



GÉNÉRALITÉS

La formation de givre dépend de deux paramètres qui sont la température et l'humidité de l'air. L'humidité de l'air n'étant pas mesurée à bord, on utilisera d'autres données connues ou visibles instantanément :

- la température du point de rosée.
- une visibilité réduite ($\leq 1\ 000\ m$)
- la présence d'humidité (brume, brouillard, etc...)

Conditions favorables au givrage :

*La température de l'air ambiante est appelée température statique ou **SAT** (Static Air Temperature). Elle conditionne les **risques de givrage** au sol, si **SAT < 8°C** et forte humidité.*

*Exemple de consigne : utilisation de l'antigivrage si **SAT < 5°C** et **Visibilité $\leq 1\ 000\ m$** .*

*En vol la température mesurée est la température totale ou **TAT** (Total Air Temperature) dont la valeur est liée à la vitesse.*

$$TAT = SAT \cdot (1 + 0,2 M^2)$$

*Les risques de givrage en vol sont donc fonction de la TAT qui est représentative de la température de la peau de l'avion. Si **-12°C < TAT < 8°C** et forte humidité.*

Il existe deux possibilités de lutte contre le givrage :

- le traitement préventif c'est l'antigivrage;
- le traitement curatif c'est le dégivrage.

Conséquence du givrage :

- déformation des profils d'ailes et d'empennages ;
- déformation et réduction des entrées d'air et 1^{er} étage compresseur;
- déformation des profils hélice (ΔN) et balourds \rightarrow vibrations;
- risque de blocages des commandes de vol primaires et secondaires;
- alourdissement de la cellule;
- obturation des sondes, pitots, etc...)

Moyens de lutte :

a – La génération pneumatique thermique

L'air chaud est prélevé sur le compresseur HP et acheminé vers :

- les bords d'attaque voilure (avions transsonique) ;
- les entrées d'air moteur et premier étage compresseur BP ;
- le réchauffeur carburant (si installé).

b – La génération pneumatique mécanique

L'air est prélevé sur le compresseur GTR et GTP et utilisé séquentiellement en pression et dépression sur :

- les bord d'attaque voilure et empennage ;
- les entrées d'air GTP (exemple ATR).

c – La génération électrique

Elle permet d'alimenter des résistances chauffantes qui protègent :

- pare-brise ;
- pitots, prises statiques ;
- panneaux services eaux, mats d'évacuation ;
- hélices, entrées d'air GTP, cônes ;
- Etc ...

Antigivrage nacelle et moteur :

Chaque réacteur assure son propre antigivrage à l'aide d'un circuit spécifique, indépendant des autres systèmes pneumatique.

L'air chaud est directement prélevé sur un ou plusieurs étages du compresseur HP. Une seule commande par moteur assure la mise en fonctionnement (ouverture – fermeture) d'une ou plusieurs électrovannes pneumatiques.

Des voyants ou plaquettes lumineuses assurent contrôle et alarmes et s'allument en cas de pression ou température excessive dans le conduit entre la distribution entrée d'air réacteur et l'électrovanne qui se ferme automatiquement.

L'utilisation est possible sans restriction au sol et dans tous les domaines de vol.

Lorsque l'ENG ANTI ICE VALVE est ouverte, le NI limite est automatiquement réduit et le NI ralenti est automatiquement augmenté.

En cas de perte d'alimentation électrique, l'électrovanne pneumatique reste ouverte.

Antigivrage voilure :

L'air chaud qui assure cette fonction, est prélevé sur le collecteur pneumatique normalement alimenté par les réacteurs ou l'APU.

La partie bord d'attaque situé entre les moteurs et le fuselage n'est pas dégivrée, les conduits de prélèvements d'air chaud du GTR au collecteur assurent cette fonction. La commande par voilure ou demi-voilure s'effectue à l'aide d'interrupteurs qui peuvent activer une ou plusieurs électrovannes en ouverture ou fermeture.

Des voyants ou plaquettes lumineuses assurent contrôle et alarmes et s'allument en cas de sur ou sous pression ou température excessive dans le

conduit entre la rampe distributrice et l'électrovanne qui se ferme automatiquement.

Les électrovannes d'antigivrage voilure sont fermées lorsque l'avion est au sol (condition d'amortisseur) pour éviter une déformation des profils et garantir la poussée maximum au décollage.

Au sol, la position momentanée « GRND CHECK » permet pendant une durée limitée (30s), d'effectuer la vérification du circuit. La sonde de détection assure la protection surchauffe et ferme l'électrovanne si la température est excessive (90 à 120°C).

