Type I. Il y avait de ce liquide à Iqaluit, mais il n'aurait pas fourni une durée d'efficacité adéquate à cause des précipitations et des conditions givrantes : la neige tombait et gelait sur le fuselage et les ailes trop rapidement pour être enlevée par le liquide de dégivrage de Type I.

Deux autres *Cormorant* de Greenwood ainsi qu'un *Griffon* de Goose Bay se sont vus confier la mission de se rendre sur les lieux. Le premier *Cormorant* a été incapable de décoller de Greenwood à cause des conditions météorologiques à cet endroit, et les deux autres appareils ont par la suite été relevés de leur mission lorsque *Corm R903* a finalement pu se rendre sur les lieux du sauvetage à la troisième tentative. Dans le hangar, *Corm R903* s'était dégivré de manière acceptable, et il a effectué le sauvetage sans couverture des *Hercules*, sans communications avec le CCCOS, et il a franchi les 200 nm d'océan qui le séparait des lieux du sauvetage. Il est revenu à

Cape Dorset avec les quatre chasseurs qui étaient restés sur le floe pendant plus de 30 heures.

Les multiples problèmes de givrage au sol ne constituaient qu'une partie des nombreux problèmes fâcheux rencontrés pendant cette mission SAR, mais ils étaient importants. Heureusement, les chasseurs de morses étaient sains et saufs lorsqu'ils ont été secourus. Toutefois, si une telle situation se reproduisait dans une opération de sauvetage, des revers comme ceux-là pourraient avoir des conséquences beaucoup plus graves. Des mesures doivent être prises de façon que si des unités SAR sont de nouveau appelées à un endroit aussi inhospitalier qu'Iqaluit, les problèmes de dégivrage n'entraveront pas l'efficacité opérationnelle et le succès de la mission. Déjà au début de 2008, les *Hercules* avaient subi les essais de certification visant l'utilisation du liquide antigivrage de Type IV et attendaient l'approbation officielle. De même, le *Cormorant* subissait des essais de certification visant

l'utilisation du liquide de dégivrage de Type I. Un ensemble portatif comme celui utilisé pour le *Twin Otter* peut également être très prometteur pour le *Cormorant* dans les endroits éloignés où il doit souvent se rendre. ♦



Photo : Sergent Rick Ruthven

Le présent article est un bref résumé d'un rapport SAR et des préoccupations ultérieures de dégivrage qui ont été présentés au Comité permanent sur les opérations en conditions givrantes (IOSC) en 2006. La présentation est accessible sur le site Web de l'IOSC du RED à <http://winnipeg.mil.ca/a3mar/Docs/lcing%20info/lcing.html>, sous 2006 IOSC Presentations.





# Formation à l'intention du personnel au sol et des équipages de conduite

par Malcolm Imray, P.Eng., ingénieur en sciences aéronautiques, Direction de la navigabilité aérienne et du soutien technique

## La nécessité de la formation

Les articles de la présente publication soulignent combien il est difficile d'appliquer efficacement le programme approuvé de lutte contre le givrage au sol. Seuls les efforts concertés d'une équipe de spécialistes permettent d'obtenir un résultat concluant. Chaque membre de l'équipe a donc un rôle important à jouer pour s'assurer que l'aéronef décollera sans incident en conditions de givrage. Le commandant de bord a l'ultime responsabilité de s'assurer que l'aéronef peut partir en toute sécurité, mais, comme l'a précisé le juge Moshansky dans le rapport de la *Commission d'enquête sur l'écrasement d'un avion d'Air Ontario à Dryden*, quiconque participe à la mise en œuvre de l'appareil a l'obligation d'informer les pilotes de tout danger dont il a connaissance, les pilotes ne pouvant pas gérer seuls les multiples aspects des opérations préalables au décollage. Il n'en est pas moins vrai que le personnel au sol ne peut pas préparer l'aéronef à un vol sans incident s'il n'est pas au courant des attentes de l'équipage. Quant aux contrôleurs de la circulation aérienne, ils sont tenus de gérer au mieux les mouvements d'aéronefs afin d'exploiter les installations de dégivrage au sol de la manière la plus judicieuse qui soit.

Tous les articles contenus dans cette publication ont mis l'accent sur la nécessité d'accomplir un travail

d'équipe. Chaque membre de l'équipe chargée des opérations de dégivrage au sol doit recevoir une formation initiale qui lui permettra de bien comprendre son rôle au sein de l'équipe, d'être compétent et qualifié pour exécuter les tâches qui lui sont confiées, de connaître les dangers liés à chaque tâche et de savoir comment accomplir son travail *en toute sécurité*. La formation initiale devra être complétée et mise à jour au moyen d'une formation périodique annuelle.

En plus d'énoncer les exigences que doit contenir un programme de formation sur le programme approuvé de lutte contre le givrage au sol, le présent article précise qui doit suivre la formation et ce que doit comprendre le programme de formation. L'auteur s'est inspiré des programmes décrits dans des documents produits par Transports Canada, la NASA et l'Association of European Airlines (AEA).

## Personnel au sol

### Formation générale

En plus de connaître parfaitement l'ensemble du processus de dégivrage au sol, le personnel de piste doit recevoir une formation spécifique. Étant donné que les opérations de dégivrage supposent l'emploi de liquides et d'équipements spéciaux, il est primordial que le personnel suive une formation appropriée afin d'apprendre à utiliser le matériel et à manipuler les produits chimiques, et

ce, afin d'assurer sa propre sécurité et l'intégrité de l'aéronef qu'il dégivre. Le personnel au sol doit aussi porter un équipement de protection individuel (EPI); il doit apprendre à s'en servir et savoir comment réagir en cas d'exposition à des matières dangereuses. Autrement dit, il faut veiller à ce que la formation sur le système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT) englobe l'étude des fiches signalétiques de sécurité produit appropriées (FS) ainsi qu'un cours sur l'EPI. La formation obligatoire doit également enseigner au personnel au sol les procédures à appliquer pour réceptionner, stocker, mélanger, chauffer, pulvériser et récupérer les liquides de dégivrage. Elle doit enfin traiter de l'utilisation des réfractomètres, des sondes de température, des pompes et des autres matériels auxiliaires, ainsi que des exigences relatives à la consignation de toutes les tâches mentionnées afin de garantir la qualité du processus au complet.

