



OACI

Circulaire 355

Évaluation, mesure et communication
de l'état des surfaces de pistes



Approuvé par la Secrétaire générale et publié sous son autorité

ORGANISATION DE L'AVIATION CIVILE INTERNATIONALE



| OACI

Circulaire 355

Évaluation, mesure et communication de l'état des surfaces de pistes

Approuvé par la Secrétaire générale et publié sous son autorité

ORGANISATION DE L'AVIATION CIVILE INTERNATIONALE

Publié séparément en français, en anglais, en arabe, en chinois, en espagnol et en russe par l'ORGANISATION DE L'AVIATION CIVILE INTERNATIONALE
999, boul. Robert-Bourassa, Montréal (Québec) H3C 5H7 Canada

Les formalités de commande et la liste complète des distributeurs officiels et des librairies dépositaires sont affichées sur le site web de l'OACI (www.icao.int).

Cir 355, *Évaluation, mesure et communication de l'état des surfaces de pistes*

Commande n° : CIR355
ISBN 978-92-9258-741-3

© OACI 2019

Tous droits réservés. Il est interdit de reproduire, de stocker dans un système de recherche de données ou de transmettre sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit, un passage quelconque de la présente publication, sans avoir obtenu au préalable l'autorisation écrite de l'Organisation de l'aviation civile internationale.

AVANT-PROPOS

1. OBJET

1.1 La présente circulaire vise à donner une compréhension conceptuelle globale des caractéristiques de frottement de la surface qui contribuent à la maîtrise d'un aéronef au niveau de la zone cruciale de contact entre les pneus et le sol. Elle a pour objet de présenter des concepts généraux et fondamentaux, et des orientations afin d'appuyer le maintien des propriétés de frottement de la surface, ainsi que d'expliquer le système et le format de compte rendu mondial pour l'évaluation et la communication de l'état des surfaces de pistes, applicable à compter du 5 novembre 2020.

1.2 Le format de compte rendu mondial utilisé pour évaluer et communiquer l'état des surfaces de pistes est décrit dans les amendements apportés aux documents suivants :

- *Annexe 3 — Assistance météorologique à la navigation aérienne internationale*
- *Annexe 6 — Exploitation technique des aéronefs, Partie 1 — Aviation de transport commercial international — Avions et Partie 2 — Aviation générale internationale — Avions*
- *Annexe 8 — Navigabilité des aéronefs*
- *Annexe 14 — Aérodrômes, Volume I — Conception et exploitation technique des aérodrômes*
- *Annexe 15 — Services d'information aéronautique*
- *Procédures pour les services de navigation aérienne (PANS) — Aérodrômes (PANS-Aérodrômes, Doc 9981)*
- *Procédures pour les services de navigation aérienne (PANS) — Gestion de l'information aéronautique (PANS-AIM, Doc 10066)*
- *Procédures pour les services de navigation aérienne (PANS) — Gestion du trafic aérien (PANS-ATM, Doc 4444)*
- *Aeroplane Performance Manual (Doc 10064)*
- *Manuel des services d'aéroport, 2^e Partie — État de la surface des chaussées, 8^e Partie — Exploitation et 9^e Partie — Maintenance (Doc 9137)*

1.3 La présente circulaire traite des aspects suivants :

- a) caractéristiques de frottement de la surface des chaussées, et contaminants des surfaces de pistes ;
- b) évolution des caractéristiques de la surface en fonction des performances des aéronefs ;
- c) évaluation de l'état des surfaces de pistes ;
- d) communication et diffusion de l'état des surfaces de pistes ;

- e) nécessité de former adéquatement le personnel chargé des tâches mentionnées aux alinéas c) et d).

2. CONTEXTE

2.1 Au début des années 1950, les exigences des aéroports relativement à l'accueil des avions à réaction ont été analysées, y compris la nécessité de s'assurer que les pistes offraient des caractéristiques de frottement de surface raisonnables sur le plan de l'efficacité de freinage.

2.2 Le Comité permanent sur les performances a été créé en 1951 pour élaborer des spécifications de performances des aéronefs de transport susceptibles d'être introduites dans deux des Annexes à la Convention relative à l'aviation civile internationale : les Annexes 6 et 8. Le Comité a alors pu établir un code de performances complet et définir les surfaces de référence de piste sèche et de piste mouillée.

2.3 En 1954, le Comité des routes aériennes et des aides au sol (AGA) a commencé à échanger des idées techniques sur des problèmes spécifiques, notamment les préoccupations au sujet des évolutions sur pistes glacées, à la suite des premiers vols d'avions civils à réaction. Ces débats ont été résumés et publiés en 1955 dans la Circulaire 43 — *Glace et neige sur les pistes*.

2.4 En 1957, le Comité de la navigabilité a comparé deux codes existants (États-Unis et Royaume-Uni) et a décidé d'adopter leurs spécifications communes. En 1961, l'OACI a publié la Circulaire 60 — *Mesures opérationnelles pour traiter du problème des décollages sur pistes couvertes de neige fondante ou d'eau*, en vue de normaliser les conditions de décollage. Une version actualisée (1968) a servi de base à l'élaboration des textes d'orientation pour la norme JAR 25, aujourd'hui CS-25, des Autorités conjointes de l'aviation en Europe.

2.5 À partir de 1965, la Commission de navigation aérienne a créé divers groupes d'étude pour aider le Secrétariat à traiter les problèmes de frottement des pistes.

2.6 De 1972 à 1974, l'OACI a administré un programme entrepris par le Canada, les États-Unis, la France, le Royaume-Uni, la Suède et l'Union des républiques socialistes soviétiques dans le but d'évaluer les équipements utilisés pour mesurer l'efficacité du freinage sur les pistes. Les conclusions des données d'essais réduites ont permis d'observer qu'il existait un certain degré de corrélation entre les équipements testés et que la corrélation variait beaucoup entre les paires d'équipements comparées et en fonction des changements de texture des surfaces, et qu'il y avait un manque évident de précision dans les dispositifs de mesure. Des tables de corrélation des équipements de mesure ont été élaborées pour les surfaces mouillées et pour les surfaces couvertes de neige compactée ou de glace. Les conditions d'atterrissages représentaient un défi pour le Comité de la navigabilité, et trois méthodes relatives aux atterrissages ont été élaborées et publiées dans le *Manuel technique de navigabilité* (Doc 9051). Dans les premières phases de l'élaboration des spécifications pour l'atterrissage, on avait espéré pouvoir établir une corrélation assez étroite entre les systèmes de mesure du frottement et la distance d'arrêt des aéronefs, pour que le frottement sur piste puisse être traité comme variable opérationnelle. En 1976, le Comité de la navigabilité a proposé un système à trois niveaux pour les pistes sèches, normales et à adhérence réduite. Il a été reconnu que la distinction opérationnelle entre pistes mouillées normales et à adhérence réduite posait des problèmes qui ne pouvaient pas encore être résolus.

2.7 En 1981, à la suite d'observations sur les recommandations de la Réunion AGA à l'échelon Division (AGA/81), la Commission de navigation aérienne a admis que le Secrétariat de l'OACI devrait réexaminer les critères relatifs à la mise au point d'équipements pour déterminer les caractéristiques de frottement des pistes mouillées. Il s'agissait d'étudier principalement des objectifs de conception et d'entretien qui introduisaient initialement un niveau d'entretien et, par la suite, un niveau de frottement minimum. On a ensuite cherché à établir un lien avec les aspects opérationnels en fixant un rapport de deux entre la distance d'arrêt d'un avion sur piste sèche et sur piste mouillée, puis le terme « glissant lorsque mouillé » a été introduit.

2.8 En 2001, le *Manuel de navigabilité* (Doc 9760) a été publié dans le but de donner des instructions pour la mise en œuvre des dispositions relatives à la navigabilité et à la maintenance des Annexes 6 et 8. Le Doc 9760 remplaçait, entre autres documents, le Doc 9051, qui contenait des renseignements techniques détaillés mentionnés dans le Doc 9137, *Manuel des services d'aéroport*, 2^e Partie, complété par les directives d'orientation fondées sur les performances de la Circulaire 329 — *Évaluation, mesure et communication de l'état des surfaces de pistes*.

2.9 Sur le plan de la communication de l'information sur l'état des surfaces de pistes, le format SNOWTAM de l'OACI a été élaboré et introduit en 1967 à la suite d'une proposition détaillée de l'Association du transport aérien international (IATA) en 1963. Le format SNOWTAM n'a pas été entièrement accepté dans le monde et a été mis en œuvre différemment selon les États, de sorte que des informations non cohérentes sont communiquées aux exploitants et aux pilotes. Les rapports sur l'état des pistes devraient être actuels, exacts et compatibles avec la nécessité d'effectuer les vols en conformité avec les Annexes 6 et 8.

2.10 De nombreux projets ont été entrepris pour résoudre le problème de l'harmonisation des divers équipements de mesure du frottement et les relier aux performances des aéronefs. Cet objectif n'a pas encore pu être atteint, surtout à cause de la difficulté de concevoir un système basé sur une référence de temps acceptée par tous pour les équipements de mesure du frottement et les problèmes de fidélité et de reproductibilité des mesures faites avec tous les équipements en service.

2.11 Au vu de cette évolution historique, il a été estimé que l'OACI devrait élaborer des spécifications internationales, notamment sur les fonctions, les principes et les caractéristiques techniques et opérationnelles des systèmes de mesure du frottement. En 2006, le Groupe d'étude de l'exploitation et des services d'aérodrome, sous l'égide du Groupe d'experts des aérodromes, a créé l'Équipe spéciale OACI sur le frottement des pistes (FTF), dont le mandat était le suivant :

- a) proposer des amendements appropriés aux normes et pratiques recommandées (SARP) des Annexes de l'OACI, principalement l'Annexe 14, Volume I, avec à l'appui des textes d'orientation actualisés ;
- b) élaborer une circulaire de l'OACI sur l'évaluation, la mesure et la communication de l'état des surfaces de pistes, y compris un énoncé actualisé sur les divers aspects du frottement ;
- c) proposer un plan d'action pour les tâches qui nécessitent des travaux futurs.

L'Équipe FTF de l'OACI a débuté officiellement ses travaux en 2008.

2.12 Après avoir réalisé ses premières tâches, elle a été chargée :

- a) de préparer un exposé du problème de l'état des surfaces de pistes qui a contribué à de nombreux événements en matière de sécurité pour lesquels *les enquêtes ont révélé des lacunes dans l'exactitude et la rapidité des méthodes d'évaluation et de communication actuellement couvertes par les dispositions et les éléments indicatifs de l'OACI* ;
 - b) d'élaborer les dispositions sur la communication de l'état des surfaces de pistes selon l'Annexe 14, Volume I, et dans d'autres Annexes et Procédures pour les services de navigation aérienne (PANS) ;
 - c) d'élaborer des orientations sur les exigences opérationnelles en matière de performances des avions ;
 - d) d'élaborer des orientations pour l'évaluation de l'état des surfaces de pistes, y compris le niveau de frottement et les endroits où une contamination existe.
-

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Page</i>
Glossaire	IX
Liste des publications	XV
Chapitre 1. Introduction	1
Le rôle de l'OACI	1
Le système et le format de compte rendu mondial pour l'évaluation et la communication de l'état des surfaces de pistes	2
Terminologie.....	3
Chapitre 2. Le système dynamique	5
Chapitre 3. Chaussée	7
Besoins fonctionnels	7
Piste sèche.....	7
Piste mouillée.....	7
Piste contaminée.....	8
Conception de la surface.....	8
Construction	14
Entretien de la piste.....	17
Résistance au dérapage	20
Chapitre 4. Évaluation et communication de l'état des surfaces de pistes	23
Renseignements généraux et compréhension conceptuelle de la mise en œuvre.....	23
Besoins d'informations opérationnelles.....	23
Le concept défini	25
La matrice d'évaluation de l'état des pistes (RCAM)	28
Ajustement du code RWYCC à la hausse ou à la baisse	31
Comptes rendus des pilotes sur l'efficacité du freinage	33
Sources d'information.....	34
Contaminants uniques ou multiples.....	35
Processus d'évaluation de l'état des pistes — organigrammes.....	36
Seuil décalé et déclaration RWYCC.....	42
Formats de compte rendu de l'OACI.....	42
Collecte de données et traitement de l'information.....	44
NOTAM numériques.....	45

	<i>Page</i>
Chapitre 5. Exploitation des aéronefs	47
Caractéristiques fonctionnelles du frottement.....	47
Composantes du système de freinage de l'aéronef	53
Texture et performances d'aéronefs sur pistes mouillées	55
Relation entre les normes de performances des aéronefs et une piste mouillée glissante	57
Chapitre 6. Coefficient de frottement, équipements de mesure et normes établies ou acceptées par l'État	59
Coefficient de frottement	59
Équipements de mesure du frottement	59
Formation du personnel	61
Détermination des incertitudes	62
Utilisation des appareils de mesure du frottement.....	64
Utilisation opérationnelle — neige compactée et glace	66
Chapitre 7. Sécurité, facteurs humains et dangers	69
Sécurité	69
Facteurs humains.....	70
Dangers.....	72
Appendice A. Les différentes configurations de la matrice RCAM	75
Appendice B. Dangers liés aux caractéristiques de frottement de surface et à la chaussée.....	77
Appendice C. Dangers liés aux caractéristiques de frottement de surface et aux aéronefs	79
Appendice D. Dangers liés aux problèmes de frottement et format de compte rendu	81
Appendice E. Dangers liés aux caractéristiques de frottement de surface et à l'atmosphère	83
Appendice F. Objectivité et subjectivité	85
Appendice G. Format SNOWTAM	91
Appendice H. Programme de formation	93

GLOSSAIRE

ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES

AC	Circulaire consultative (FAA)
AESA	Agence européenne de la sécurité aérienne
AFM	Manuel de vol
AIC	Circulaire d'information aéronautique
AIM	Gestion de l'information aéronautique
AIP	Publication d'information aéronautique
AIREP	Compte rendu en vol
AIS	Services d'information aéronautique
ARC	Comité de réglementation de l'aviation (FAA)
ASTM	American Society for Testing and Materials
ATC	Contrôle de la circulation aérienne (en général)
ATIS	Service automatique d'information de région terminale
ATM	Gestion du trafic aérien
ATS	Service de la circulation aérienne
CFR	Code de règlements fédéraux (FAA)
CRM	Gestion des ressources en équipe
CS	Spécification de certification (AESA)
ESDU	Engineering Sciences Data Unit (Royaume-Uni)
FAA	Federal Aviation Administration (États-Unis)
FAR	Federal Aviation Regulations (États-Unis)
FTF	Équipe spéciale sur le frottement des pistes
HF	Haute fréquence
HMA	Asphalte mélangé à chaud
IATA	Association du transport aérien international
JAA	Autorités conjointes de l'aviation (Europe)
JAR	Codes communs de l'aviation (Europe)
LDA	Distance utilisable à l'atterrissage
LEC	Liste d'écarts de configuration
LME	Liste minimale d'équipements
MET	Services météorologiques
MPD	Profondeur moyenne de profil
MTD	Profondeur moyenne de texture
NASA	National Aeronautics and Space Administration (États-Unis)
NOTAM	Avis aux aviateurs/aviatrices
NTRS	NASA Technical Report Server
OACI	Organisation de l'aviation civile internationale
OAT	Température de l'air extérieur
OMM	Organisation météorologique mondiale
PANS	Procédures pour les services de navigation aérienne
PCC	Béton de ciment Portland
PFC	Couche de frottement poreuse
PSV	Valeur de pierre polie
RCAM	Matrice d'évaluation de l'état des pistes
RCR	Rapport sur l'état des pistes

RESA	Aire de sécurité d'extrémité de piste
RST	Équipe de sécurité des pistes
RWYCC	Code d'état de la piste
SARP	Normes et pratiques recommandées
SGS	Système de gestion de la sécurité
SLA	Accord sur les niveaux de service
SOP	Procédure d'exploitation normalisée
TWY	Voie de circulation
μ	Mu (coefficient de frottement)
μ_{\max}	Coefficient de frottement maximal
VHF	Très haute fréquence

EXPLICATION DE CERTAINS TERMES

Les termes qui suivent sont utilisés dans le contexte de la présente circulaire. Sauf indication contraire, ils n'ont pas de statut officiel au sein de l'OACI. Lorsqu'une définition officiellement reconnue par l'OACI est incluse pour des raisons de commodité, elle est indiquée par un astérisque (*).