La distribution s'effectue à l'aide d'une gaine situé dans le bord d'attaque de l'aile, de tubes télescopiques (un par bec) et d'une rampe percée (piccolo) interne au bec. Si l'avion possède des volets de bord d'attaque, on remplace les tubes télescopiques par des conduits pivotants.

Les empennages des avions transsoniques ne comportent pas de dispositifs d'antigivrage, à cause de la flèche importante, du faible rayon de courbure des bords d'attaque et de l'élévation de température liée au Mach.

Lorsque l'antigivrage voilure est commandé, le NI limite est automatiquement réduit et le NI ralenti est automatiquement augmenté.

En cas de perte d'alimentation électrique, les électrovannes pneumatiques se ferment.

Avertisseurs de givrage :

Le meilleur détecteur est encore la surveillance visuelle assurée par les pilotes et, liée aux conditions météorologiques rencontrées en vol : précipitation, TAT, altitude, etc... Néanmoins, il existe plusieurs systèmes de détection.

1 – Détection visuelle (C 160)

Lame tronquée de 8 cm installée à la partie supérieure du radôme, en vue de l'équipage.

Un support d'essuie-glaces, constitue également un excellent détecteur de givrage très utilisé par les équipages.

2 – Détection manométrique :

Lorsqu'il y a formation de givre les trous de l'avant du détecteur s'obturent entraînant une baisse de la pression mesurée.

Cette information traitée électroniquement est envoyée à deux temporisateurs :

- le premier active les alarmes sonores et lumineuses :*
- un voyant bleu qui reste allumé tant que l'avion est dans une atmosphère givrante (et a minimum 3 min) ;*
- un voyant rouge qui s'éteindra dès que l'équipage aura mis en service les protections appropriées (moteurs et voilure) ;*
- le second commande le réchauffage de la sonde pendant 30s.*

3 – Détection par ultrasons :

On utilise le principe de la mesure d'épaisseur en déterminant le temps de parcours d'une onde acoustique.

L'exploitation de cette information permet de réaliser deux types de détecteurs :

- un capteur de détection de givre à associer aux systèmes antigivrage;*
- un capteur de mesure, en temps réel, de l'épaisseur de givre à utiliser avec les systèmes de dégivrage.*

Avantage :

- détection du givre en temps réel (15s) à partir de quelques dixièmes de mm d'épaisseur ;*
- utilisation dans une large plage de conditions givrantes (épaisseurs mesurables de 1/10 de mm à plusieurs cm) ;*
- l'intégration totale des capteurs dans le profil d'aile.*

Le système détecte la formation de givre selon un processus cyclique. Toute les 60s, les détecteurs sont réchauffés pour éliminer l'accumulation de givre et permettre ainsi une nouvelle détection.

Le système fonctionne automatiquement dès la mise sous tension de l'avion.

Réchauffage carburant :

Lorsque la température du carburant devient trop basse, l'eau contenue dans le carburant se fige, colmate le filtre principal.

L'air chaud prélevé sur un étage du compresseur HP est acheminé vers le réchauffeur (échangeur air liquide) via une vanne, pour s'évacuer vers l'extérieur.

En cas de colmatage important du filtre, un clapet by-pass s'ouvre pour assurer la protection du circuit.

Le réchauffeur carburant est situé soit avant la pompe HP soit entre les deux étages de celle-ci.

Applications diverses :

Désembuage pare-brise :

L'air est prélevé sur le circuit de conditionnement est acheminé dans le poste de pilotage via des vannes sélectrices, un ventilateur et une rampe de distribution.

Désembuage des hublots :

Comme pour les pare-brises, les hublots sont généralement désembués par circulation d'air chaud provenant du conditionnement d'air.

SYSTÈMES PNEUMATIQUES MÉCANIQUES

Dégivrage voilure et empennages :

Ce dispositif curatif consiste à déformer les profils bord d'attaque et empennages pour casser la couche de glace, par des mouvements alternatifs de gonflage et dégonflage de cellules tubulaires disposées dans le sens du vol.

Ces systèmes ont utilisés sur des avions équipés de GTP ou GMP de faible puissance ne pouvant pas fournir de grands débits d'air.

Ils sont intercommunicants pour permettre le dégivrage par un seul moteur. Afin que ce système soit efficace, il est indispensable d'attendre que la couche de givre atteigne une certaine épaisseur (8 à 12 mm). Les empennages non visibles sont couplés aux ailes.