### Le responsable du dégivrage « Iceman » et les pulvérisateurs

Les personnes qui travaillent autour de l'aéronef pendant les opérations de dégivrage au sol doivent suivre une formation spécialisée complémentaire sur la façon d'utiliser leur équipement. Cette formation doit présenter les zones d'application interdites - générales et spécifiques à chaque aéronef - la séquence de pulvérisation,

la façon d'utiliser le matériel, les procédures de communications et l'EPI (utilisation du harnais de sécurité par exemple). Certaines personnes suivront également une formation consacrée à l'inspection des surfaces critiques. Enfin, le chef d'équipage et le coordonnateur du poste de dégivrage (responsable du dégivrage ou « Iceman ») suivront un cours axé sur les responsabilités complémentaires qui leur incombent (page 41).

## Équipages de conduite

### Formation générale

L'équipage de conduite de l'aéronef doit connaître toutes les étapes de la procédure de dégivrage au sol, et ce, afin de bien comprendre le rôle et les responsabilités du personnel au sol pour pouvoir se fier à ses compétences. Fort de ces connaissances, il sera également en mesure d'évaluer les services fournis par le personnel au sol des différents aéroports et terrains sur lesquels il se posera. Il est particulièrement important que l'équipage de conduite de l'aéronef suive une formation initiale et de perfectionnement afin de prendre pleinement conscience de l'efficacité et des répercussions sur la sécurité du vol des opérations de dégivrage au sol. La formation lui permettra également de comprendre, dans les grandes lignes, les propriétés chimiques et physiques des liquides

de dégivrage et d'antigivrage ainsi que leurs techniques d'application, en plus de se familiariser avec les tableaux des durées d'efficacité.

### Formation spécifique

Outre la formation générale, l'équipage de conduite doit prendre part à une formation spécialisée portant sur les différents types d'aéronef. Cette formation complémentaire lui permettra de connaître les limites d'utilisation de chaque aéronef ainsi que ses surfaces critiques, les zones sur lesquelles il est interdit de pulvériser des liquides de dégivrage ou d'antigivrage, les surfaces représentatives, les procédures de liste de vérifications modifiées, les procédures de communications avec le personnel chargé du dégivrage/antigivrage, et toutes les performances propres aux opérations sur piste mouillée et détrempée par la neige (voir la page 28).

### Contrôleurs de la circulation aérienne

Il est impératif que les contrôleurs de la circulation aérienne suivent aussi une formation afin de mieux cerner les procédures de lutte contre le givrage au sol. Ils seront ainsi plus à même de satisfaire aux demandes des pilotes qui souhaitent effectuer une inspection juste avant le décollage, de proposer des itinéraires de circulation adaptées

en vue de réduire au minimum les effets du sillage de l'hélice ou du souffle des réacteurs entre les aéronefs, de synchroniser les départs, les arrivées et les autorisations, ou encore de coordonner le contrôle sol avec le responsable du dégivrage. Une gestion du temps optimale est un facteur essentiel qui peut faire toute la différence entre un décollage sans incident et un retour au poste de dégivrage.

### Résumé

Il ne fait aucun doute que la mise en place d'un programme de formation signifie des efforts soutenus et un perfectionnement continu, afin d'intégrer tout nouveau changement. Il est indispensable de procéder à des mises à niveau annuelles afin de tenir compte des procédures nouvelles ou modifiées et des enseignements tirés, ou encore de rafraîchir les connaissances du personnel après la période estivale. C'est précisément dans cette optique qu'a été élaborée la liste de références présentée ci-dessous. Il est possible de remanier ce tableau afin de mieux répondre aux besoins des organismes qui désirent élaborer leur propre programme de formation et s'inspirer de l'expérience et du savoir d'un large éventail de spécialistes chevronnés. La formation est la pierre angulaire d'un programme approuvé de lutte contre le givrage au sol efficace. ♦