Barème ESDU. Classification des surfaces de piste en dur en fonction de la profondeur de leur macrotexture.

Caractéristiques de frottement. Propriétés ou attributs physiques, fonctionnels et opérationnels du frottement résultant d'un système dynamique.

Caractéristiques de frottement de surface. Propriétés ou attributs physiques, fonctionnels et opérationnels du frottement qui sont en rapport avec les propriétés de la surface de chaussée et peuvent se distinguer les unes des autres.

Note.— Le coefficient de frottement n'est pas une propriété de la surface de chaussée mais une réaction du système venant du système de mesure. Le coefficient de frottement peut servir à évaluer les propriétés de surface de chaussée à condition que les propriétés appartenant au système de mesure soient contrôlées et tenues stables.

Changement significatif. Variation de l'ampleur d'un danger, qui conduit à un changement notable dans la sécurité de l'exploitation de l'aéronef.

Circulaire d'information aéronautique (AIC)*. Avis contenant des renseignements qui ne satisfont pas aux conditions d'émission d'un NOTAM ou d'insertion dans une publication d'information aéronautique, mais qui concernent la sécurité des vols, la navigation aérienne, ou d'autres questions techniques, administratives ou législatives.

Code d'état de la piste (RWYCC)*¹. Chiffre qui décrit l'état de la surface d'une piste et qui doit être utilisé dans le rapport sur l'état des pistes.

Note.— Le code d'état de piste a pour objet de permettre à l'équipage de conduite de calculer les performances opérationnelles de l'avion. Des procédures pour la détermination du code d'état de piste figurent dans les PANS-Aérodromes (Doc 9981).

Codes de pratiques de l'industrie*. Éléments d'orientation produits par un organisme de l'industrie à l'intention d'un secteur particulier du transport aérien pour l'aider à se conformer aux normes et aux pratiques recommandées de l'Organisation de l'aviation civile internationale, à d'autres exigences en matière de sécurité aéronautique et aux meilleures pratiques jugées appropriées.

1. Applicable le 5 novembre 2020.

Note.— Certains États acceptent les codes de pratiques de l'industrie et y font référence dans l'élaboration des règlements pour répondre aux exigences de l'Annexe 19, et mettent à disposition, pour les codes de pratiques de l'industrie, leurs sources et la manière de les obtenir.

Coefficient de frottement. Rapport sans dimension de la force de frottement entre deux corps et la force normale qui presse ces deux corps l'un contre l'autre.

Compte rendu en vol*. Un compte rendu d'un aéronef en vol préparé conformément aux exigences relatives à la position et aux comptes rendus opérationnels et/ou météorologiques.

Contaminant. Un dépôt (tel que neige, neige fondante, glace, eau stagnante, boue, poussière, sable, huile et caoutchouc) sur une chaussée d'aérodrome, dont les effets dégradent les caractéristiques de frottement de la surface de chaussée.

Danger. Situation ou objet qui risque de causer des blessures à des personnes, d'endommager des équipements ou des structures, une perte de matière ou une réduction de l'aptitude à accomplir une fonction prescrite.

Distance utilisable à l'atterrissage (LDA)*. Longueur de piste déclarée comme étant utilisable et convenant pour le roulement au sol d'un avion à l'atterrissage.

Efficacité de freinage. Terme utilisé par les pilotes pour caractériser la décélération liée à l'effort de freinage sur les roues, et la maîtrise de la direction de l'aéronef.

Équipe de sécurité des pistes. Une équipe composée de représentants de [l'exploitant de l'aérodrome], du fournisseur de services de la circulation aérienne, des compagnies aériennes ou des exploitants d'aéronefs, d'associations de pilotes et de contrôleurs de la circulation aérienne, et de tout autre groupe qui participe directement à l'exploitation des pistes [sur un aérodrome particulier], qui est chargée de conseiller les responsables concernés à propos des problèmes potentiels de sécurité des pistes et de recommander des stratégies d'atténuation.

Note.— Cette définition est fondée sur le Doc 9870 de l'OACI, Manuel sur la prévention des incursions sur piste, mais tient compte de l'évolution des concepts qui découlent des récents travaux du Programme de sécurité des pistes de l'OACI. Elle élargit donc légèrement la définition originale sans la contredire, mais plutôt en la clarifiant pour les besoins de ce document (Manuel de l'équipe de sécurité des pistes). Il se peut que cette définition soit éventuellement harmonisée dans d'autres publications, en fonction des commentaires reçus sur son utilisation. Pour faciliter leur identification, les différences ont été mises entre crochets.

État de surface des pistes*¹. Description de l'état de surface des pistes utilisée dans le rapport sur l'état des pistes, qui établit la base pour déterminer le code d'état des pistes aux fins des performances de l'avion.

Note 1.— L'état de surface des pistes utilisé dans le rapport sur l'état des pistes établit les performances requises de l'exploitant de l'aérodrome, de l'avionneur et de l'exploitant de l'avion.

Note 2.— Les agents chimiques de dégivrage des aéronefs et les autres contaminants sont également signalés, mais ils ne figurent pas dans la liste des descripteurs d'état de surface parce que leur effet sur les caractéristiques de frottement de la surface des pistes et le code d'état de piste ne peut pas être évalué de façon normalisée.

Note 3.— Des procédures pour la détermination de l'état de la surface des pistes figurent dans les PANS-Aérodromes (Doc 9881).

1. Applicable le 5 novembre 2020.

- a) *Piste sèche*. Une piste est considérée comme sèche lorsque sa surface ne présente aucune humidité visible ni contamination dans la zone qui doit être utilisée.
- b) *Piste mouillée*. La surface de la piste est couverte d'humidité visible ou d'eau jusqu'à une épaisseur de 3 mm inclusivement dans la zone qui doit être utilisée.
- c) *Piste mouillée glissante*. Piste mouillée dont il a été établi qu'une importante partie de la surface présente des caractéristiques de frottement dégradées.
- d) *Piste contaminée*. Une piste est contaminée lorsqu'une partie importante de sa surface (que ce soit par endroits isolés ou non), délimitée par la longueur et la largeur utilisées, est couverte d'une ou de plusieurs des substances énumérées dans la liste des descripteurs d'état de surface de piste.

Note.— Des procédures pour la détermination de la couverture des contaminants sur une piste figurent dans les PANS-Aérodromes (Doc 9981).

- e) *Descripteurs d'état de surface de piste*. Un des éléments suivants sur la surface de la piste :

Note.— Les descripteurs e) 1) à e) 8) sont utilisés uniquement dans le contexte du rapport sur l'état des pistes et ne visent pas à annuler ou à remplacer les définitions en vigueur de l'OMM.

- 1) *Neige compactée*. Neige qui a été comprimée en une masse solide telle que les pneus d'avion, aux pressions et charges d'exploitation, rouleront sur la surface sans la compacter davantage ou former d'ornières importantes.
- 2) *Neige sèche*. Neige à partir de laquelle il n'est pas facile de faire une boule de neige.
- 3) *Gelée*. La gelée consiste en cristaux de glace qui se forment à partir de l'humidité atmosphérique sur une surface dont la température est inférieure au point de congélation. La gelée diffère de la glace en ce que ses cristaux croissent indépendamment et ont donc une texture plus granuleuse.

Note 1.— On entend par « inférieure au point de congélation » une température de l'air égale ou inférieure au point de congélation de l'eau (0 degré Celsius).

Note 2.— Dans certaines conditions, la gelée peut rendre la surface très glissante ; elle est alors signalée comme réduisant l'efficacité du freinage.

- 4) *Glace*. Eau qui a gelé ou neige compactée qui est passée à l'état de glace, par temps froid et sec.
- 5) *Neige fondante*. Neige tellement saturée d'eau qu'il s'en écoule lorsque l'on en ramasse une poignée ou qu'elle gicle lorsqu'on l'écrase du pied.
- 6) *Eau stagnante*. Eau d'une profondeur supérieure à 3 mm.

Note.— De l'eau courante d'une profondeur supérieure à 3 mm est signalée comme eau stagnante par convention.

- 7) *Glace mouillée*. Glace couverte d'eau ou de glace fondante.

Note.— Des précipitations verglaçantes peuvent donner lieu à un état de piste apparenté à de la glace mouillée du point de vue des performances de l'avion. La neige mouillée peut rendre la surface très glissante. Cette condition est alors signalée de façon appropriée comme condition de freinage réduit, conformément aux procédures figurant dans les PANS-Aérodromes (Doc 9981).

- 8) *Neige mouillée*. Neige contenant suffisamment d'eau pour permettre d'en faire une boule de neige solide bien compactée, sans que l'eau ne s'en échappe.

Frottement. Force de résistance le long de la ligne de mouvement relatif entre deux surfaces en contact.

Gestion de l'information aéronautique (AIM)*. Gestion dynamique intégrée des informations aéronautiques par la fourniture et l'échange, en collaboration avec toutes les parties, de données aéronautiques numériques ayant fait l'objet d'un contrôle de la qualité.

Matrice d'évaluation de l'état des pistes (RCAM)*¹. Tableau permettant, au moyen de procédures connexes, de déterminer le code d'état des pistes à partir d'un ensemble de conditions de surface de piste observées et de rapports des pilotes sur l'efficacité du freinage.

NOTAM*. Avis diffusé par télécommunication et donnant, sur l'établissement, l'état ou la modification d'une installation, d'un service, d'une procédure aéronautique, ou d'un danger pour la navigation aérienne, des renseignements qu'il est essentiel de communiquer à temps au personnel chargé des opérations aériennes.

Personnel opérationnel*. Personnel participant à des activités aéronautiques qui est en mesure de communiquer des renseignements sur la sécurité.

Note.— Ce personnel comprend notamment les membres d'équipage de conduite, les contrôleurs de la circulation aérienne, les opérateurs de station aéronautique, les techniciens de maintenance, le personnel des organismes de conception et de construction d'aéronefs, les membres d'équipage de cabine, les agents techniques d'exploitation, le personnel d'aire de trafic et le personnel d'assistance en escale.

Piste*. Aire rectangulaire définie, sur un aérodrome terrestre, aménagée afin de servir au décollage et à l'atterrissage des aéronefs.

Piste à couche de frottement rainurée ou poreuse. Piste en dur réalisée avec des rainures transversales ou une couche de frottement poreuse (PFC) de façon à présenter de meilleures caractéristiques de freinage lorsqu'elle est mouillée, en conformité avec le *Manuel de conception des aérodromes* (Doc 9157) ou l'équivalent.

Rapport sur l'état des pistes (RCR)*¹. Système d'information mondial exhaustif relatif à l'état de la surface des pistes et à son effet sur les performances de décollage et d'atterrissage des avions.

Retardement. Décélération d'un véhicule qui freine, mesurée en m/s^2 .

Sécurité*. État dans lequel les risques liés aux activités aéronautiques concernant, ou appuyant directement, l'exploitation des aéronefs sont réduits et maîtrisés à un niveau acceptable.

Service automatique d'information de région terminale (ATIS)*. Service assuré dans le but de fournir automatiquement et régulièrement des renseignements à jour aux aéronefs à l'arrivée et au départ, tout au long de la journée ou d'une partie déterminée de la journée :

Service automatique d'information de région terminale par liaison de données (D-ATIS). Service ATIS assuré au moyen d'une liaison de données.

Service automatique d'information de région terminale par liaison vocale (ATIS-voix). Service ATIS assuré au moyen de diffusions vocales continues et répétées.

1. Applicable le 5 novembre 2020.

Service de la circulation aérienne*. Terme générique désignant divers termes : service d'information de vol, service d'alerte, service consultatif de la circulation aérienne, service de contrôle de la circulation aérienne (service de contrôle régional, service de contrôle d'approche ou service de contrôle d'aérodrome).

Service d'information aéronautique (AIS)*. Service chargé de fournir, dans une zone de couverture définie, les données aéronautiques et les informations aéronautiques nécessaires à la sécurité, à la régularité et à l'efficacité de la navigation aérienne.

SNOWTAM. NOTAM d'une série spéciale établi dans un format normalisé, qui fournit un compte rendu d'état de surface signalant l'existence ou la fin de conditions dangereuses dues à la présence de neige, de glace, de neige fondante, de gelée, d'eau stagnante ou d'eau combinée à de la neige, de la neige fondante, de la glace ou de la gelée sur l'aire de mouvement.

Surface résistante au dérapage. Surface de piste conçue, construite et entretenue pour assurer un bon drainage, de façon à minimiser le risque d'aquaplanage quand la piste est mouillée, et qui procure de meilleures performances de freinage que celles qui sont utilisées dans les normes de navigabilité pour une piste lisse et mouillée.

Système de gestion de la sécurité (SGS)*. Approche systématique de la gestion de la sécurité, comprenant les structures, obligations de rendre compte, politiques et procédures organisationnelles nécessaires.

V₁. Vitesse maximale au cours du décollage à laquelle le pilote doit réagir (par exemple appliquer les freins, réduire la poussée, déployer les freins aérodynamiques) pour pouvoir immobiliser l'avion dans les limites de la distance accélération-arrêt. V₁ signifie également la vitesse minimale de décollage, à la suite d'une panne du moteur critique à la vitesse corrigée à laquelle le moteur critique peut subir une défaillance (V_{EF}), à laquelle le pilote peut poursuivre le décollage et atteindre la hauteur requise au-dessus de la surface de décollage dans les limites de la distance de décollage.