L'utilisation de ce dégivrage est interdite au décollage et à l'atterrissage à cause des déformations aérodynamique des profils (risque de décrochage).

Non utilisés, les dégivreurs sont plaqués sur les bords d'attaque par le circuit de dépressurisation.

En général il existe deux modes de dégivrage sont disponible. Lent et rapide.

SYSTÈMES NON PNEUMATIQUES

Systèmes électriques :

Application aux entrées d'air :

Systèmes préventifs qui équipent généralement les turbopropulseurs constitués par des résistances chauffantes protégées par une enveloppe de caoutchouc, fixés sur le bord d'attaque et à l'intérieur des entrées d'air moteurs.

Le fonctionnement peut être permanent, intermittent ou les deux. Il est commandé depuis le poste de pilotage et le contrôle est assuré par des lampes ou des indicateurs.

Application aux hélices / rotors :

La protection des pales et dômes d'hélices sont assurés de façon identique aux entrées d'air.

Dès la mise en fonctionnement des systèmes antigivrages d'entrée d'air et pales-cônes d'hélice, un programme automatique s'applique sous forme de cycles assurés par une minuterie électronique.

Application aux sondes, pitots, mats d'évacuation, panneau de service eau potable et toilettes... :

Systèmes constitués de résistances chauffantes situées à l'intérieur ou à la périphérie de l'élément à protéger. Commandés depuis le poste de

pilotage. En cas de mauvais fonctionnement des voyants ou plaquettes lumineuses assurent l'alarme.

Ces dispositifs disposent souvent de deux puissances de chauffe (relais sol / vol).

Application aux pare-brise :

L'antigivrage des pare-brise assure :

- la visibilité complète durant tout le vol (absence de givre et de buée).*
- une bonne résistance mécanique des composants (verre – vinyle) à la ΔP (pressurisation) et aux chocs.*

L'élément conducteur des pare-brise frontaux est généralement constitué d'un film ou de bandes d'or, de chlorure d'étain ou de platine pris entre deux couches de verre ou de vinyles (extérieur).

Pour les pare-brise latéraux on utilise plus fréquemment des résistances très fines.

Les alimentations électriques sont croisées, ce qui assure en cas de perte d'une source, la visibilité avant et latérale presque totale.

Les systèmes de régulation assurent des températures de 35°C à 45°C.

Les glaces sont réchauffées :

- automatiquement si au moins un réacteur est en fonctionnement ou lorsque l'avion est en vol ;*
- manuellement en plaçant le poussoir « WINDOWS HEAT » sur ON.*

Le réchauffage des glaces frontales fonctionne à puissance réduite au sol et à forte puissance en vol. la commutation est automatique.

Systemes par liquides :

Application par suintement :

Ce dispositif antigivrage consiste à faire suinter un liquide au travers d'un revêtement poreux qui enveloppe ou entoure les éléments à protéger.

Le liquide utilisé a pouvoir d'abaisser le point de congélation de l'eau à laquelle il est mélangé dès qu'il suinte du profil.

Application par écoulement :

Dispositif pouvant être utilisé en dégivrage ou antigivrage particulièrement sur les pales d'hélices.

Systèmes anti-pluie :

Essuie-glace :

Actionné par un moteur électrique à plusieurs vitesses.

Lave-glace :

Pulvérisation d'eau ou liquide de lavage sur la glace lorsque les essuie-glaces fonctionnent.

Liquide anti-mouillant (ou rain repellent) :

Le liquide est contenu dans une bouteille pressurisée. Ce dispositif est utilisé sous fortes pluies lorsque l'action des essuie-glaces est insuffisante.

Le principe repose sur la diminution de la mouillabilité du pare-brise en interposant un film protecteur entre les gouttes d'eau et la glace.

Ne pas utiliser sur glace sèche.

Ne pas utiliser avec les essuie-glaces.

Ne pas utiliser par température trop négative $\leq 15^{\circ}\text{C}$.

Les liquides anti-pluie et antigivre sont incompatibles. Précaution après un dégivrage au portique.

Protection de lutte au sol :

Il existe plusieurs procédés curatifs ou préventifs. Les parties sensibles sont traitées préventivement lors des visites ou immobilisation de l'avion au hangar.

Les parties traitées sont celles travaillant en translation, rotation, étanchéité pour éviter tout blocage ou grippage dû au froid.

En piste, on pulvérise sur l'avion un produit composé d'eau chaude ($\approx 90^\circ$) et de liquide de dégivrage, assurant un traitement curatif et préventif compte tenu de la durée de protection du produit antigivre.