Photo : Sergent Bill McLeod



# Références et ressources d'entraînement

#	RÉFÉRENCE	CONTENU	LIEN OU SOURCE
1	Site Web du Comité permanent sur les opérations en conditions givrantes (IOSC) des Forces canadiennes	Présentation complète des activités et réunions de l'IOSC, y compris une liste exhaustive des présentations et des documents de référence classés par domaine (téléchargeables pour la plupart). Le site est accessible depuis le RED.	<a href="http://winnipeg.mil.ca/a3mar/Docs/Icing%20info/Icing.html">http://winnipeg.mil.ca/a3mar/Docs/Icing%20info/Icing.html</a>  Accessible depuis le site Web de la 1 DAC en sélectionnant « IOSC » dans l'index.
2	Document TP 14052 de Transports Canada : <i>Lignes directrices pour les aéronefs – Lors de givrage au sol</i>	Document d'orientation réglementaire présentant tous les aspects des opérations de dégivrage au sol visant les aéronefs de l'Aviation civile canadienne, ainsi que de nombreuses références et un glossaire.	<a href="http://www.tc.gc.ca/AviationCivile/commerce/DelaisdEfficacite/menu.htm">www.tc.gc.ca/AviationCivile/commerce/DelaisdEfficacite/menu.htm</a>
3	Document TP 10643E de Transports Canada : <i>Dans le doute... Programme de formation pour petits et gros aéronefs – Formation sur la contamination des surfaces critiques des aéronefs à l'intention des équipages de conduite et du personnel de piste</i>	Document de formation comportant des renvois aux règlements de l'aviation civile. Le document constitue une trousse de formation complète, laquelle comprend, en outre, des questions d'examen. Il est vivement conseillé de s'en inspirer.	<a href="http://www.tc.gc.ca/aviationcivile/generale/examens/guides/tp10643/menu.htm">www.tc.gc.ca/aviationcivile/generale/examens/guides/tp10643/menu.htm</a>
4	Advisory Circulars (AC) de la Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis et autres documents traitant des opérations de dégivrage au sol.	Documents incluant des directives sur la mise sur pied d'un programme approuvé de lutte contre le givrage au sol pour la FAA. Parmi les circulaires d'information (AC) pertinentes, on compte la FAA AC 20-117 <i>Hazards following ground deicing and ground operations in conditions conducive to aircraft icing</i> , et la FAA AC 120-60A <i>Ground deicing and anti-icing program</i> .	<a href="http://www.faa.gov">www.faa.gov</a>  Sur la page d'accueil du site, l'internaute doit repérer la rubrique « Regulations and Guidelines », cliquer sur « Advisory Circulars », puis saisir le numéro de la circulaire recherchée dans la page de recherche qui s'affiche.
5	Recueil de documents de la Society of Automotive Engineers (SAE) des États-Unis portant sur tous les aspects des opérations de dégivrage au sol, ainsi que sur le matériel utilisé, les procédures appliquées et les essais.	Ces documents, qui sont reconnus à l'échelle internationale dans le domaine aérospatial, incluent les Aerospace Material Standards (AMS) et les Aerospace Specifications and Recommended Practices (ARP) applicables aux opérations de dégivrage au sol. Parmi les textes à consulter figurent le ARP 4737 <i>Aircraft deicing/anti-icing methods</i> et le ARP 5149 <i>Training Program Guidelines For De-icing/Anti-Icing Of Aircraft On The Ground</i> . Ces documents sont proposés à la vente uniquement.	<a href="http://www.sae.org/technical/standards/aerospace/DEICE">www.sae.org/technical/standards/aerospace/DEICE</a>
6	Documents de l'Association of European Airlines (AEA). Les deux documents traitent du dégivrage sont <i>Recommendation for Deicing/Anti-Icing of Aircraft on the Ground</i> et <i>Training Recommendations and Background Information for Deicing/Anti-Icing of Aircraft on the Ground</i> .	Ces documents, fortement recommandés, traitent le sujet du dégivrage en profondeur, en plus de proposer des liens vers d'autres sites et documents de référence. Le lecteur y trouvera notamment des exemples de programmes de formation et d'assurance de la qualité.	<a href="http://www.aea.be/press/publications/index.html">www.aea.be/press/publications/index.html</a>  <a href="http://files.aea.be/Downloads/AEA_Deicing_v22.pdf">http://files.aea.be/Downloads/AEA_Deicing_v22.pdf</a>  <a href="http://files.aea.be/Downloads/AEA_TrainingMan_Ed4.pdf">http://files.aea.be/Downloads/AEA_TrainingMan_Ed4.pdf</a>
7	Document de la United States Air Force (USAF) TO 42C-1-2, intitulé <i>Anti-Icing, Deicing, and Defrosting of Parked Aircraft</i> , en date du 11 mai 2007	Ce document présente, de manière exhaustive, les procédures appliquées par les militaires américains pour exploiter les aéronefs en conditions de givrage au sol. Il s'agit d'un document contrôlé qui peut être mis à la disposition des personnes autorisées, sur demande.	Il est possible de télécharger, en guise de référence, un exemplaire non contrôlé de ce document sur le site Web de l'IOSC (voir la référence n°1).
8	Cours de formation en ligne de la NASA intitulé <i>A Pilot's Guide to Ground Icing</i>	Site Web interactif élaboré par la NASA à l'intention du personnel chargé des opérations de dégivrage au sol. L'agencement des vidéos, des questionnaires et des commentaires est très judicieux. La NASA autorise la copie et le téléchargement illimité pour un usage personnel. Malgré l'intitulé du site, il importe de préciser que le contenu s'adresse à l'ensemble du personnel au sol, et pas seulement aux pilotes. Il faut prévoir quelques heures pour suivre le cours au complet.	<a href="http://aircrafticing.grc.nasa.gov/courses_ground.html">http://aircrafticing.grc.nasa.gov/courses_ground.html</a>
9	Cours de formation sur le givrage au sol des FC élaboré par l'Équipe d'évaluation et de normalisation du transport et du sauvetage (EENTS).	L'EENTS a mis à jour ce cours spécialement pour la saison hivernale 2007-2008. Accessible sur le RED seulement.	<a href="http://trenton.mil.ca/Lodger/TRSET/General.htm">http://trenton.mil.ca/Lodger/TRSET/General.htm</a>  Faire défiler vers le bas pour trouver le lien « Ground Icing Course »



# Nouvelles technologies

par Alan White, P.Eng., chef d'équipe des sciences aéronautiques, Direction de la navigabilité aérienne et du soutien technique

Le givrage des aéronefs, tant au sol qu'en vol, demeure un domaine nécessitant une activité poussée de recherche et de développement. Du nouveau matériel et de nouvelles procédures sont en train d'être élaborés, et les normes et les exigences réglementaires nécessaires à leur mise en œuvre doivent évoluer graduellement. Le présent article donne un aperçu de certaines réalisations et tendances propres au givrage au sol qui ont été évoquées lors de la conférence sur le givrage des moteurs et des aéronefs de la SAE, tenue à Séville, en Espagne, en septembre 2007.

## Pressions visant à réduire le recours au glycol

Les préoccupations environnementales relatives à l'effet du glycol sur la vie aquatique et les eaux souterraines prennent de plus en plus d'ampleur. Les aéroports doivent composer avec des règlements de plus en plus exigeants sur le confinement et la récupération des liquides. Par exemple, les fossés construits pour le drainage à Trenton sont maintenant désignés écosystème protégé. Les efforts de confinement ont généralement porté sur l'utilisation de centres de dégivrage ou d'aires de dégivrage désignées dont les ouvrages de drainage sont construits soigneusement. Ces mesures, alliées à des véhicules de récupération spécialisés, permettent assez bien de

récupérer les liquides de dégivrage qui s'écoulent rapidement d'un aéronef, mais elles ne permettent pas de récupérer les liquides d'antigivrage qui s'écoulent des surfaces d'un aéronef sur la piste pendant la course au décollage. De plus, la récupération des liquides est coûteuse. Il est généralement accepté que le coût de la récupération correspond habituellement à trois ou quatre fois le coût d'achat; il y a donc un incitatif important à réduire la quantité de liquide utilisé.

Le principal moyen de réduire la quantité de liquide utilisé consiste à le diluer avec de l'eau. Les centres de dégivrage à Montréal et à Toronto ont réduit progressivement la quantité moyenne de liquide nécessaire au dégivrage d'un aéronef en augmentant la dilution. La plus grande dilution possible est limitée par la température minimale d'utilisation opérationnelle (LOUT) du liquide dilué ainsi que la température au moment de l'application. La plupart des solutions sont réalisées à partir d'une sélection de liquides pré-mélangés selon divers taux de dilution, mais le centre de dégivrage à Montréal (Trudeau) a commencé à utiliser un mélange proportionné au distributeur lors de l'hiver 2006-2007. Il y a aussi bien évidemment des avantages logistiques et environnementaux à expédier les liquides au centre de dégivrage de l'aéroport sous forme non diluée.