Zone de contact critique entre pneu et sol. Zone (d'environ 4 mètres carrés pour les plus grands avions actuellement en service) qui est soumise à des forces régissant les caractéristiques de roulement et de freinage de l'avion, ainsi que la maîtrise de la direction.

LISTE DES PUBLICATIONS

(mentionnées dans la présente circulaire)

PUBLICATIONS DE L'OACI

Annexes à la Convention relative à l'aviation civile internationale

Annexe 3 — *Assistance météorologique à la navigation aérienne internationale*

Annexe 6 — *Exploitation technique des aéronefs*

Partie 1 — *Aviation de transport commercial international — Avions*

Partie 2 — *Aviation générale internationale — Avions*

Annexe 8 — *Navigabilité des aéronefs*

Annexe 14 — *Aérodromes*

Volume I — *Conception et exploitation technique des aérodromes*

Annexe 15 — *Services d'information aéronautique*

Annexe 19 — *Gestion de la sécurité*

Procédures pour les services de navigation aérienne

ATM — Gestion du trafic aérien (Doc 4444)

Aérodromes (Doc 9981)

AIM — Gestion de l'information aéronautique (Doc 10066)

Manuels

Indicateurs d'emplacement (Doc 7910)

Manuel des services d'aéroport (Doc 9137)

2^e Partie — *État de la surface des chaussées*

9^e Partie — *Maintenance*

Manuel de conception des aérodromes (Doc 9157)

Partie 1 — *Pistes*

Partie 3 — *Chaussées (en préparation)*

Manuel de navigabilité (Doc 9760)

Manuel de gestion de la sécurité (MGS) (Doc 9859)

Manuel sur la prévention des incursions sur piste (Doc 9870)

Aeroplane Performance Manual (Doc 10064) (en préparation)

Circulaires

*Glace et neige sur les pistes (Cir 43)**

*Mesures opérationnelles pour traiter du problème des décollages sur pistes couvertes de neige fondante ou d'eau (Cir 60)**

Manuels

Manuel de l'équipe de sécurité des pistes, deuxième édition (version non révisée) — juin 2015

AUTRES PUBLICATIONS

American Society for Testing and Materials (ASTM)

Standard Practice for the Accelerated Polishing of Aggregates Using the British Wheel (ASTM D 3319)

Standard Test Method for Measuring Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester (ASTM E 303-93)

Comité européen de normalisation (CEN)

Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats — Partie 8 : Détermination du coefficient de polissage accéléré (NF EN 1097-8)

ESDU (Engineering Sciences Data Unit)

Forces de frottement et de freinage sur les pneus d'un aéronef. Partie II : Estimation de la force de freinage (ESDU 71026)

Définitions des contaminants de piste et classification et répartition des surfaces de piste en dur (ESDU 15002)

* Épuisé.

Chapitre 1

INTRODUCTION

Il n'y a sans doute pas de sujet scientifique sur lequel il y ait une plus grande diversité d'opinions que les lois qui régissent le frottement ; et les expériences du passé, bien que suffisantes à des fins pratiques dans bien des cas, n'ont pas tendance à nous faire évoluer vers plus de certitude. [Traduction]

Nicholas Wood, 1838¹

1.1 L'histoire de l'aviation n'est pas aussi longue que celle des chemins de fer, cependant il y a une grande diversité d'opinions au sujet des lois qui régissent le frottement. La présente circulaire a pour objet d'offrir les plus récentes indications sur les aspects de frottement, dans toute la mesure possible, vu l'état actuel des connaissances.

1.2 On sait que les chaussées ont tendance à devenir plus glissantes, tant pour les piétons que pour les véhicules, lorsqu'elles sont mouillées, inondées ou recouvertes de neige, de neige fondante ou de glace ; cependant, personne ne comprend parfaitement les phénomènes physiques en cause et qui peuvent provoquer des accidents. Cela vaut aussi pour les aéronefs qui manœuvrent sur les aires de mouvement. C'est pourquoi, dans la communauté de l'aviation, de nombreux articles sur les problèmes de frottement ont été publiés depuis la fin des années 1940.

1.3 Les informations données dans la présente circulaire devraient être utilisées par les autorités nationales dans la mise en œuvre de leurs activités de sécurité, et être consultées comme il convient par les exploitants d'aérodromes, les fournisseurs de services de navigation aérienne, les exploitants d'aéronefs et les personnes qui travaillent dans ces organismes.

LE RÔLE DE L'OACI

1.4 L'OACI fait la promotion d'un développement sûr et ordonné de l'aviation civile internationale dans le monde. Elle établit les normes et les réglementations nécessaires, notamment pour la sécurité de l'aviation. À cet égard, depuis le milieu des années 1950, l'OACI a joué un rôle déterminant dans la tenue de discussions sur les problèmes de frottement, l'établissement de groupes d'étude et de groupes de travail et l'incitation à des programmes de recherche.

1.5 Toutes ces activités ont abouti à l'adoption par le Conseil de l'OACI, lors de sa 207^e session en 2016, d'un système et d'un format de compte rendu mondial, qui s'appliqueront à compter du 5 novembre 2020. Cette circulaire fait partie des lignes directrices fournies pour ce système et le format de compte rendu mondial.

1. Nicholas Wood, *A Practical Treatise on Rail-roads, and Interior Communication in General : Containing Numerous Experiments on the Powers of the Improved Locomotive Engines and Tables of the Comparative Cost of Conveyance on Canals, Railways, and Turnpike Roads*. Londres : Imprimé pour Longman, Orme, Brown, Green et Longmans, 1838.

LE SYSTÈME ET LE FORMAT DE COMPTE RENDU MONDIAL POUR L'ÉVALUATION ET LA COMMUNICATION DE L'ÉTAT DES SURFACES DE PISTES

1.6 On ne saurait trop insister sur l'importance d'éliminer la contamination de la surface d'une piste aussi rapidement et aussi complètement que possible pour réduire au minimum l'accumulation avant tout signalement et toute opération.

1.7 Le système de compte rendu mondial pour l'évaluation et la communication de l'état des surfaces de pistes implique toutes les parties prenantes qui participent à la collecte des données, à leur conversion en informations opérationnelles structurées et à la présentation de l'information structurée aux destinataires, ainsi qu'aux utilisateurs finaux de cette information structurée.

1.8 Il faut souligner l'importance des définitions des termes des Annexes utilisés dans les normes et pratiques recommandées (SARP). Ces définitions n'ont pas un statut indépendant, mais constituent une partie essentielle de chaque SARP dans laquelle un terme défini est utilisé, puisqu'une variation d'interprétation du terme aurait une incidence sur la spécification.

1.9 L'introduction du code d'état de la piste (RWYCC) constitue une innovation fondamentale du nouveau système de communication. Le processus d'évaluation de l'attribution d'un RWYCC est un *processus déterministe*, qui permet d'identifier les divers contaminants et de déterminer le RWYCC initial qui doit figurer dans le compte rendu. Par la suite, en se fondant sur tous les autres renseignements disponibles, il est possible d'abaisser ou de relever le code RWYCC initial en suivant la méthodologie décrite dans les *Procédures pour les services de navigation aérienne — Aéroports* (PANS-Aéroports, Doc 9981).

1.10 L'échelle révisée BON, BON À MOYEN, MOYEN, MOYEN À MÉDIOCRE, MÉDIOCRE, INFÉRIEUR À MÉDIOCRE est utilisée par l'équipage de conduite pour caractériser le freinage perçu et la maîtrise de la direction de l'aéronef pendant sa course d'atterrissage. La matrice d'évaluation de l'état de la piste (RCAM) décrit l'état normalisé de la surface de la piste par rapport à son effet sur la performance de freinage et sur le contrôle latéral de l'avion.

1.11 Un autre changement fondamental est que l'état de la piste MOUILLÉE est régulièrement inclus dans le rapport sur l'état des pistes (RCR).

1.12 Le système et le format de compte rendu mondial ont été pensés pour couvrir toutes les zones climatiques du globe. Pour ce faire, le système et le format de compte rendu mondial offrent un mécanisme souple que peuvent utiliser les États qui ne connaissent jamais des conditions de glace, de neige ou de gel.

1.13 Il y a deux scénarios possibles. Un État peut :

- a) ne jamais être exposé à la neige ou à la glace et, par conséquent, ne pas avoir besoin d'utiliser le format de compte rendu mondial, sauf pour l'eau ;
- b) être totalement prêt à utiliser le format de compte rendu mondial (équipement complet, personnel dûment formé).

1.14 L'utilisation du format de compte rendu mondial exige l'application d'équipements, de processus et de procédures pour l'élimination des contaminants, ainsi que des traitements et, surtout, exige la participation de personnel compétent aux activités d'entretien ainsi qu'aux activités d'évaluation et de production de comptes rendus. Le personnel doit être compétent pour accomplir ses tâches, et la formation doit être adaptée à l'environnement dans lequel il travaille.

1.15 En ce qui concerne l'incidence de la réglementation, cette solution à deux niveaux permettra à chaque exploitant d'aéroport de choisir un ensemble de dispositions correspondant à ses besoins. Par conséquent, les coûts supplémentaires seront limités ou nuls.

1.16 Les États intègrent cette flexibilité dans leurs réglementations d'État, le cas échéant, pour assurer la mise en œuvre harmonieuse du format de compte rendu mondial et, par conséquent, la transparence et la normalisation mondiale.

TERMINOLOGIE

1.17 Les questions de frottement étudiées dans la présente circulaire sont celles qui sont en rapport avec la sécurité de l'exploitation des aéronefs, aussi bien que celles qui concernent l'exploitant de l'aérodrome. Plus précisément, ces questions se rapportent à l'interaction entre aéronef et piste, qui dépend de la surface de contact critique entre les pneus et le sol.

1.18 Dans cette surface de contact critique entre les pneus et le sol, il y a deux aspects distincts des questions de frottement :

- a) la conception, la construction et l'entretien de la surface des chaussées et leurs caractéristiques inhérentes de frottement ;
- b) les évolutions des aéronefs sur la surface des chaussées et les contaminants qui y sont présents.

1.19 Au cours des années, ces deux secteurs ont adopté leurs propres terminologies en relation avec le frottement, et il importe de distinguer les aspects suivants :

- a) la *résistance au dérapage*, qui est en rapport avec la conception, la construction et l'entretien de la chaussée ;
- b) l'*efficacité du freinage*, qui représente la caractérisation par le pilote de la décélération liée à l'efficacité de freinage sur les roues et de la maîtrise de la direction de l'aéronef ; ce terme est utilisé dans les comptes rendus en vol (AIREP) ;
- c) le *code RWYCC* est une valeur déterminée à partir de l'évaluation de l'état de surface de la piste par le personnel formé et compétent de l'aérodrome. Le RWYCC sert à l'équipage de conduite à calculer les performances d'atterrissage de l'avion en exploitation.

1.20 Le terme « résistance au dérapage » est utilisé plus officiellement depuis la constitution d'un nouveau comité technique sur la résistance au dérapage (Comité E-17), en octobre 1959, par l'American Society for Testing and Materials (ASTM). L'ASTM définit comme suit la résistance au dérapage :

Résistance au dérapage (indice de frottement) : capacité de la surface de roulement d'éviter la perte d'adhérence des pneus.

1.21 Le terme « efficacité de freinage » est couramment utilisé dans l'industrie de l'aviation, bien qu'il ait été employé dans différents contextes et continue de l'être dans son sens général. Dans le contexte des comptes rendus, il est employé pour définir la capacité d'arrêt d'un aéronef au moyen des freins de ses roues, et il est en relation avec les comptes rendus des pilotes évaluant l'efficacité du freinage. Pendant un certain temps, le terme « efficacité de freinage » a également été (mais n'est plus) utilisé pour décrire le frottement estimé de surface qui est mesuré par un équipement de mesure du frottement et donné comme capacité d'arrêt d'aéronef. Le format SNOWTAM de l'OACI utilise désormais le terme « code d'état de la piste » (RWYCC) qui devrait être interprété comme une estimation globale de la glissance de la surface déterminée par le personnel d'aérodrome formé et compétent, en appliquant des procédures données et en utilisant tous les renseignements disponibles. Le RWYCC et l'efficacité de freinage de piste sont introduits l'un vis-à-vis de l'autre dans la RCAM.

1.22 Auparavant, le principal souci était de mesurer le coefficient de frottement de la surface d'une manière qui soit représentative du frottement subi par un pneu d'avion. Dans l'industrie de l'aviation, il n'y a toujours pas un plein accord sur le fait que cela soit même possible. Pour éviter les malentendus et les confusions, on ne communique plus à l'équipage le frottement mesuré sur la surface, qui était appelé le « coefficient de frottement mesuré ». Lorsque des mesures de frottement sont utilisées dans le cadre de l'évaluation globale de la surface de la piste pour les surfaces recouvertes de neige compactée ou de glace, l'équipement de mesure du frottement doit respecter la norme fixée ou acceptée par l'État.

1.23 Certains États ont établi leur propre programme de mesure du frottement sur piste à l'aide d'équipements de mesure de frottement approuvés par eux. Le format de compte rendu mondial offre la possibilité d'inclure cette information pour mieux caractériser la situation. Le format et l'application opérationnelle de cette information sont définis et communiqués par l'État.

Chapitre 2

LE SYSTÈME DYNAMIQUE

2.1 Les caractéristiques fondamentales de frottement de la surface critique de contact entre pneus et sol, cette dernière faisant partie du système dynamique, influent sur l'adhérence dont peut disposer l'aéronef. Les caractéristiques fondamentales de frottement sont des propriétés des éléments individuels du système, tels que :

- a) la surface de roulement (piste) ;
- b) les pneus (aéronef) ;
- c) les contaminants (entre pneu et chaussée) ;
- d) l'atmosphère (température, rayonnement solaire agissant sur l'état du contaminant).

2.2 La Figure 2-1 illustre les caractéristiques de frottement et leurs relations dans le système dynamique d'un aéronef en mouvement.

2.3 Les trois principaux éléments de ce système sont :

- a) les caractéristiques de frottement de la surface (propriétés statiques du matériau) ;
- b) le système dynamique lui-même (aéronef et chaussée en mouvement relatif) ;
- c) la réaction du système (performances de l'aéronef).

La réaction de l'aéronef dépend en grande partie du frottement disponible entre pneus et chaussée et du système antidérapage dont l'aéronef est équipé.

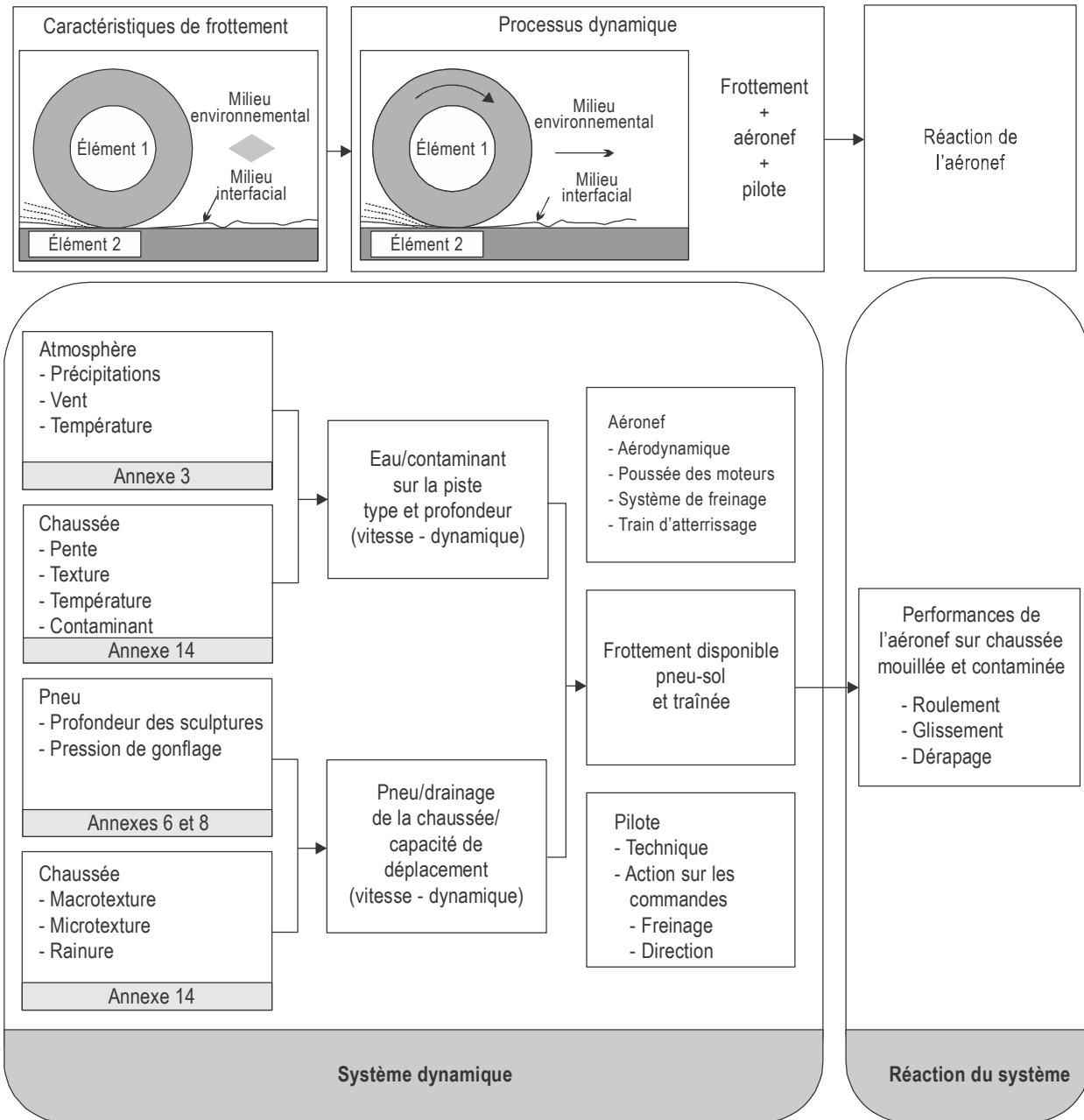


Figure 2-1. Caractéristiques fondamentales du frottement, système dynamique et réaction du système

Chapitre 3

CHAUSSÉE

BESOINS FONCTIONNELS

3.1 Une chaussée de piste, considérée globalement, doit obligatoirement remplir les trois fonctions fondamentales suivantes :

- a) assurer une force portante adéquate ;
- b) offrir une bonne qualité de roulement ;
- c) offrir de bonnes caractéristiques de frottement de surface.

3.2 Il y a cependant d'autres considérations d'ordre économique, notamment :

- a) la longévité de la piste ;
- b) la facilité d'entretien.

3.3 Le premier critère concerne la structure de la chaussée, le deuxième la forme géométrique de la partie supérieure de la chaussée et le troisième la texture de la surface proprement dite et le drainage lorsqu'elle est mouillée, la texture et la pente étant les caractéristiques de frottement les plus importantes de la chaussée de piste. Les quatrième et cinquième critères font intervenir, outre la dimension économique, la disponibilité de la chaussée pour les évolutions des aéronefs.

PISTE SÈCHE

3.4 Lorsqu'elles sont sèches et propres, différentes pistes offrent généralement des différences opérationnelles mineures de niveaux de frottement, quels que soient le type de chaussée et la configuration de la surface. De plus, la vitesse de l'aéronef influe relativement peu sur le niveau de frottement. Ainsi, l'utilisation de surfaces de piste sèches donne lieu à peu de variations, et il n'est pas nécessaire dans ce cas d'avoir des critères techniques particuliers pour le frottement de surface.

PISTE MOUILLÉE

3.5 Le problème du frottement sur les surfaces de piste mouillées s'exprime essentiellement comme un problème de drainage généralisé comprenant trois critères distincts :

- a) drainage de surface (forme de la surface, pentes) ;
- b) drainage d'interface entre pneu et sol (macrotecture) ;

- c) drainage de pénétration (microtexture).

3.6 Ces trois critères peuvent être fortement influencés par des interventions techniques, et il importe d'observer qu'ils doivent tous être respectés pour qu'un frottement adéquat soit obtenu dans toutes les conditions possibles de présence d'eau.

PISTE CONTAMINÉE

3.7 Le problème du frottement sur les surfaces de piste affectées par la présence de contaminants peut s'exprimer essentiellement comme un problème généralisé d'entretien conditionné par le drainage interfacial amélioré ou l'évacuation des contaminants, dont les critères sont les suivants :

- a) maintien d'une capacité améliorée de drainage interfacial dans le cas des chaussées contaminées par la présence d'eau (pellicule de plus de 3 mm d'épaisseur) ;
- b) élimination des dépôts de caoutchouc ;
- c) enlèvement de la neige, de la neige fondante, de la glace ou du givre ;
- d) enlèvement d'autres contaminants, comme le sable, la poussière, la boue et l'huile.

3.8 Ces aspects peuvent être sensiblement influencés par le niveau d'entretien qu'assure l'exploitant de l'aéroport.

3.9 Dans ces cas, le niveau d'entretien fourni est la capacité d'éliminer les contaminants aussi rapidement et complètement que possible pour éviter leur accumulation. L'effort d'entretien requis est fonction de l'exposition à ces contaminants, de l'équipement d'entretien disponible et de la compétence du personnel qui conduit cet équipement.

3.10 Les exploitants d'aérodromes peuvent devoir répondre à trois types de scénarios de contamination :

- a) les scénarios d'état des pistes seulement mouillées ;
- b) les situations de neige et de glace ne se produisent qu'à des intervalles irréguliers, et la fermeture de la piste peut être tolérée dans une certaine mesure en raison d'une capacité de déneigement limitée ou nulle ;
- c) les situations de neige et de glace persistantes dans lesquelles l'exploitant doit s'efforcer de faire fonctionner l'aérodrome le plus normalement possible.

CONCEPTION DE LA SURFACE

Textures

Texture de surface

3.11 L'aspect le plus important de la surface de la piste du point de vue de ses caractéristiques de frottement est sa texture superficielle. L'effet du matériau de surface sur le coefficient de frottement entre le pneu et la piste est principalement conditionné par les différences dans la texture de surface. Les surfaces sont normalement conçues avec une macrotexture suffisamment prononcée pour assurer une évacuation adéquate de l'eau à l'interface pneu-chaussée.

Cette texture est obtenue soit par des proportions appropriées dans le mélange agrégat/mortier, soit par des techniques de finition de surface. La texture de la surface de la chaussée est exprimée en termes de macrotexture et de microtexture (voir la Figure 3-1) ; toutefois, ces facteurs se définissent différemment selon le contexte et la technique de mesure. De plus, ils ne sont pas compris de la même manière dans les différents secteurs de l'industrie de l'aviation. Le *Manuel de conception des aérodromes*, Partie 3 — *Chaussées* (Doc 9157), contient d'autres directives à ce sujet.

3.12 La texture est définie au plan international par des normes de l'ISO¹. Ces normes désignent la texture mesurée par volume ou par profil et précisent la profondeur moyenne de texture (MTD) ou la profondeur moyenne de profil (MPD). Ces normes parlent de microtexture (ou microrugosité) à moins de 0,5 MPD, et de macrotexture (ou macrorugosité) à plus de 0,5 MPD. Il n'y a pas de relation universellement admise entre MTD et MPD.

Microtexture

3.13 La microtexture est la texture des fragments d'agrégat et n'est guère visible à l'œil nu. La microtexture est considérée comme un élément primordial de la résistance au dérapage (antidérapance) à basse vitesse. À plus grande vitesse sur surface mouillée, une pellicule d'eau se forme (aquaplanage) et empêche le contact direct entre les aspérités de surface et le pneu, faute d'un drainage suffisant de l'eau à partir de la surface de contact pneu-sol.

3.14 La microtexture est une qualité intrinsèque de la surface de chaussée. En spécifiant des matériaux concassés résistants au polissage, on s'assure que la microtexture et le drainage de fines pellicules d'eau seront plus durables. La résistance au polissage s'exprime par le coefficient de polissage dynamique, qui s'obtient en principe à partir de mesures du frottement effectuées selon des normes internationales (ASTM D 3319, CEN EN 1097-8).

3.15 Un problème majeur de la microtexture est qu'elle peut changer en peu de temps, sans que cela soit facilement détectable. Un exemple typique est l'accumulation de fragments de caoutchouc dans la zone de toucher des roues, qui peut masquer fortement la microtexture sans nécessairement affecter la macrotexture.

Macrotexture

3.16 La macrotexture est la texture du revêtement entre les fragments de roche. Ce genre de texture peut être évalué approximativement à l'œil nu. La macrotexture dépend principalement de la grosseur des fragments d'agrégat utilisés ou du traitement de la surface. Le rainurage est une opération qui augmente la macrotexture, mais son effet dépend de la largeur, de la profondeur et de l'espacement des rainures. La macrotexture est le principal facteur qui détermine la capacité de drainage de l'interface pneu-sol aux vitesses élevées.

ESDU (Engineering Sciences Data Unit)

3.17 L'ESDU définit la microtexture comme la texture des fragments d'agrégat individuels utilisés dans la construction de la chaussée et précise qu'elle dépend de la forme des pierres et de leur usure. La microtexture détermine la rugosité de la surface mais est habituellement trop fine pour être visible à l'œil nu. Elle dépend des propriétés de la surface (pointes aiguës et dureté) des gravillons ou des particules qui sont au contact direct des pneus.

1. Organisation internationale de normalisation (ISO), *Caractérisation de la texture d'un revêtement de chaussée à partir de relevés de profils de la surface — Partie 2 : Terminologie et exigences de base relatives à l'analyse de profils de texture d'une surface de chaussée*, ISO 13473-2, 2002.

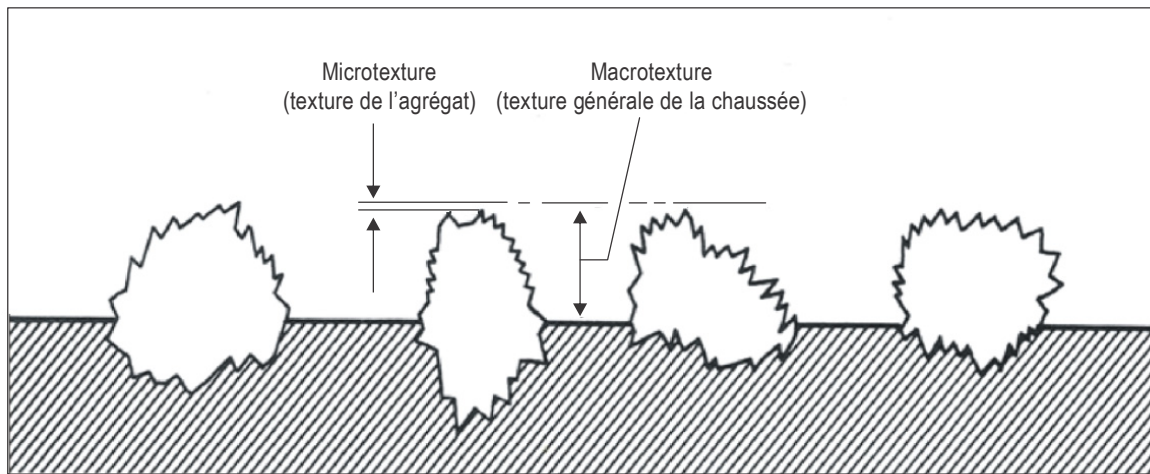


Figure 3-1. Microtexture et macrotexture

3.18 Pour mesurer la macrotexture, il existe des méthodes simples, comme les méthodes volumétriques de la « boîte à sable » et la « NASA grease patch ». Ces méthodes ont été utilisées dans les premières recherches qui sont à la base des actuelles spécifications de navigabilité et, à ce titre, elles figurent dans la documentation de base. Pour la navigabilité, la documentation ESDU est citée en référence. L'ESDU 15002 fait référence aux mesures de texture des pistes des années 1970 pratiquées à l'aide de sable ou de la graisse. À partir de ces mesures, l'ESDU a élaboré un barème de classification de la texture, de A à E (voir le Chapitre 5 de la présente circulaire).

Drainage

3.19 Le drainage de surface est un besoin fondamental de la plus grande importance. Il sert à minimiser l'épaisseur d'eau sur la surface. Il s'agit de faire en sorte que l'eau s'écoule de la piste par le plus court chemin possible et surtout à l'écart de la trajectoire des roues. Évidemment, plus le trajet que l'eau de surface doit parcourir pour s'évacuer de la piste est long, plus le drainage sera un problème sérieux.

3.20 Pour assurer une évacuation plus rapide de l'eau, la surface de piste devrait si possible être bombée, sauf dans les cas où il existe une pente descendante continue dans la direction du vent qui accompagne le plus souvent la pluie.

3.21 La profondeur moyenne de la texture d'une nouvelle surface devrait être conçue pour procurer un drainage adéquat dans les conditions de pluie prévisibles. Macrotexture et microtexture devraient être prises en compte pour procurer de bonnes caractéristiques de frottement de surface. Cela pourrait nécessiter certaines mesures spéciales.

3.22 La capacité de drainage peut, en outre, être renforcée par des mesures spéciales, comme le rainurage ou une couche de frottement poreuse (PFC), qui entraîne initialement l'eau vers des vides d'une couche d'usure spécialement traitée.

3.23 Il faut bien comprendre qu'un traitement spécial de la surface ne peut pas remplacer une bonne construction et un bon entretien des pistes. Un traitement spécial est certainement l'un des aspects à envisager lorsqu'on doit décider de la méthode la plus efficace pour améliorer les caractéristiques de frottement à l'état mouillé d'une surface existante, mais il y a aussi d'autres aspects à prendre en compte (drainage, matériau de surface, pente).