De l'air forcé a également été utilisé à divers endroits, principalement pour souffler le gros de toute accumulation de neige avant de pulvériser du liquide de dégivrage chaud. Éliminer la neige mouillée avec du liquide de dégivrage nécessite de grandes quantités de liquide; voilà pourquoi un nettoyage mécanique peut permettre de réaliser de grandes économies. L'air forcé peut aussi aider à appliquer une couche de liquide d'antigivrage sur une aile dégivrée. Dans ce cas, le film d'air est dirigé sous la pulvérisation du liquide d'antigivrage de manière que le liquide soit transporté plus loin sur l'aile par l'air et déposé doucement, ce qui réduit au minimum l'égouttement.

## Y a-t-il des liquides de remplacement pour le glycol?

Au cours des dernières années, des efforts considérables ont été déployés pour mettre au point des « liquides verts » ne contenant aucun glycol. Certains liquides de dégivrage sans glycol ont été testés et ils se sont révélés conformes à la norme AMS 1424 de la SAE (voir page XX), mais ils présentaient d'autres caractéristiques qui les rendaient impropres à l'utilisation. Un des liquides avait tendance à mousser, ce qui rendait difficile de déceler tout givrage, et un autre laissait des résidus collants inacceptables. Le liquide EcoFlow d'Octagon a reçu l'approbation de la SAE en 2007 et il présente une formulation hybride contenant une quantité réduite de glycol combinée à d'autres additifs antigels.

## Dégivrage à l'infrarouge

Radiant Aviation Services Inc. a construit plusieurs installations de dégivrage à l'infrarouge InfraTek® et elle a reçu l'approbation de la FAA





pour son système ainsi qu'un soutien financier. Le système comprend une grande structure de type hangar ouverte aux extrémités et permettant à l'aéronef de la traverser en roulant; des éléments chauffants radiants sont pointés directement vers le bas sur les surfaces supérieures de l'aéronef et ils se réfléchissent sur le plancher pour dégivrer les surfaces inférieures. Les contaminants fondent, et si la température est de 0 °C ou moins, l'aéronef reçoit alors une légère application de liquide de dégivrage pour éviter que l'humidité résiduelle ne gèle à nouveau. S'il faut seulement éliminer du givre ou du givre blanc de bord d'attaque, alors l'application de liquide de dégivrage n'est pas nécessaire. L'aéronef peut alors faire l'objet d'un antigivrage à l'intérieur de cette structure, conformément aux politiques et aux procédures d'antigivrage standard.

Continental Airlines, à Newark, au New Jersey, utilise ce système depuis 2000, et il semble qu'il ait permis de réduire jusqu'à 90 % l'utilisation du glycol (100 % dans les cas de givre). La durée de nettoyage moyenne de la glace et de la neige pour un aéronef de la taille d'un Boeing 737 est inférieure à sept minutes. C'est au cours de l'hiver 2006-2007 qu'une nouvelle grande installation a été exploitée pour la première fois à JFK, à New-York, et elle pouvait accueillir un Boeing 747. On signale que ce système a bien fonctionné lors de deux graves tempêtes de verglas. L'USAF est en train d'étudier la compatibilité des matériaux et les niveaux d'énergie radiante, et elle envisage une installation modulaire déployable qui pourrait dégivrer un C-17.

### Vapeur tempérée

La Chinook Corporation a mis au point un système de dégivrage – à l'heure actuelle au stade de développement – faisant appel à la chaleur latente<sup>1</sup>

<sup>1</sup> **Chaleur latente** : chaleur absorbée ou dégagée lorsqu'un corps change d'état, comme de l'eau à la vapeur, à température et à pression constantes.



**Figure 1** : Vapeur tempérée : Une première version de la buse de pulvérisation de vapeur tempérée avant qu'elle soit abaissée sur l'aile givrée. Photo: APS Aviation

de la vapeur pour faire fondre les contaminants (Figure 1). La vapeur est tempérée par son mélange avec de l'air pour limiter les températures en surface et elle est suivie par un jet d'air sec chaud une fois la glace éliminée pour sécher complètement les surfaces et éviter un nouveau givrage. La plupart des essais jusqu'à présent ont été réalisés sur la voilure d'un jet d'affaires, et un essai en 2006 a montré que l'élimination d'une couche de givre comprise entre 0,4 et 1,6 mm sur toute l'aile, suivie d'un séchage complet avait pris 6,7 minutes. Au cours de l'hiver 2007-2008, on procédera à des essais opérationnels pleine grandeur sur divers types d'aéronef ainsi qu'à la mise au point du système pour utilisation sur les entrées d'air des réacteurs à double flux avec l'aide d'Air Canada. Il n'y a aucun jet de liquide haute pression, et l'on prétend qu'il est possible de contrôler très étroitement la température en surface. Cette technique pourrait donc être utilisée sur des surfaces transparentes et des mécanismes critiques, comme les moyeux et les pales d'hélicoptère, ou sur les structures relativement fragiles des avions légers.

### Systèmes de détermination des durées d'efficacité et équivalence en eau liquide

L'article sur la prise de décision du pilote à la page 44 montre comment la détermination finale de la durée d'efficacité et l'évaluation de la conformité sont fonction d'une série de décisions basées sur des données météorologiques souvent imprécises ou périmées, et qu'il est nécessaire

de connaître autant le type que l'intensité de la précipitation. Il en résulte alors des hypothèses prudentes face à la nécessité de recourir à des liquides d'antigivrage et au choix de la bonne durée d'efficacité dans le tableau. De plus, la présentation des tableaux de durées d'efficacité utilisés a été simplifiée pour indiquer une plage de durées en fonction de températures et de taux de précipitation précis, et ils ne font pas état de toutes

les capacités d'un liquide pour un ensemble donné de conditions.

Les systèmes en cours de développement au Canada et aux États-Unis sont conçus pour fournir une mesure fréquente de l'équivalence en eau liquide de tout type de précipitation, ainsi que d'autres paramètres, comme le vent et la température, et pour calculer la durée d'efficacité prévue pour les conditions du moment et déterminer le liquide particulier à utiliser. Transports Canada a autorisé l'utilisation expérimentale du système D-Ice montré à la Figure 2 (page 60) aux aéroports de Montréal et de Toronto, laquelle devrait commencer en 2008. Les renseignements obtenus seront communiqués au centre de dégivrage et aux équipes de dégivrage, ainsi qu'au bureau de régulation des vols et directement aux postes de pilotage des avions de Westjet grâce au système de communications, d'adressage et de compte rendu de bord (ACARS).

La FAA et le National Center for Atmospheric Research aux États-Unis, de concert avec United Airlines, travaillent avec un ensemble de capteurs pour générer des comptes rendus en temps réel de l'équivalence en eau liquide et du type de précipitation. C'est au cours de l'hiver 2007-2008 que des installations à Pittsburgh, à Chicago, à Denver et à Minneapolis/St. Paul seront utilisées pour fournir un compte rendu radio toutes les minutes. L'objectif est de parvenir à développer une prévision de « temps de contrôle » qui serait continuellement mise à jour selon les

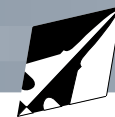


Figure 2 : Système D-Ice expérimental, qui mesure fréquemment l'équivalence en eau liquide des précipitations et d'autres paramètres. Les résultats sont communiqués directement au centre de dégivrage, aux équipes de dégivrage, au bureau de la régulation des vols et à l'équipage de conduite dans le poste de pilotage.

conditions changeantes depuis le début de la pulvérisation, et l'équivalence en eau liquide prévue pour le restant de la durée d'efficacité.

### Systèmes de détection de givrage au sol

Le concept d'« aile propre-avion propre » est fondamental à la réussite du décollage et d'un vol sûr dans des conditions de givrage au sol. Comme le montre l'article sur l'aérodynamique dans la présente publication, même une très petite quantité de givre résiduel sur les surfaces critiques peut avoir un effet catastrophique sur les performances et le pilotage. Des vérifications visuelles et tactiles sont les seuls moyens approuvés pour déceler la présence de givre avant le dégivrage et de contrôler l'intégrité du liquide par la suite afin de déterminer que l'aéronef est propre. Mais ces vérifications peuvent être exécutées dans des conditions très difficiles d'obscurité et de poudrierie. Dans le cadre de l'attention accordée au givrage au sol au cours des deux dernières décennies, l'industrie et des organismes de recherche se sont efforcés de perfectionner et d'utiliser des instruments qui aideraient les équipes au sol et les équipages de conduite dans cette tâche critique.

Deux types d'instrument ont été mis au point. Le premier est intégré à l'avion et fournit à un afficheur du poste de pilotage une évaluation de l'état de la surface à un certain nombre de points des surfaces critiques. Ce type d'instrument est particulièrement efficace pour vérifier l'état du liquide

d'antigivrage au cours d'une durée d'efficacité prolongée, mais il est limité aux endroits où sont montés les capteurs. Le deuxième type est conçu pour être monté sur une structure extérieure, dans la nacelle de pulvérisation ou sur un poteau sur le côté de la piste, et il offre une vue étendue de toutes les surfaces critiques au moyen d'images en fausses couleurs pour montrer le givre et son épaisseur. Ce deuxième type d'instrument est appelé système de détection à distance du givrage au sol (ROGIDS). La Figure 3 montre des images typiques du système de MacDonald Dettwiler (anciennement SPAR).

Les fabricants des systèmes de détection de givrage au sol avaient l'impression d'avoir des produits prêts pour le marché il y a de nombreuses années déjà, mais ils ont été contrariés par les arguments émanant de l'industrie quant aux normes auxquelles ils seraient certifiés et aux règles d'utilisation applicables. Certains soutenaient que l'approbation de n'importe quel seuil de détection allait à l'encontre du concept de l'aile propre. Il s'en est suivi que Transports Canada et la FAA ont récemment financé de la recherche visant à quantifier le rendement des

méthodes visuelle et tactile permettant de déceler le givre avec succès.

L'objectif consistait à déterminer si le système de détection du givrage au sol offrait une réelle amélioration dans le taux de succès et, de ce fait, la sécurité de l'opération. En septembre 2007, un groupe de travail international a publié une norme (AS 5681 de la SAE) qui est fondée sur cette recherche. Elle définit un seuil de détection de 0,5 mm (0,020 pouce) et d'autres critères d'approbation du système ROGIDS.

À l'heure actuelle, les autorités de réglementation sont à élaborer des documents d'orientation qui définiront comment les systèmes pourront être mis en œuvre. Il semble probable qu'un essai en service de précaution du ROGIDS commencera le plus tôt possible pendant l'hiver 2008-2009 quelque part au Canada, mais pour utilisation après dégivrage seulement. Il pourrait s'écouler passablement de temps avant que le rendement soit éprouvé de façon concluante et que des procédures soient élaborées avant que ces systèmes puissent contribuer à une vérification de la contamination avant décollage. Un développement plus poussé et la commercialisation des « capteurs localisés » de bord sont en attente de la définition d'un rôle spécifique pour ce type de système de détection du givrage au sol dans la série de décisions auxquelles doit faire face l'équipage de conduite. ♦

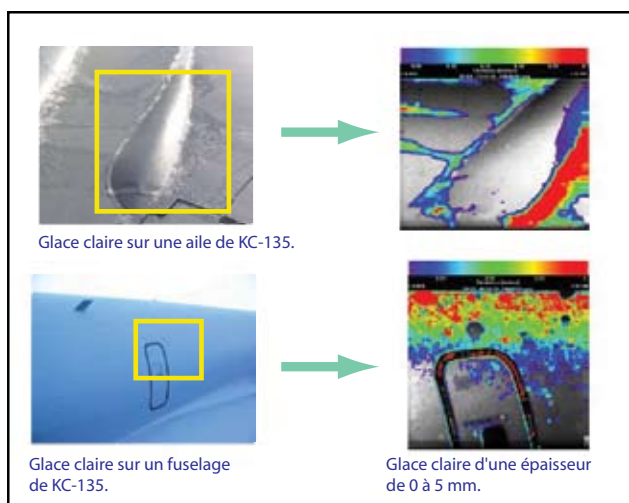


Figure 3 : Exemples d'images fournies par le système ROGIDS.

Image : MacDonald, Dettwiler and Associates Ltd.