3.24 S'il y a des raisons de croire que les caractéristiques de drainage d'une piste ou d'une partie de piste sont mauvaises à cause de la pente ou de dépressions dans sa surface, alors les caractéristiques de frottement de la surface de la piste devraient être évaluées dans des conditions naturelles ou simulées qui soient représentatives de la pluviosité locale. Des mesures d'entretien correctives devraient au besoin être prises pour améliorer le drainage.

Caractéristiques de drainage de l'aire de mouvement et des aires adjacentes

3.25 Un drainage rapide de l'eau de surface est une considération primordiale de sécurité pour la conception, la construction et l'entretien des chaussées et des aires adjacentes. Sa fonction est de minimiser la profondeur de l'eau sur la surface, en particulier sur la trajectoire des roues. Il s'agit de faire en sorte que l'eau s'écoule de la piste par le plus court chemin possible et particulièrement en dehors de la trajectoire des roues. Cet écoulement se fait par deux processus distincts :

- a) le drainage naturel de l'eau de surface depuis le point haut de la surface de la chaussée ;
- b) le drainage dynamique de l'eau de surface emprisonnée sous un pneu en mouvement jusqu'à ce qu'elle s'échappe de la zone de contact entre pneu et sol.

3.26 Ces deux processus peuvent être maîtrisés au niveau :

- a) de la conception,
- b) de la construction,
- c) et de l'entretien

des chaussées, de manière à éviter l'accumulation d'eau sur la surface.

Conception et entretien des chaussées sur le plan du drainage

3.27 Le drainage naturel est favorisé par la présence de pentes sur les différentes parties de l'aire de mouvement, permettant à l'eau de surface de s'écouler de la chaussée vers la zone réceptrice, comme eau de surface ou par un système de drainage sous la surface. La pente longitudinale et transversale combinée qui en résulte est le chemin de l'écoulement du drainage naturel. On peut raccourcir ce trajet en pratiquant des rainures transversales.

3.28 Le drainage dynamique s'obtient au moyen de la texture dans la surface de chaussée. Le pneu en rotation accroît la pression de l'eau et force l'eau à s'échapper par les interstices de la texture. Le drainage dynamique de la zone de contact entre pneu et sol peut aussi être favorisé par des rainures transversales.

3.29 Les caractéristiques de drainage d'une surface dépendent des propriétés de la chaussée. Ces caractéristiques de surface sont :

- a) la pente ;
- b) la texture, qui combine microtexture et macrotexture.

Pente

3.30 Un drainage de surface adéquat s'obtient principalement par une pente appropriée dans les deux sens, longitudinalement et transversalement, et par la régularité de la surface. La pente maximale permise pour les diverses classes de pistes et les différentes parties de l'aire de mouvement est spécifiée dans l'Annexe 14 — *Aérodromes*, Volume I — *Conception et exploitation technique des aérodromes*. D'autres directives sont données dans le Doc 9157, Partie 1 — *Pistes* et Partie 3 — *Chaussées*.

Macrotecture (drainage)

3.31 L'objectif est d'atteindre des débits élevés d'expulsion de l'eau sous le pneu, avec un minimum d'augmentation de la pression dynamique, et cela ne peut se faire qu'avec une surface ayant une macrotecture ouverte.

3.32 Le drainage interfacial est un phénomène dynamique qui dépend essentiellement du carré de la vitesse de la roue. Par conséquent, la macrotecture est particulièrement importante pour l'obtention d'un frottement adéquat dans la plage de grandes vitesses. Sous l'angle opérationnel, cet aspect est particulièrement important parce que c'est dans cette plage de vitesses que le manque de frottement adéquat est le plus critique du point de vue de la distance d'arrêt et de la maîtrise de la direction.

3.33 Dans ce contexte, il est intéressant de faire une comparaison entre les textures de la construction des routes et celles des pistes. Les textures plus lisses des surfaces routières peuvent réaliser un drainage adéquat de l'empreinte d'un pneu d'automobile à cause des sculptures des pneus, qui contribuent grandement au drainage interfacial. Les pneus d'aéronefs ne peuvent pas être produits avec des sculptures similaires et n'ont qu'un certain nombre de rainures circonférentielles qui sont nettement moins efficaces du point de vue du drainage interfacial. De plus, leur efficacité diminue relativement vite avec l'usure du pneu.

3.34 L'Annexe 14, Volume I, recommande une macrotecture d'au moins 1 mm de MTD. Par coïncidence, il se trouve que cette rugosité est compatible avec la profondeur de texture de la surface dans le barème ESDU qui est utilisé pour déterminer les données de performances certifiées sur une surface de frottement mouillée, rainurée ou poreuse.

Microtexture (drainage)

3.35 Le drainage interfacial entre les agrégats et le pneu dépend de la texture fine de la surface. Aux faibles vitesses, l'eau peut s'échapper lorsque le pneu vient en contact avec la chaussée. Les agrégats sujets au polissage peuvent diminuer cette microtexture.

3.36 Le choix d'agrégats concassés pouvant procurer une microtexture rugueuse et résistante au polissage est donc extrêmement important.

Pluie

3.37 La pluie dépose sur la piste une humidité qui aura des effets sur les performances des aéronefs. Des données d'essais en vol montrent que même de petites quantités d'eau peuvent avoir un effet significatif sur les performances des aéronefs ; des pistes mouillées peuvent réduire sensiblement l'efficacité du freinage par rapport à celle d'une piste propre et sèche.

3.38 Sur une surface de piste lisse, la pluie a plus d'effet sur les performances des aéronefs que sur une surface de piste ayant une bonne macrotecture. Si la surface de piste assure un bon drainage, la pluie a moins d'effet sur les performances des aéronefs. Les pistes rainurées et les pistes à surface poreuse appartiennent à cette catégorie ; toutefois, il arrive un moment où les capacités de drainage de toute piste exposée à des pluies fortes ou torrentielles sont dépassées par la quantité d'eau.

3.39 Si la pluie est assez forte, l'eau envahit toute la profondeur de la texture. Il se forme alors des flaques d'eau stagnante, ce qui conduit à des situations aussi dangereuses que sur les pistes lisses. En présence de telles pluies, on ne peut plus compter sur des performances améliorées. Par exemple, une piste rainurée ou à couche poreuse soumise à une pluie torrentielle pourrait s'avérer plus dangereuse qu'une piste ordinaire lisse et mouillée.

État des recherches

3.40 Des recherches sont actuellement en cours pour tenter d'établir une relation entre l'intensité de la pluie, la texture et la capacité de drainage. Une telle relation serait importante lorsqu'il s'agit de déterminer les intensités de pluie critiques en fonction des caractéristiques de texture et de drainage de la piste. On pourrait, par exemple, établir une valeur limite au-delà de laquelle une surface mouillée résistante au dérapage ne pourrait plus donner droit à un crédit de performances ou présenterait un risque d'aquaplanage. Les pistes pourraient alors être classées sur la base de leurs différentes caractéristiques de drainage.

3.41 Diverses études ont été menées au cours des dernières décennies pour tenter de faire le lien entre l'intensité de la pluie et les caractéristiques de la piste avec la profondeur d'eau sur la piste. La profondeur d'eau sur la piste détermine les données de performances des aéronefs à utiliser par l'équipage selon les conditions météorologiques : performances standard sur piste mouillée ou performances réduites sur eau stagnante. Il semble que la modélisation en fonction de la profondeur d'eau soit actuellement la seule méthode rapidement utilisable pour prévenir l'équipage de la quantité d'eau présente sur une piste. Des paramètres de conception de pistes, notamment la profondeur de la texture, sont un indicateur clé de la profondeur de l'eau en fonction de l'intensité de la pluie. L'intensité de la pluie elle-même peut être établie à partir des données de radar météo ou des appareils de mesure à diffusion frontale. Les radars météo peuvent donner un avertissement en temps opportun, alors que les diffusomètres à diffusion frontale pourront éventuellement fournir une indication de l'intensité réelle de la pluie sur chaque tiers de la piste. Ce sont cependant des sujets qui nécessiteront une étude plus approfondie.

Pratiques d'information

3.42 En dehors des opérations en période hivernale, l'état de la surface d'une piste est décrit par les qualificatifs SÈCHE, MOUILLÉE ou EAU STAGNANTE associés à un code RWYCC. De plus, un avis aux aviateurs/aviatrices (NOTAM) sera émis chaque fois qu'une partie importante de la piste tombe en dessous du seuil de frottement minimal décidé ou accepté par l'État.

3.43 La communication d'une situation de piste inondée est difficile parce qu'il n'y a pas de méthode de détermination précise, fiable et rapide de la profondeur d'eau sur une piste. Des situations de pistes inondées ont contribué à plusieurs accidents dans le monde. Bien entendu, la fréquence des situations de pistes inondées est plus élevée dans les régions qui connaissent des pluies torrentielles, mais aussi pour les pistes qui ont une macrotecture à faible relief.

3.44 Il n'y a pas de tableau internationalement accepté qui fait le lien avec les termes utilisés par l'Organisation météorologique mondiale (OMM) pour associer le niveau d'intensité des précipitations aux performances des avions. Pour établir une telle relation, il faudrait aussi tenir compte de la capacité de drainage du revêtement de la piste.

CONSTRUCTION

Sélection des agrégats et méthodes d'amélioration de la surface

3.45 *Agrégats broyés*. Les agrégats broyés produisent une bonne microtexture, qui est essentielle pour obtenir de bonnes caractéristiques de frottement.

3.46 *Béton de ciment Portland (PCC)*. Les caractéristiques de frottement du PCC sont obtenues par un texturage transversal de la surface du béton en construction, dans l'état physique plastique, pour produire les finitions suivantes :

- a) brosse ou balai ;
- b) frottage avec une toile de jute ;
- c) rainurage par dents de scie.

3.47 Dans le cas des chaussées existantes (ou de nouvelles chaussées durcies au fer) c'est la technique par dents de scie qui est typiquement utilisée.

3.48 Les deux premières techniques produisent une texture de surface rugueuse, alors que la technique de rainurage par dents de scie procure une bonne capacité de drainage de surface.

3.49 *Asphalte mélangé à chaud (HMA)*. Le béton bitumineux doit avoir une bonne étanchéité avec une haute performance structurale. La spécification du mélange dépend de différents facteurs, par exemple lignes directrices locales, type et fonction des surfaces, type et intensité du trafic, matières premières et climat.

3.50 Avec une sélection d'agrégats broyés de forme satisfaisante et un mélange d'asphalte de qualité adéquate, combinés à des caractéristiques mécaniques normales (par exemple adhésion entre liant et agrégats, rigidité, résistance aux déformations permanentes, résistance à la fatigue et à l'apparition de fissures, résistance à l'abrasion), la macrotexture résultante atteindra normalement 0,7 à 0,8 mm avec un agrégat de calibre 11 à 14 mm.

3.51 *Rainurage et couche de frottement poreuse (PFC)*. Deux méthodes qui ont exercé une influence notable sur l'amélioration des caractéristiques de frottement de chaussées de piste sont le rainurage et la surface délayée d'asphalte mélangé à chaud (HMA) appelée couche de frottement poreuse (PFC).

3.52 Des orientations complémentaires sur le rainurage des chaussées et l'utilisation d'une PFC figurent dans le Doc 9157, Partie 3.

Rainurage

3.53 Le rainurage d'une surface de piste a pour principal objet d'améliorer le drainage de surface et le drainage interfacial entre pneu et sol. Le drainage naturel peut être ralenti par la texture de surface, mais on peut l'améliorer par le rainurage, qui crée un trajet de drainage plus court et un écoulement plus rapide. Le rainurage ajoute à la texture dans l'interface entre pneu et sol et procure des voies d'écoulement pour le drainage dynamique.

3.54 Les premières pistes rainurées sont apparues sur des aérodromes militaires au Royaume-Uni (milieu des années 1950). Les États-Unis ont ensuite établi une piste de recherche élaborée par la National Aeronautics and Space Administration (NASA) (1964 et 1966). Les premiers aérodromes civils avec pistes rainurées furent Manchester au Royaume-Uni (1961) et John F. Kennedy aux États-Unis (1967). Dix ans plus tard (1977), environ 160 pistes avaient été rainurées dans le monde. Les recherches menées dans ces premières années sont le fondement des informations qui

figurent dans le Doc 9157, Partie 3. Des rapports sur ces recherches sont accessibles sur le site NASA Technical Report Server (NTRS).

3.55 Le rainurage des pistes a été reconnu comme étant un traitement de surface efficace pour réduire le danger d'aquaplanage pour un aéronef qui atterrit sur une piste mouillée. Les rainures assurent un bon écoulement de l'eau dans la zone de contact entre pneu et sol durant le passage du pneu sur la piste. Le rainurage peut être utilisé sur des surfaces PCC et HMA conçues pour les pistes.

3.56 De plus, les flaques isolées, qui risquent de se former sur des surfaces non rainurées à cause du profil inégal de la surface, sont généralement réduites ou éliminées lorsque la surface est rainurée. Cet avantage est particulièrement significatif dans les régions où de fortes variations de température ambiante peuvent causer de légères ondulations de la surface de la piste.

3.57 *Méthodes de construction.* Les rainures sont produites par des lames de scie rotatives à dents diamantées. La qualité des rainures produites peut varier d'un opérateur à un autre.

3.58 *Tolérances.* Pour qu'une surface de piste rainurée et mouillée soit prise en compte pour des performances d'aéronef, il faut que les rainures produites par les dents de scie respectent des tolérances fixées par l'État en ce qui concerne l'alignement, la profondeur, la largeur et l'espacement de centre à centre.

3.59 *Nettoyage.* L'enlèvement des débris doit être continu durant l'exécution d'un rainurage. Tous les débris, déchets et sous-produits générés par l'exécution du rainurage doivent être enlevés de l'aire de mouvement et évacués d'une façon approuvée en conformité des règlements locaux et nationaux.

3.60 *Entretien.* Il faut qu'un système soit établi pour garantir l'objectif fonctionnel de tenir les rainures propres (enlèvement du caoutchouc) et pour empêcher que les rainures se brisent, ou les réparer.

3.61 La macrotexture de la surface de la piste peut être efficacement augmentée par rainurage, et cela s'applique aux surfaces d'asphalte et de béton. La macrotexture de l'asphalte sans rainures, aplani de façon continue, est typiquement de l'ordre de 0,5 à 0,8 mm et un peu plus élevée dans le cas de l'asphalte à gros granulats (SMA). En service, le trafic use les rainures, ce qui a un effet de réduction de la macrotexture au fil du temps. Différents États utilisent différentes géométries de rainurage, le Tableau 3-1 en donne quelques exemples, avec les effets du rainurage sur la macrotexture pour des rainures neuves et usées. L'asphalte poreux et les surfaces spécialement traitées pour le frottement ont normalement une macrotexture avec plus de relief et n'ont pas besoin d'être rainurés.