# Glossaire

*Ce glossaire est issu de la publication TP 14052F de Transports Canada et est utilisé avec permission.*

*Les définitions suivantes sont présentées dans le contexte du présent document seulement. Ces définitions n'ont pas pour objet de s'appliquer sans distinction à d'autres documents.*

## **Aire de manoeuvre**

S'entend d'une partie d'un aéroport devant servir au décollage et à l'atterrissage des aéronefs et aux manoeuvres au sol, à l'exclusion des aires de trafic.

## **Aire de trafic**

Partie d'un aéroport, autre que l'aire de manoeuvre, destinée à l'embarquement et au débarquement des passagers, au chargement et au déchargement du fret, au ravitaillement en carburant, à l'entretien courant, à la maintenance et au stationnement des aéronefs ainsi qu'à tout mouvement d'aéronefs, de véhicules et de personnes affectés à de telles opérations.

## **Antigivrage**

La procédure d'antigivrage est une procédure de précaution visant à empêcher, pendant une certaine période de temps, la formation de givre, de glace et l'accumulation de neige sur les surfaces traitées d'un aéronef.

L'application d'un liquide abaisseur du point de congélation (liquide cryoscopique) sur une surface, soit après le dégivrage ou en prévision de précipitations hivernales subséquentes, vise à protéger les surfaces critiques de l'adhérence de la glace pour une durée limitée. Le liquide peut absorber des précipitations givrantes ou solides jusqu'à ce que le point de congélation du liquide coïncide avec la température ambiante. Lorsque ce point de congélation du liquide a été atteint, le liquide n'a plus la propriété de protéger l'aéronef des conditions de givrage au sol.

## **Bulletins des opérations**

Méthode servant à informer officiellement les employés de tout changement aux procédures ou de tout nouveau renseignement ayant trait aux opérations de dégivrage locales.

## **Certificat d'exploitant aérien**

Certificat délivré conformément au RAC qui autorise le détenteur à exploiter un service aérien commercial.

## **Commandant de bord**

Pilote responsable, pendant le temps de vol, de l'utilisation et de la sécurité d'un aéronef.

## **Concept de l'aéronef propre**

Lorsque les opérations au sol sont effectuées dans des conditions de givrage au sol de l'aéronef, il est interdit d'effectuer ou de tenter d'effectuer le décollage d'un

aéronef si du givre, de la glace ou de la neige adhère à toutes surfaces critiques.

## **Conditions de givrage au sol**

Compte tenu de la température du revêtement de l'aéronef et des conditions météorologiques, des conditions de givrage au sol existent lorsque du givre, de la glace ou de la neige adhère ou pourrait adhérer aux surfaces critiques d'un aéronef.

Un programme approuvé de dégivrage au sol doit préciser la procédure visant à identifier l'existence de conditions de givrage au sol et le début des opérations dans des conditions de givrage au sol.

Des conditions de givrage au sol existent également lorsque des conditions réelles de givre, de gel ou de précipitations de pluie verglaçante sont rapportées ou prévues.

## **Contamination**

Il s'agit d'une accumulation de givre, de glace, de neige fondante ou de neige sur les surfaces critiques d'un aéronef.

## **Dégivrage (givre)**

Enlèvement du givre sur les surfaces critiques d'un aéronef et leur protection subséquente.

## **Dégivrage (procédure)**

Le dégivrage est une procédure qui consiste à enlever le givre, la glace, la neige fondante ou la neige accumulée sur un aéronef afin d'en éliminer la contamination.

Le dégivrage est un terme général pour l'enlèvement de la glace, de la neige, de la neige fondante ou du givre sur les surfaces critiques d'un aéronef, par des moyens mécaniques, par l'utilisation de la chaleur, ou par l'utilisation de liquides réchauffés, ou une combinaison de chacun de ces procédés. Lorsque le givre, la neige ou la glace adhère à une surface, celle-ci doit être chauffée et la méthode de pression par liquide utilisée pour enlever le contaminant.

## **Dispositifs de détection de glace au sol (GIDS)**

Des dispositifs de détection de glace au sol conçus pour détecter des contaminants gelés sur un aéronef. Ces dispositifs peuvent être installés au sol ou à bord d'un aéronef. Les GIDS peuvent être un système de détecteurs de contamination ou de capteurs ponctuels. S'ils sont approuvés par Transports Canada, de tels

dispositifs peuvent servir comme solution de rechange à d'autres méthodes d'inspection.

### **Durée d'efficacité**

Durée d'efficacité qui consiste en l'estimation de la période de temps au cours de laquelle les liquides de dégivrage/d'antigivrage empêchent avec efficacité la formation de givre, de glace, de neige fondante ou l'accumulation de neige sur les surfaces traitées. Cette période va du début de la dernière application du liquide d'antigivrage jusqu'à ce que le produit ne fasse plus effet, tel que mesuré lors des essais de durée d'efficacité et publié dans les lignes directrices sur les durées d'efficacité des liquides.

### **Durée d'efficacité des liquides**

Les durées d'efficacité des liquides d'antigivrage sont mesurées en laboratoire et lors d'essais sur le terrain dans des conditions de contamination et de température spécifiques à l'aide de plaques d'aluminium d'avion planes en conformité aux documents AMS 1424 et 1428 de la SAE. Ces essais visent à démontrer la perte d'efficacité des liquides durant les opérations de givrage au sol des aéronefs.

### **Employés de première ligne**

Employés ayant reçu une formation qui sont responsables du dégivrage, de l'antigivrage et des inspections de contamination d'un aéronef.

### **Essai d'acceptabilité sur le plan dynamique**

Essai de laboratoire afin de déterminer la température minimale à laquelle les liquides possèdent des caractéristiques aérodynamiques acceptables lorsqu'ils s'écoulent des surfaces portantes lors de l'accélération au décollage et de la montée.

### **Essai d'endurance dans des conditions d'humidité élevées (HHET).**

Essai de laboratoire qui permet de mesurer les durées d'efficacité du liquide antigivrage dans des conditions d'humidité élevées. Cet essai vise à simuler des conditions de givre.

### **Essai normalisé d'endurance sous précipitation givrante (WSET)**

L'essai normalisé d'endurance sous précipitation givrante (WSET) est un essai de laboratoire qui mesure la durée d'efficacité des liquides d'antigivrage sous une faible précipitation givrante. Cet essai sert à classer et à certifier les liquides selon les spécifications pour matériaux aérospatiaux (AMS) de la SAE.

### **Exploitant aérien**

Titulaire d'un certificat d'exploitation d'un service aérien.

### **Fiche technique**

Une fiche technique est une liste maîtresse qui renferme les signatures et les paraphes des employés. Les noms des employés nouvellement embauchés y sont ajoutés, une fois qu'ils ont reçu leur formation. Le

but de la fiche technique est de comparer les signatures ou paraphes des employés avec ceux qui figurent au Registre des changements de procédures et à d'autres documents officiels, et par le fait même la validité de l'entrée.

### **Fournisseur de services**

Organisation qui assure la prestation des services de dégivrage/d'antigivrage aux exploitants aériens à un endroit donné. Le fournisseur de services peut être une tierce partie qualifiée, un autre transporteur aérien ou l'exploitant aérien. Le fournisseur de services doit offrir un service conformément au programme de dégivrage au sol approuvé par l'exploitant aérien où un tel programme existe.

### **Gelée blanche**

La gelée blanche est un mince dépôt uniforme d'aspect cristallin qui se forme sur des surfaces exposées au cours d'une nuit calme et sans nuages lorsque la température descend au-dessous du point de congélation et que l'humidité de l'air à la surface se rapproche du point de rosée. Ce phénomène n'est pas lié aux précipitations. Le dépôt est suffisamment mince pour que l'on puisse distinguer les caractéristiques de la surface sous-jacente telles que les chaînes de peinture, les marques ou le lettrage.

### **Glace**

Forme solide de l'eau. La glace est souvent difficile à détecter visuellement sur les surfaces critiques d'un aéronef. Elle peut être transparente, ce qui peut donner l'impression que les surfaces critiques de l'aéronef sont mouillées.

### **Icehouse**

Centre de contrôle spécialement équipé, situé dans l'installation centrale de dégivrage, pour contrôler et surveiller toutes les opérations associées à l'installation.

### **Granules de glace**

Type de précipitation composée de granules de glace transparents ou translucides, de 5 mm de diamètre ou moins.

Ils peuvent être sphériques, irréguliers ou, plus rarement, de forme conique. Les granules de glace rebondissent habituellement lorsqu'ils tombent sur un sol dur et émettent un bruit au moment de l'impact.

### **Granules de neige**

Précipitations sous forme de petits grains de glace blancs ou opaques. Ces grains sont sphériques ou parfois coniques, et leur diamètre varie de 2 à 5 mm. Ces grains sont fragiles et ils s'écrasent facilement. Ils rebondissent et se cassent sur un sol durci.

### **Grêle**

Précipitation sous forme de petites billes ou de petits morceaux de glace dont le diamètre varie de 5 mm à plus de 50 mm et qui tombent soit séparément soit agglomérés les uns aux autres.



## Imprégnation par le froid

Du givrage peut même se former lorsque la température ambiante (OAT) est bien au-dessus de 0 °C (32 °F). Le carburant d'un aéronef équipé de réservoirs de carburant situés dans les ailes peut être à une température suffisamment basse de manière à abaisser la température du revêtement de la voilure sous le point de congélation. Si un aéronef vole à haute altitude où prévalent des températures froides pendant une certaine période, les principaux composants de l'aéronef comme les ailes, la queue et le fuselage s'adapteront à la basse température qui sera souvent sous le point de congélation. Ce phénomène est connu comme phénomène d'imprégnation par le froid.

Au sol, l'aéronef imprégné par le froid peut être la cause de la formation de givre lorsque l'eau liquide, provenant de la condensation de l'atmosphère ou sous forme de pluie, entre en contact avec les surfaces critiques.

## Inspection de contamination avant le décollage

Inspection effectuée par une personne qualifiée, immédiatement avant le décollage, afin de déterminer si les surfaces critiques de l'aéronef sont contaminées par le givre, la glace, la neige fondante ou la neige. Dans certains cas, cette inspection est obligatoire.

## Inspection des surfaces critiques

Inspection externe avant vol effectuée par une personne qualifiée conformément au paragraphe 602.11(5) de la partie VI du RAC visant à déterminer si les surfaces critiques sont contaminées par le givre, la glace, la neige ou la neige fondante. Cette inspection est obligatoire dans des conditions de givrage au sol et, si l'aéronef est dégivré/antigivré avec du liquide, elle doit se tenir immédiatement après la dernière application de liquide ou au terme du processus lorsqu'une méthode alternative approuvée de dégivrage est utilisée. Après l'inspection, un rapport produit par une personne qualifiée doit être présenté au commandant de bord.

## Inspection tactile

Une inspection tactile exige qu'une personne touche physiquement les surfaces critiques d'un aéronef. Dans certaines circonstances, une inspection tactile peut s'avérer le seul moyen de confirmer que les surfaces critiques d'un aéronef ne portent aucune trace de contamination. Dans le cas de certains aéronefs, les inspections tactiles sont obligatoires, dans le cadre du processus d'inspection de dégivrage et d'antigivrage, pour s'assurer que les surfaces critiques sont exemptes de contaminants gelés.

## Installation centrale de dégivrage (CDF)

Une installation approuvée par Transports Canada à un aéroport dans le but d'effectuer des opérations de dégivrage et d'antigivrage.

## Installation de dégivrage de l'aérogare

S'entend d'une installation de dégivrage d'un ou

plusieurs aéronef(s) se trouvant à l'aérogare ou à proximité ou à d'autres endroits où l'on procède habituellement au chargement des aéronefs.

## Installation de dégivrage des aéronefs

Signifie une installation où :

1. le givre, la neige ou la glace est enlevée (dégivrage) d'un aéronef en vue de nettoyer les surfaces;
2. les surfaces critiques de l'aéronef reçoivent une protection (antigivrage) contre la formation de givre ou de glace, ou l'accumulation de neige ou de neige fondante pour une durée limitée;
3. l'on considère entreposer les liquides et l'équipement de maintenance; atténuer les incidences sur l'environnement; ou s'en servir comme centre de contrôle.

## Lignes directrices sur les durées d'efficacité

On appelle les tableaux de durée d'efficacité « lignes directrices sur les durées d'efficacité » parce que cette expression représente mieux leur rôle, qui consiste à fournir des indications à l'équipage de conduite, et parce que ce dernier doit exercer son jugement pour bien interpréter ces durées d'efficacité.