Tableau 3-1. Géométrie de rainures

État	État	Géométrie de la rainure			Macrotexture (mm)	
		Largeur (mm)	Profondeur (mm)	Espacement centre-centre (mm)	Asphalte	
					Non rainuré	Rainuré
Australie	Neuf	6	6	38	0,65	1,49
Norvège	Neuf	6	6	125	0,7–1,6	0,95–1,81
Royaume-Uni	Neuf	4	4	25	0,65	1,19
États-Unis	Mi-usé	6	3	38		1,02

3.62 Les effets du rainurage sur la macrotexture peuvent se calculer pour toute géométrie de rainurage et de macrotexture de surface au moyen de la formule ci-après, qui s'applique à des rainures de section rectangulaire ou carrée :

$$Mg = \frac{WD + M_u(S - W)}{S}$$

dans laquelle : Mg = macrotexture rainurée ;

W = largeur des rainures ;

D = profondeur des rainures ;

M_u = macrotexture non rainurée ;

S = espacement des rainures.

Exemple d'un aéroport du Royaume-Uni

Des rainures de 3 mm de profondeur et de largeur, avec un espacement de 25 mm et une macrotexture non rainurée de 0,64 mm, produiront une macrotexture rainurée de :

$$(3 \times 3 + 0,64 \times (25 - 3)) / 25 = 0,92 \text{ mm.}$$

3.63 En service, les rainures s'usent à cause du trafic et se remplissent en partie de caoutchouc dans les zones de toucher des roues. Bien que cette usure et ces débris ne touchent qu'une partie de la piste, que la texture moyenne demeure déterminée surtout par les rainures non usées et libres de débris sur le reste de la piste, on cherche habituellement à obtenir une macrotexture d'un peu plus de 1,0 mm au cours de la construction.

3.64 L'angle et la taille des rainures varient selon les aéroports et les autorités (comme on le voit pour des États dans le Tableau 3-1 et pour un aéroport dans l'exemple ci-dessus), et l'effet net qui en résulte sur la texture de l'asphalte rainuré est démontré. Cela indique que le rainurage ajoute un relief avantageux à la texture de piste sur les aéroports qui utilisent les rainures plus profondes.

3.65 Le rainurage a ses limites. Il ne règle pas entièrement les problèmes d'eau stagnante à cause des ornières et des flaques qui se forment sur les pistes (courantes sur les pistes vétustes), d'eau stagnante profonde due aux fortes précipitations et d'eau stagnante due au comblement des rainures et de la texture par l'accumulation de caoutchouc. Malgré tout, le rainurage a un effet notable sur l'adhérence à la chaussée d'une piste mouillée lorsque la profondeur d'eau augmente sur la piste.

3.66 Comme suite à ce qui précède, une meilleure macrotexture de la surface d'une piste permet de réduire la tendance au dérapage lors de fortes précipitations (voir la Figure 3-2). Cette constatation est importante car elle met en relief la spécification de l'OACI qui concerne à la fois les caractéristiques de frottement de surface et le drainage. Comme le montre la Figure 3-2, à mesure que la vitesse augmente, l'adhérence diminue sur une piste mouillée. Le rainurage compense cet effet en ajoutant une macrotexture, comme l'indique l'écart entre les tracés des surfaces rugueuses et lisses.

3.67 Comme alternative du rainurage, une couche de frottement poreuse (PFC) a été conçue au Royaume-Uni en 1959. La première « couche de frottement » sur une piste a été posée en 1962. Elle était délibérément conçue non seulement pour améliorer la résistance au dérapage mais aussi pour réduire l'incidence de l'aquaplanage en utilisant un matériau très poreux pour permettre une pénétration rapide de l'eau depuis la surface de la chaussée directement vers

l'asphalte imperméable sous-jacent. Ce mélange d'asphalte est conçu pour avoir des interstices structuraux (20 à 25 %) permettant un drainage naturel ou dynamique à l'interface pneu-piste.

3.68 Il y a deux difficultés principales en relation avec la résistance au dérapage de la chaussée, qui peuvent se manifester lorsque la piste est revêtue d'une couche poreuse :

- a) les dépôts de caoutchouc, qui doivent être surveillés et enlevés avant d'obstruer les vides structuraux. L'efficacité fonctionnelle de la couche poreuse devient nulle si l'enlèvement n'est pas effectué à temps ;
- b) les contaminants, qui peuvent aussi boucher les interstices et réduire l'efficacité du drainage.

ENTRETIEN DE LA PISTE

3.69 Un programme d'entretien approprié devrait viser à maintenir un drainage efficace, à éliminer les dépôts de caoutchouc et à évacuer les contaminants (autres qu'hivernaux) des pistes.

3.70 La surveillance des tendances des caractéristiques de frottement de surface est abordée dans l'Annexe 14, Volume I, et dans les PANS-Aérodromes (Doc 9981). La Figure 3-3 présente un concept de surveillance des tendances pour les caractéristiques de frottement de la surface des pistes.

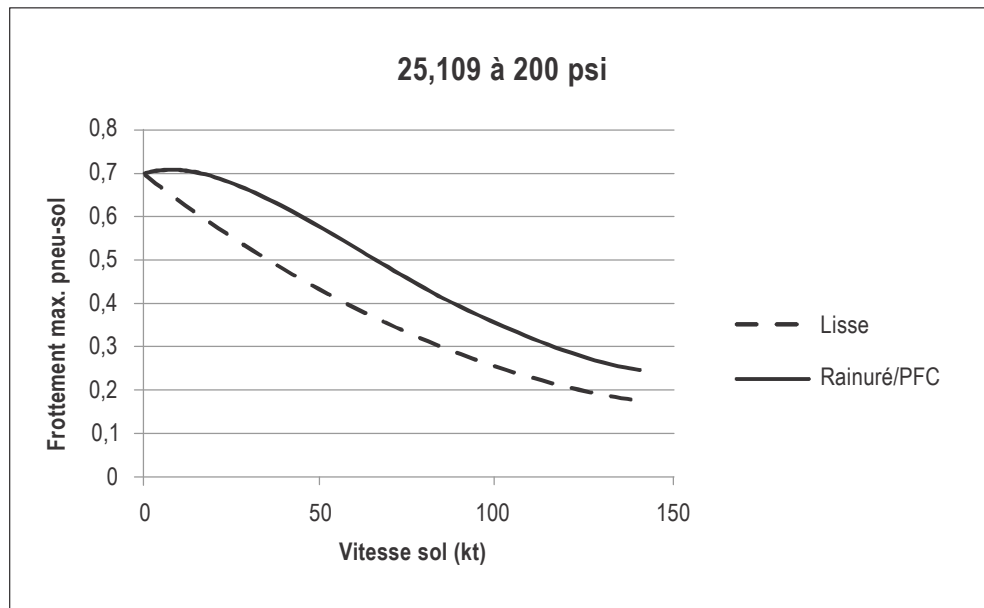


Figure 3-2. Effet de la macrotecture et du drainage complémentaire sur le frottement limite des pneus sur le sol

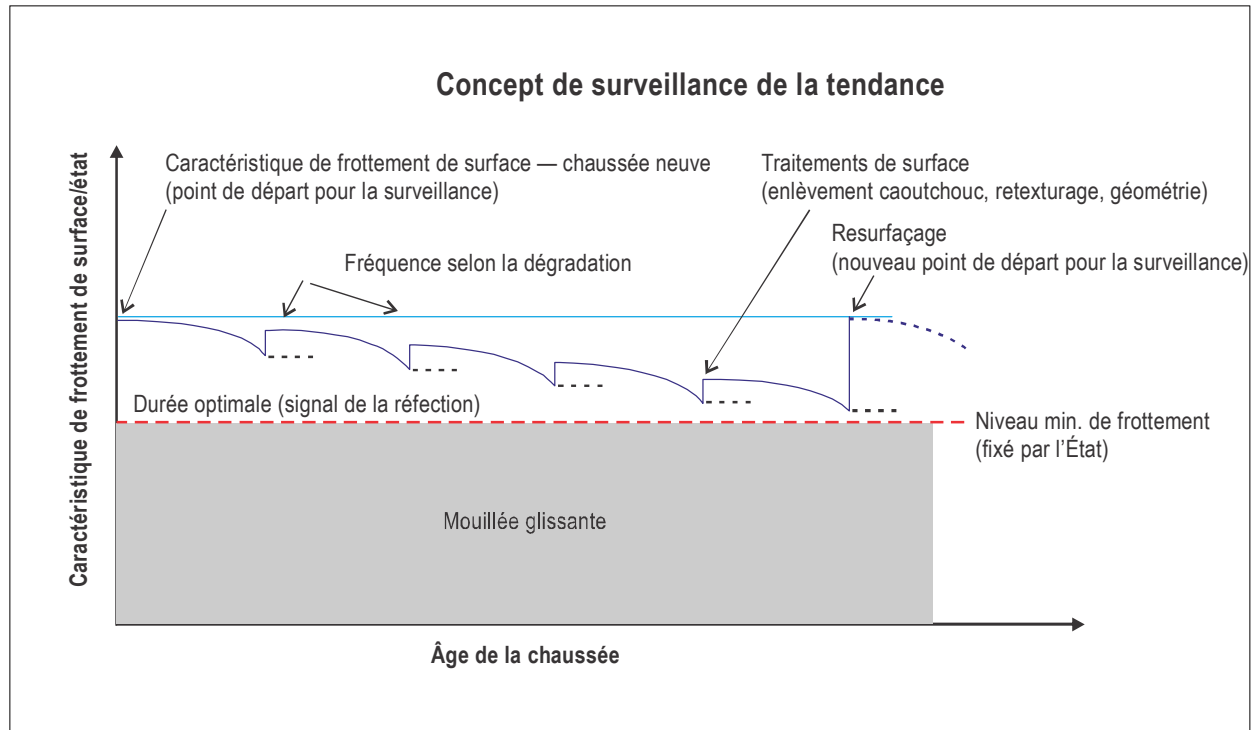


Figure 3-3. Concept de surveillance des tendances (Source : Doc 9157, Partie 3)

3.71 L'objectif est de s'assurer que les caractéristiques de frottement de surface pour l'ensemble de la piste respectent ou dépassent le niveau minimum spécifié par l'État.

3.72 La tendance à la dégradation des caractéristiques de frottement de la surface d'une chaussée est surveillée conformément aux critères précisés par l'État. Cette dégradation est généralement causée par :

- a) les dépôts de caoutchouc, qui peuvent être gérés par un programme d'enlèvement du caoutchouc ;
- b) le polissage de la surface, qui peut être géré en surveillant la perte de relief et en appliquant périodiquement un programme de retexturation ou de resurfaçage ;
- c) un drainage insuffisant, qui peut être géré par la surveillance des changements de géométrie et de l'obstruction des canaux de drainage, ainsi que par un programme de remodelage.

3.73 Le concept de surveillance des tendances est décrit dans la partie 3 du Doc 9157 et est utilisé pour s'assurer que, malgré la dégradation, les caractéristiques de frottement de surface restent au-dessus du niveau de frottement minimal spécifié par l'État.

3.74 Lors de la construction de nouvelles pistes ou du resurfaçage de pistes existantes, la réalisation de surfaces avec des pentes adéquates et un agrégat de fragments anguleux (gravier ou pierre concassée pour avoir une texture aiguë) sera essentielle pour obtenir des caractéristiques de frottement de surface assurant un bon freinage dans des conditions humides. Les caractéristiques de frottement de surface d'une piste neuve ou nouvellement revêtue établissent le point de référence normal pour la surveillance des tendances ; toutefois, on peut aussi commencer la surveillance des tendances à n'importe quel point de la durée de vie d'une chaussée.

3.75 Les critères établis par l'État pour les caractéristiques de frottement de surface et les résultats des méthodes d'évaluation établies ou acceptées par l'État constituent la référence pour l'exécution et l'évaluation de suivi de tendance. Cette référence devrait assurer le respect des forces de frottement de la surface de la piste que la réglementation sur la certification des avions suppose être disponibles sur chaussée mouillée.

3.76 La détermination qu'une piste ou une partie de piste est glissante à l'état mouillé fait appel à diverses méthodes utilisées individuellement ou en combinaison. Les critères précisés par l'État peuvent comprendre des méthodes d'évaluation de l'état de la surface de piste décrites dans les PANS-Aérodromes (Doc 9981). De plus, des pistes ou des portions de piste non conformes aux normes peuvent être identifiées à partir des comptes rendus répétés des exploitants d'avions basés sur l'expérience de leurs équipages ou par l'analyse des performances d'arrêt des avions. La réception de tels comptes rendus constitue une indication que les caractéristiques de frottement de surface sont sans doute sérieusement dégradées et que des mesures correctives immédiates sont nécessaires.

Enlèvement du caoutchouc

3.77 Les dépôts de caoutchouc doivent être enlevés principalement pour rétablir les caractéristiques de frottement inhérentes et aussi pour rétablir la visibilité des marques peintes sur la piste. Chaque atterrissage dépose du caoutchouc et, au fil du temps, les débris de caoutchouc s'accumulent, surtout dans les zones de toucher des roues et de freinage. Il en résulte que le relief de la texture s'atténue progressivement et que les marques peintes deviennent moins visibles.

3.78 Il y a quatre méthodes d'enlèvement du caoutchouc sur les pistes :

- a) projection d'eau ;
- b) élimination chimique ;
- c) grenailage ;
- d) moyens mécaniques.

3.79 Aucune méthode particulière d'enlèvement n'est supérieure à toute autre ou pour tel ou tel type de chaussée. Plusieurs méthodes peuvent être combinées. La méthode chimique peut servir à prétraiter ou à ramollir les dépôts de caoutchouc avant la projection d'eau. On trouvera des directives supplémentaires sur l'enlèvement du caoutchouc et des autres contaminants de surface dans le Doc 9137, 2^e Partie — *État de la surface des chaussées*, et 9^e Partie — *Maintenance*.

3.80 *Endommagement des surfaces et des installations.* Un souci lors de l'enlèvement du caoutchouc est le risque d'endommager la surface sous-jacente. Les opérateurs expérimentés qui connaissent bien leur équipement sont capables d'enlever juste les dépôts de caoutchouc sans dommages pour la surface. Un opérateur moins expérimenté ou moins diligent utilisant le même équipement peut gravement endommager la surface, les rainures, les matières de scellement de joints et des éléments auxiliaires, comme les marques peintes et les feux de piste, simplement en s'attardant trop longuement sur une zone ou en ne maintenant pas une vitesse d'avancement continue.

3.81 La plupart des dommages semblent être causés par la projection d'eau à haute pression, de sorte qu'il ne faut faire affaire qu'avec des opérateurs expérimentés. C'est l'élimination chimique qui semble causer le moins de dommages.

3.82 *Retexturation.* L'enlèvement de caoutchouc par grenailage peut être avantageux, car il permet de retexturer une surface de chaussée polie.

3.83 Un rapport du Transportation Research Board des États-Unis² fait la synthèse de l'information actuellement disponible sur l'enlèvement du caoutchouc de piste, y compris les effets de chaque méthode d'enlèvement sur le rainurage de piste, les surfaces de revêtement et les accessoires normalement présents sur une piste d'aérodrome. Certains considèrent ce domaine comme étant plus un art qu'une science. Le rapport vise donc à identifier les facteurs qui peuvent être contrôlés par l'ingénieur qui élabore le programme d'enlèvement du caoutchouc de la piste. La synthèse identifie différentes approches, différents modèles et des pratiques communément utilisées, en reconnaissant les différences entre les diverses techniques d'enlèvement du caoutchouc.

RÉSISTANCE AU DÉRAPAGE

Perte de résistance au dérapage

3.84 Les facteurs qui entraînent une perte de résistance au dérapage peuvent être groupés en deux catégories :

- a) l'usure mécanique et le polissage causés par le roulement de pneus, le freinage des aéronefs ou les équipements utilisés pour l'entretien ;
- b) l'accumulation de contaminants.

3.85 Ces deux catégories sont directement en rapport avec les deux caractéristiques physiques de frottement des chaussées de pistes qui génèrent le frottement lorsqu'elles sont en contact et en mouvement relatif avec le pneu d'aéronef :

- a) la microtexture ;
- b) la macrotexture.

Microtexture (résistance au dérapage)

3.86 La microtexture peut disparaître sous l'effet de l'usure mécanique de l'agrégat. La susceptibilité à l'usure mécanique des agrégats dans la chaussée est une qualité intrinsèque habituellement appelée valeur de pierre polie (PSV). La PSV est un indice de la résistance de l'agrégat au polissage sous un trafic simulé et permet de déterminer si un agrégat convient alors que le besoin de résistance au dérapage peut varier.

3.87 Le test de PSV consiste à soumettre un échantillon de particules d'agrégat de dimensions similaires à un degré de polissage normalisé, puis à mesurer la résistance au dérapage de l'échantillon poli. Après le polissage normalisé, les spécimens sont aspergés d'eau et leur résistance au dérapage est testée au moyen d'un pendule. Ainsi, la valeur de PSV est en fait une mesure du frottement conformément à des normes internationales (ASTM D 3319, ASTM E 303, CEN EN 1097-8).

3.88 La microtexture disparaît progressivement sous l'effet de l'usure et du polissage.

2. Airport Cooperative Research Programme, *Impact of Airport Rubber Removal Techniques on Runways. A Synthesis of Airport Practice*, ACRP Synthesis 11, Transportation Research Board of the National Academies, 2008.

Macrotexture (résistance au dérapage)

3.89 Comme la macrotexture influe sur les caractéristiques de freinage à grande vitesse, c'est elle qui présente le plus grand intérêt lorsqu'on examine les caractéristiques de frottement d'une piste mouillée. En termes simples, une surface de macrotexture rugueuse pourra, si elle est mouillée, produire plus de frottement entre pneu et sol qu'une surface de macrotexture plus lisse. Les surfaces sont normalement réalisées avec une macrotexture suffisante pour assurer un bon drainage de l'eau présente dans l'interface pneu-chaussée.

3.90 En vertu des Federal Aviation Regulations (FAR) 25 (1998) et de la Spécification de certification CS-25 (2000), deux niveaux de performances de freinage d'avion sont définis : un pour les chaussées mouillées à surface lisse et un pour les chaussées mouillées à surfaces rainurées ou poreuses. L'hypothèse de base de ces niveaux de performances est que le pneu de l'aéronef ait 2 mm de profondeur restante de rainures.

3.91 Pour améliorer la sécurité, il est préférable d'élaborer des programmes de restauration de la texture de surface et du drainage des pistes.

3.92 La macrotexture perd du relief et disparaît à mesure que les interstices de l'agrégat se remplissent de contaminants. Il peut s'agir d'une situation passagère, comme dans le cas de neige et de glace, ou d'une situation persistante, comme l'accumulation de résidus de caoutchouc.

Traitement de surface

3.93 On peut améliorer la résistance au dérapage de la surface des chaussées en répandant des granulats concassés de haute qualité et un liant polymère modifié pour une meilleure adhésion des granulats à la surface et pour réduire au minimum les pertes de granulats. La taille des agrégats est limitée à 5 mm. Néanmoins, ce type de chaussée à texture de grande profondeur peut endommager les pneus d'avion avec une usure accélérée. L'application de ces techniques ne peut être envisagée que sur des chaussées qui présentent de bonnes caractéristiques de structure et de surface.

3.94 On trouvera des indications plus détaillées sur les méthodes d'amélioration de la texture de surface des pistes dans le Doc 9157, Partie 3.

Chapitre 4

ÉVALUATION ET COMMUNICATION DE L'ÉTAT DES SURFACES DE PISTES

RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX ET COMPRÉHENSION CONCEPTUELLE DE LA MISE EN ŒUVRE

4.1 On considère que les performances des avions sont affectées lorsque tout contaminant hydrique couvre plus de 25 % d'un tiers de piste. L'objectif des procédures d'évaluation et de compte rendu est d'informer les exploitants d'aéronefs d'une manière compatible avec l'effet sur les performances de l'état de la surface des pistes qui sont affectées par toute contamination résiduelle.

4.2 L'intention du rapport sur l'état des pistes (RCR) est d'établir un langage commun à tous les acteurs du système basé sur l'effet que l'état de la surface de piste pourra avoir sur les performances de l'avion. Il est donc essentiel que tous les membres de la chaîne d'information, de l'origine des données aux utilisateurs finaux, aient reçu une formation adéquate. L'Appendice H du présent document donne un aperçu de la formation nécessaire pour le personnel de l'aérodrome.

4.3 Il est important que le personnel de l'aérodrome fasse de son mieux pour communiquer avec précision l'état de la surface de piste, plutôt que d'en faire une évaluation systématiquement conservatrice. Il est cependant recommandé de faire preuve de prudence dans l'évaluation des observations par rapport à des critères comme une profondeur d'eau de 3 mm ou une couverture de 25 %, mais pas pour le code RWYCC. La notion de « conservatisme » est différente du « déclassement » motivé par d'autres observations ou des connaissances locales. On demande aux équipages de conduite d'envisager les pires conditions de surface de piste acceptables pour la manœuvre prévue. Il s'agit d'une mesure de protection supplémentaire contre un jugement trop laxiste des conditions (manque de prudence).

4.4 Les constructeurs ont déterminé que les variations de la nature et de la profondeur des contaminants, et de la température de l'air, pouvaient se traduire par des variations spécifiques des performances de freinage des avions. Par conséquent, il a été possible de prendre en compte les données des avionneurs à l'égard de contaminants précis pour créer la matrice d'évaluation de l'état des pistes (RCAM) à l'intention des exploitants d'aérodrome.

BESOIN D'INFORMATIONS OPÉRATIONNELLES

4.5 Pour la sécurité du pilotage de l'avion, l'équipage de conduite a besoin de renseignements précis sur l'état de la surface de piste, qui lui sont communiqués au moyen de NOTAM (piste mouillée glissante) et de RCR.

4.6 L'introduction du RCR basé sur la RCAM et le code RWYCC, en conjonction avec les données de performance nouvelles ou existantes, permet d'établir un lien clair entre l'observation, la communication et la prise en compte de l'état de la surface de piste en matière de performances. Elle crée également de nouvelles possibilités d'erreurs, dont il est important d'être conscient. Le contenu de la formation peut être fondé sur l'information contenue dans cette circulaire, ainsi que d'autres sources.

4.7 Il incombe au personnel de l'aérodrome d'évaluer et de signaler l'état de la surface de piste pour déterminer les conditions de piste qui reflètent adéquatement l'état de la surface de piste qui doit servir à vérifier les performances au moment de l'arrivée. Il est important que le personnel de l'aérodrome comprenne bien l'utilisation opérationnelle du RWYCC par l'équipage de conduite pour l'évaluer et le communiquer correctement.

4.8 L'évaluation et la production de comptes rendus appropriés aboutissent à un code RWYCC qui est déterminé conformément à la classification indiquée dans la RCAM des PANS-Aérodromes (Doc 9981), Partie II, Chapitre 1 ; ce code peut ensuite être relevé ou abaissé conformément aux procédures décrites dans le chapitre en question. Ces procédures imposent au personnel de l'aérodrome d'utiliser toutes les autres observations à sa disposition pour ajuster le RWYCC par rapport au niveau qui est habituellement associé à un contaminant et à une profondeur.

4.9 Dans le cadre de ces procédures d'ajustement, le code RWYCC 1 ou 0 peut être relevé jusqu'à RWYCC 3.

4.10 Dans le cas d'un RWYCC 0 évalué par le personnel de l'aérodrome ou par un équipage de conduite faisant un compte rendu de pilote à l'effet que les conditions de freinage sur la piste étaient INFÉRIEURES À MÉDIOCRES, il faut envisager la suspension des opérations sur cette piste tant que des mesures correctives n'ont pas été prises pour améliorer l'état de la surface de piste jusqu'à un code RWYCC entre 1 et 3 signalé de façon appropriée. Si le contaminant en cause peut être complètement éliminé, les mesures correctives peuvent aboutir à un code RWYCC plus élevé.

4.11 Le RCR continue à donner des renseignements sur les types et la profondeur des contaminants pour déterminer les limites de performances au moment du décollage. Des données sur les performances au décollage sont fournies pour chaque type de contaminant hivernal et la plage de profondeurs admissibles des contaminants non solides. Le code RWYCC à lui seul ne suffit pas pour donner une indication « conservative » des effets de l'état de surface de la piste sur les performances de décollage d'un avion.

4.12 Le RCR contient tous les renseignements nécessaires pour déterminer l'état de la piste pour que l'équipage de conduite puisse évaluer les performances de l'avion. Cette information est nécessaire dans diverses phases du vol, particulièrement dans des conditions hivernales changeantes. L'équipage peut avoir besoin d'informations mises à jour tout au long du vol.

4.13 Les besoins opérationnels en matière d'information peuvent être classés comme suit :

- a) concernant les performances de l'avion ;
- b) pour étayer la conscience de la situation ;
- c) en cas d'évolution significative de la situation.

Note.— Le besoin d'information sur toute évolution importante de la situation coïncide avec la nécessité d'introduire de nouveaux renseignements dans le RCR.

4.14 Le Tableau 4-1 indique que l'information pertinente pour les performances de l'avion est nécessaire pour :

- a) la planification du vol ;
- b) la préparation du poste de pilotage en vue du départ ;
- c) la croisière (réassignation des fonctions de l'équipage, modification du plan de vol) ;
- d) la préparation en vue de l'approche.

4.15 L'information pertinente pour la conscience de la situation est nécessaire pour :

- a) la planification du vol ;
- b) la préparation du poste de pilotage en vue du départ ;
- c) la croisière ;
- d) la préparation de l'approche ;
- e) la descente ;
- f) l'approche ;
- g) le roulage à l'arrivée.

4.16 S'il y a eu des changements importants, ces renseignements peuvent être nécessaires pour :

- a) le roulage au départ ;
- b) l'alignement et le décollage ou l'approche interrompue ;
- c) la descente ;
- d) l'approche ;
- e) le roulage à l'arrivée.

4.17 Les renseignements contenus dans le RCR correspondent à des besoins opérationnels dans toutes les phases du vol, sauf la phase de montée et l'atterrissage lui-même. Par conséquent, pour que le personnel de l'aérodrome puisse surveiller et signaler l'état de la surface de piste, il est important de se concentrer sur l'identification et le signalement de tout changement significatif dès qu'il survient. Un changement significatif se définit donc comme une évolution de la situation nécessitant de nouveaux renseignements dans n'importe quelle rubrique du RCR.

Note.— La capacité de l'équipage de conduite à recevoir le RCR dans les diverses phases du vol dépend de la technologie dont il dispose et qui varie d'un exploitant à un autre.

LE CONCEPT DÉFINI

4.18 Les définitions des termes énumérés aux § 4.19 à 4.21 constituent la partie conceptuelle fondamentale du compte rendu et de la méthodologie d'évaluation de l'état de la surface de piste.

4.19 On compte *cinq éléments fondamentaux* :

- a) le rapport sur l'état des pistes (RCR) ;
- b) la matrice d'évaluation de l'état des pistes (RCAM) ;
- c) le code d'état de la piste (RWYCC) ;
- d) l'état de la surface de piste ;
- e) les descripteurs de l'état de la surface de piste.

Tableau 4-1. Importance des caractéristiques de frottement de surface en fonction de la phase du vol

	Planification du vol	Préparation du cockpit pour le départ	Roulage au départ	Alignement et décollage ou approche interrompue	Montée	Croisière	Préparation à l'approche	Descente	Approche	Atterrissage	Roulage à l'arrivée
CALCUL DES PERFORMANCES DE L'AVION											
Indicateur de localisation d'aérodrome	P CS	P CS				CS	P	NSC			
Date et heure de l'évaluation	P CS	P CS	NSC	NSC		CS	P	NSC	NSC		
Plus bas numéro de piste	P CS	P CS	NSC			CS	P	NSC	NSC		
RWYCC pour chaque tiers de piste	P CS	P	NSC	NSC		CS	P	NSC	NSC		
Pourcentage de la couverture de contaminants sur chaque tiers de piste	P	P	NSC	NSC		CS	P	NSC	NSC		
Profondeur de contaminants non solides sur chaque tiers de piste	P	P CS	NSC	NSC		CS	P	NSC	NSC		
Description de l'état de chaque tiers de piste	P	P CS	NSC	NSC		CS	P	NSC	NSC		
Largeur de la piste à laquelle le code RWYCC s'applique, si elle est inférieure à la largeur publiée	P CS	P	P			CS	P NSC	NSC	NSC		
CONSCIENCE DE LA SITUATION											
Longueur de piste réduite	P CS	P	NSC	NSC		CS	P	NSC	NSC		
Chasse-neige bas sur la piste							CS	CS	CS		
Sable libre sur la piste							CS	CS	CS		
Traitement chimique sur la piste											
Congères sur la piste		CS	CS				CS	CS	CS		
Congères sur les voies de circulation		CS	CS				CS				CS
Congères à proximité de la piste		CS	CS				CS	CS	CS		
État des voies de circulation		CS	NSC				CS NSC		NSC		NSC

	Planification du vol	Préparation du cockpit pour le départ	Roulage au départ	Alignement et décollage ou approche interrompue	Montée	Croisière	Préparation à l'approche	Descente	Approche	Atterrissage	Roulage à l'arrivée
État de l'aire de trafic		CS	CS				CS				CS
Utilisation du coefficient de frottement mesuré approuvée par l'État et publiée											
Remarques en texte clair											

Légende : P = Nécessaire pour les performances de l'avion
 CS = Nécessaire pour la conscience de la situation
 NSC = Nécessaire en cas de changement significatif

4.20 On distingue *quatre états de la surface de piste* :

- a) piste sèche ;
- b) piste mouillée ;
- c) piste mouillée glissante ;
- d) piste contaminée.