Les durées d'efficacité des liquides, telles que publiées par Aviation commerciale et d'affaires de Transports Canada sont présentées sous forme de tableaux identifiés « Lignes directrices sur les durées d'efficacité » et peuvent servir de lignes directrices ou de critères de décision pour évaluer s'il est possible de procéder à un décollage en toute sécurité. Lorsqu'on utilise les tableaux des durées d'efficacité comme critères de décision, la valeur la moins élevée indiquée dans une cellule doit être utilisée. Les procédures à suivre après que les durées d'efficacité sont échues doivent être bien documentées. L'utilisation des lignes directrices sur les durées d'efficacité est obligatoire, si elles font partie du programme de dégivrage au sol approuvé par l'exploitant aérien.

## Méthode de dégivrage à air forcé

Méthode de dégivrage qui consiste à souffler de l'air sous pression pour enlever les contaminants gelés d'un aéronef. Cette méthode peut être utilisée conjointement avec les liquides de dégivrage.

## Méthode de dégivrage à l'aide de rayonnement ultraviolet

Méthode de dégivrage utilisant l'énergie thermique infrarouge.

## Méthodes de dégivrage/d'antigivrage à l'aide de liquides

Il s'agit des méthodes acceptables d'utilisation des liquides pour l'enlèvement des contaminants gelés sur les surfaces critiques d'un aéronef, et également utilisées pour la prévention de la formation et/ou de l'accumulation des contaminants sur un aéronef





pour une durée limitée. L'ARP 4737 de la Society of Automotive Engineers (SAE) : « Aircraft deicing/anti-icing Methods » renferme plus de détails.

### **Neige en grains ou poudrierie**

Précipitation formée de très petits grains de glace blancs et opaques. Ces grains sont passablement plats et allongés; leur diamètre est de moins de 1 mm. Lorsqu'ils tombent sur le sol durci, ils ne rebondissent pas ou ne se cassent pas.

### **Neige fondante**

Neige ou glace partiellement fondue, à teneur élevée en eau, dont l'eau peut facilement s'écouler.

Dans un environnement de givrage au sol, la neige fondante peut contenir des produits chimiques.

### **Perte d'efficacité des liquides**

En général, dans le cas de la neige, une couche de neige s'accumule éventuellement sur la surface du liquide et n'est plus absorbée par le liquide. L'apparence d'accumulation devient évidente. Il s'ensuit une disparation de l'aspect glacé ou brillant de la surface du liquide. Dans le cas de précipitation givrante, habituellement il en résulte seulement une diminution de l'aspect brillant ou glacé sur la surface du liquide et elle est particulièrement difficile à détecter.

### **Pluie verglaçante**

Gouttelettes de pluie qui gèlent immédiatement au contact des structures ou des véhicules.

### **Point de congélation d'un liquide**

Point auquel un mélange de liquides est dilué suffisamment pour geler.

### **Poste d'accueil**

Une zone réservée qui se trouve à l'arrière de chaque poste de dégivrage et qui y est adjacente, où l'aéronef attend de recevoir l'autorisation d'entrer dans l'aire de dégivrage.

### **Poste de dégivrage des aéronefs**

La zone désignée d'une installation de dégivrage des aéronefs devant être utilisée pour le stationnement d'un aéronef afin de procéder à des activités de dégivrage ou d'antigivrage, comportant une aire intérieure pour le stationnement d'un aéronef qui doit recevoir un traitement de dégivrage/d'antigivrage. Dans une installation centrale de dégivrage, le poste de dégivrage des aéronefs comprend également une aire extérieure permettant la circulation des véhicules de dégivrage (zone sécuritaire). L'aire extérieure prévoit que le dégagement de la voie de circulation soit suffisamment large pour permettre aux véhicules de dégivrage d'exécuter les opérations de dégivrage en toute sécurité.

### **Programme de dégivrage au sol**

Un programme de dégivrage au sol présente un ensemble de procédures, de lignes directrices et

de méthodes, tirées de manuels, visant à s'assurer que l'aéronef d'un exploitant aérien ne décolle pas lorsque du givre, de la glace, de la neige ou de la neige fondante adhère aux surfaces critiques. Ce programme est obligatoire dans le cadre des opérations auxquelles fait référence la sous-partie 705 du RAC et doit être approuvé par Transports Canada.

### **Rapport d'inspection de contamination avant le décollage**

Ce rapport doit être présenté au commandant de bord et doit décrire la façon dont l'inspection a été effectuée. Le rapport doit aussi confirmer que toutes les surfaces critiques sont exemptes de contamination.

### **Rapport d'inspection sur les surfaces critiques**

Ce rapport doit être présenté au commandant de bord et, s'il y a lieu, indique l'heure à laquelle la dernière application complète de liquide de dégivrage ou d'antigivrage a commencé, le type de liquide utilisé, le dosage du mélange de liquides. L'ordre dans lequel les surfaces critiques ont été dégivrées ou antigivrées doit également y être mentionné. De plus, le rapport doit confirmer que toutes les surfaces critiques sont exemptes de contamination.

### **Surfaces critiques**

« Surfaces critiques » s'entend des ailes, gouvernes, rotors, hélices, partie arrière du fuselage de l'aéronef dans le cas des aéronefs avec moteur monté à l'arrière, stabilisateurs, plans fixes verticaux ou toute autre surface stabilisatrice de l'aéronef.

### **Surfaces représentatives**

Les surfaces représentatives d'un aéronef sont les surfaces qui peuvent être facilement et directement observables à partir du poste de pilotage durant le jour et la nuit, de manière à pouvoir déterminer si ces surfaces critiques sont contaminées ou non. L'examen de l'une ou de plus d'une surface représentative peut s'effectuer lors de l'inspection de contamination avant le décollage; si un examen tactile n'est pas requis. Transports Canada doit approuver l'utilisation de ces surfaces critiques d'un aéronef.

### **Taux de précipitation**

Taux servant à mesurer ou à évaluer les précipitations. Les précipitations hivernales sont un facteur déterminant dans l'évaluation des durées d'efficacité d'un liquide antigivrage puisqu'elles indiquent la teneur en humidité.

### **Temps de vol**

Le temps calculé à partir du moment où l'aéronef commence à se déplacer par ses propres moyens en vue du décollage, jusqu'au moment où il s'immobilise à la fin du vol.

### **Voie de circulation**

S'entend d'une voie définie sur un aéroport terrestre, choisie ou aménagée pour la circulation au sol des aéronefs et prévue pour assurer la liaison entre les deux parties de l'aéroport. ♦