Note.— En raison de la difficulté de signaler à temps les fluctuations entre pistes humides et pistes mouillées, on considérera qu'une piste est mouillée pour le calcul des performances dès qu'elle porte une pellicule d'eau dont l'épaisseur va jusqu'à 3 mm.

4.21 Il existe *huit descripteurs de l'état de contamination de la surface de piste* :

- a) neige compactée ;
- b) neige sèche ;
- c) givre ;
- d) glace ;
- e) neige fondante ;
- f) eau stagnante ;
- g) glace mouillée ;
- h) neige mouillée.

4.22 Selon le *concept défini* ci-dessus, le RCR est une méthode validée qui remplace les jugements subjectifs par des évaluations objectives directement liées aux critères pertinents pour les performances de l'avion. Les constructeurs d'avions ont déterminé que ces critères entraînaient des différences particulières dans les performances de freinage des avions.

4.23 Ce qui précède appuie l'intégrité conceptuelle du format de compte rendu mondial de communication des résultats. Tout changement dans les définitions des éléments ci-dessus risque de compromettre l'intégrité du concept.

LA MATRICE D'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DES PISTES (RCAM)

4.24 La RCAM, illustrée au Tableau 4-2, est au cœur de ce concept.

Tableau 4-2. Matrice d'évaluation de l'état des pistes (RCAM)
(Source : PANS-Aérodromes [Doc 9981])

<i>MATRICE D'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DES PISTES (RCAM)</i>			
<i>Critères d'évaluation</i>		<i>Critères d'évaluation pour déclassement</i>	
<i>Code d'état de la piste</i>	<i>Description de la surface de la piste</i>	<i>Décélération de l'avion ou observation concernant la maîtrise de la direction</i>	<i>Compte rendu pilote – freinage sur la piste</i>
6	<ul style="list-style-type: none"> • SÈCHE 	---	---
5	<ul style="list-style-type: none"> • GIVRE • MOUILLÉE (La surface de la piste est recouverte de toute humidité ou de toute eau visible jusqu'à 3 mm de profondeur inclusivement.) <p>Jusqu'à 3 mm de profondeur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • NEIGE FONDANTE • NEIGE SÈCHE • NEIGE MOUILLÉE 	Décélération au freinage normale pour l'effort de freinage des roues ET maîtrise de la direction normale.	BON
4	<p>Température air extérieur < -15 °C :</p> <ul style="list-style-type: none"> • NEIGE COMPACTÉE 	Décélération au freinage OU maîtrise de la direction entre BONNE et MOYENNE.	BON À MOYEN

MATRICE D'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DES PISTES (RCAM)			
<i>Critères d'évaluation</i>		<i>Critères d'évaluation pour déclassement</i>	
<i>Code d'état de la piste</i>	<i>Description de la surface de la piste</i>	<i>Décélération de l'avion ou observation concernant la maîtrise de la direction</i>	<i>Compte rendu pilote – freinage sur la piste</i>
3	<ul style="list-style-type: none"> • MOUILLÉE (piste « glissante mouillée ») • NEIGE SÈCHE ou NEIGE MOUILLÉE (quelle que soit la profondeur) SUR UNE COUCHE DE NEIGE COMPACTÉE <p>Profondeur de plus de 3 mm :</p> <ul style="list-style-type: none"> • NEIGE SÈCHE • NEIGE MOUILLÉE <p>Température air extérieur > -15 °C¹:</p> <ul style="list-style-type: none"> • NEIGE COMPACTÉE 	Décélération au freinage sensiblement réduite pour l'effort de freinage des roues OU maîtrise de la direction sensiblement réduite.	MOYEN
	2	<p>Profondeur d'eau ou de neige fondante de plus de 3 mm :</p> <ul style="list-style-type: none"> • EAU STAGNANTE • NEIGE FONDANTE 	Décélération au freinage OU maîtrise de la direction entre MOYENNE et MÉDIOCRE.
1	<ul style="list-style-type: none"> • GLACE² 	Décélération au freinage sensiblement réduite pour l'effort de freinage des roues OU maîtrise de la direction sensiblement réduite.	MÉDIOCRE
0	<ul style="list-style-type: none"> • GLACE MOUILLÉE² • EAU SUR LE DESSUS DE LA NEIGE COMPACTÉE² • NEIGE SÈCHE ou NEIGE MOUILLÉE SUR UNE COUCHE DE GLACE² 	Décélération au freinage minimale à nulle pour l'effort de freinage des roues OU maîtrise de la direction incertaine.	INFÉRIEUR À MÉDIOCRE

1. La température de la surface de la piste devrait être utilisée de préférence lorsqu'elle est disponible.

2. L'exploitant de l'aérodrome peut attribuer un RWYCC plus élevé (mais pas plus que 3) pour chaque tiers de la piste, à condition de respecter la procédure des PANS-Aérodromes (Doc 9981), § 1.1.3.15.

4.25 La RCAM n'est pas un document autonome et ne doit pas être dissociée des procédures décrites dans les PANS-Aérodromes (Doc 9981).

4.26 L'inspection visuelle de la zone de mouvement pour évaluer l'état de la surface est la principale méthode pour déterminer le code RWYCC. Toutefois, une évaluation globale implique plus que ce code. Il est essentiel de surveiller continuellement l'évolution de la situation et des conditions météorologiques pour assurer la sécurité des opérations aériennes. Les autres renseignements qui pourraient influencer sur le résultat de l'évaluation comprennent la

température de l'air extérieur (OAT), la température de surface, le point de rosée, la vitesse et la direction du vent, le contrôle et la décélération du véhicule d'inspection, les comptes rendus des pilotes sur le freinage de piste, les lectures de frottement (instrument de mesure du frottement en continu ou décéléromètre), les prévisions météorologiques, etc. En raison de l'interaction entre ces facteurs, il n'est pas possible de définir une méthode déterministe précise pour savoir comment ils affectent le code RWYCC à communiquer.

4.27 Le personnel de l'aérodrome fait appel à son jugement et à son expérience pour déterminer la meilleure façon d'évaluer la situation.

4.28 La RCAM appuie la classification des conditions de la surface des pistes en fonction de leur effet sur les performances de freinage des avions à partir d'un ensemble de critères définis et quantifiés en fonction des meilleures connaissances de l'industrie, fondés sur des essais en vol spécialisés et l'expérience en service. Les seuils convenus auxquels un critère modifie la classification d'une condition de surface sont censés être raisonnablement prudents, sans être excessivement pessimistes.

4.29 Comme il est suggéré aux § 4.30 à 4.33 ci-dessous, il est important que le personnel de l'aérodrome surveille les conditions et les signale avec précision à l'approche des seuils.

4.30 *Pourcentage de la couverture de la contamination sur chaque tiers de piste.* Une piste est considérée comme contaminée si la couverture est supérieure au quart de la surface d'au moins un tiers de la piste. Il est important de se souvenir que, chaque fois qu'on évalue que la couverture est inférieure au seuil de 25 % de chaque tiers de piste, l'équipage de conduite devra prendre l'hypothèse de calcul d'une piste sèche (uniformément exempte d'humidité, d'eau et de contamination). Il a été démontré que dans des conditions de contamination juste inférieures au seuil de déclaration, mais concentrée à l'endroit le plus défavorable, l'hypothèse d'une piste sèche offre toujours des marges d'arrêt positives.

4.31 *Type de contaminant.* Différents contaminants affectent de différentes manières la zone de contact entre le pneu et la surface de la piste, où la force d'arrêt est générée. Une pellicule d'eau de n'importe quelle profondeur conduit à la séparation partielle (aquaplanage visqueux) ou totale (aquaplanage dynamique) du pneu de la surface. Plus la surface est petite, plus la force d'adhérence est faible et moins il y a de freinage. C'est pourquoi la force de freinage maximale diminue à une vitesse plus élevée et dépend de la profondeur des contaminants. D'autres contaminants liquides ont un effet semblable. Les contaminants durs comme la glace ou la neige compactée empêchent tout contact entre le pneu et la surface de la piste, et ce, à n'importe quelle vitesse, fournissant ainsi une nouvelle surface sur laquelle le pneu roule. Une classification déterministe de la performance d'arrêt ne peut être établie que pour les contaminants énumérés dans la RCAM. Pour les autres contaminants à prendre en compte (huile, boue, cendres, etc.), il y a une grande variance de l'effet sur les performances de l'avion, ou il n'y a pas suffisamment de données disponibles pour permettre une classification déterministe. Une exception est la contamination par le caoutchouc, pour laquelle les données en service indiquent qu'une hypothèse de code RWYCC 3 rétablit les marges habituelles. Les traitements de surface de piste avec du sable, du gravier ou des produits chimiques peuvent être très efficaces ou nuisibles selon les conditions d'application, et aucun crédit de performances ne peut être attribué pour un tel traitement sans vérification et validation.

4.32 *Profondeur de la contamination.* L'industrie reconnaît que le seuil pour l'effet de la profondeur des contaminants liquides sur la performance de l'avion est de 3 mm. Au-dessous de ce seuil, tout type de contaminant liquide peut être retiré de la zone de contact pneu/piste par drainage forcé ou en comprimant le contaminant dans la macrorugosité de la surface, ce qui permet une adhérence entre le pneu et la surface, bien qu'elle soit inférieure à la surface de l'empreinte complète. C'est pourquoi des profondeurs de contamination allant jusqu'à 3 mm devraient fournir des performances d'arrêt similaires à celles d'une piste mouillée. Les effets physiques à l'origine de la réduction des forces de frottement commencent à se manifester à partir d'une très petite épaisseur de pellicule, ce qui explique pourquoi on considère que les conditions humides n'offrent pas un meilleur freinage qu'une piste mouillée. Il est important que le personnel de l'aérodrome soit conscient du fait que la capacité de frottement dans des conditions humides (ou avec de minces couches de contaminants liquides) dépend en grande partie des qualités inhérentes de la surface de la piste (caractéristiques de frottement) et peut être inférieure à ce qui est normalement attendu sur des surfaces mal drainées, polies ou contaminées par du caoutchouc. Au-dessus du seuil de 3 mm, l'effet sur les forces de frottement est plus important, ce qui mène à la classification avec des codes RWYCC plus bas. Au-dessus de cette

valeur, et selon la densité du liquide, des effets de traînée supplémentaires commencent à s'appliquer en raison du déplacement ou de la compression du liquide et de ses projections sur la cellule de l'avion. Ces derniers effets dépendent de la profondeur du liquide et affectent la capacité de l'avion à accélérer en vue du décollage. Il est donc important de signaler les profondeurs avec la précision requise.

4.33 *Température de la surface ou de l'air.* Des changements importants des conditions de surface peuvent se produire très rapidement près du point de congélation. La température de surface est plus importante pour les effets physiques concernés, et la température de la surface et de l'air peut être considérablement différente en raison de la latence et du rayonnement. Toutefois, la température de surface peut ne pas être facilement mesurable, et il est acceptable d'utiliser la température de l'air comme critère pour la classification des contaminants. Le seuil pour la classification de la neige compactée à RWYCC 4 (avec une OAT de -15°C) ou à RWYCC 3 (au-dessus de cette température) peut être exagérément conservatif. Il est recommandé que la classification soit appuyée par d'autres moyens d'évaluation. Ces moyens d'évaluation doivent être fondés sur une justification précise, des procédures précises et des données d'essai justificatives, et ils doivent être examinés et approuvés par l'autorité compétente pour que la RCAM puisse être modifiée.

AJUSTEMENT DU CODE RWYCC À LA HAUSSE OU À LA BAISSÉ

4.34 La RCAM permet au personnel de l'aérodrome de faire une évaluation initiale fondée sur l'observation visuelle des contaminants à la surface de la piste, en particulier le type de contaminant, la profondeur et la couverture, ainsi que l'OAT. L'ajustement du code RWYCC fait partie intégrante du processus d'évaluation et est essentiel pour la production de comptes rendus pertinents sur l'état de la surface de piste. Lorsque toutes les autres observations, l'expérience et les connaissances locales suggèrent au personnel qualifié de l'aérodrome que l'attribution normale du code RWYCC ne reflète pas fidèlement les conditions du moment, il lui est possible d'ajuster le niveau.

4.35 Les aspects à prendre en considération pour une révision à la baisse de la glissance de la piste sont les suivants :

- a) les conditions météorologiques dominantes :
 - 1) stables sous la température de congélation ;
 - 2) conditions dynamiques ;
 - 3) précipitations actives ;
- b) les observations (avec informations et source) ;
- c) les mesures :
 - 1) mesures de frottement ;
 - 2) comportement du véhicule ;
 - 3) frottement avec les chaussures ;
- d) l'expérience (connaissances locales) ;
- e) les AIREP.

4.36 Si les contaminants ne peuvent pas être complètement déblayés et si le code RWYCC initialement assigné ne reflète plus les conditions réelles de la surface de la piste (couche de glace ou de neige compactée traitée sur la piste), le personnel de l'aérodrome peut appliquer des procédures de relèvement. Ce n'est possible que si le code RWYCC initialement attribué est 0 ou 1 et il n'est pas permis d'aller au-delà de 3. Le relèvement est conditionnel au respect de la norme établie ou acceptée par l'État, et sous réserve de tous les autres aspects, comme mentionnés au § 4.35.

4.37 Lorsque des mesures de frottement sont utilisées dans le cadre de l'évaluation globale de la surface de la piste pour les surfaces recouvertes de neige compactée ou de glace, l'équipement de mesure du frottement doit respecter la norme fixée ou acceptée par l'État. Le Tableau 4-3 donne de l'information sur chaque description de la surface de piste à communiquer et indique si le niveau peut être ajusté à partir d'une mesure de frottement quantitative.

4.38 Lorsqu'un système de mesure du frottement est utilisé pour des ajustements, il doit y avoir une prépondérance de preuves. Pour faire passer un code RWYCC 0 ou 1 à 3 ou moins, le système de mesure du frottement doit démontrer un frottement équivalent ou supérieur à celui d'une piste mouillée (RWYCC 5).

4.39 Les comptes rendus AIREP des pilotes sur les conditions de freinage sur piste peuvent déclencher une nouvelle évaluation ou être directement pris en compte dans le processus d'abaissement (en respectant les deux dernières colonnes de la matrice RCAM).

COMPTES RENDUS DES PILOTES SUR L'EFFICACITÉ DU FREINAGE

4.40 Les comptes rendus AIREP des pilotes sur l'efficacité du freinage sur une piste fournissent habituellement au personnel de l'aérodrome et aux autres pilotes une observation fiable qui peut confirmer l'évaluation au sol ou alerter à des conditions dégradées en termes de capacité de freinage ou de contrôle latéral à l'atterrissage. Le freinage observé dépend du type et de la masse de l'aéronef, de la partie de piste utilisée pour le freinage et d'autres facteurs. Les pilotes utiliseront les termes BON, BON À MOYEN, MOYEN, MOYEN À MÉDIOCRE, MÉDIOCRE et INFÉRIEUR À MÉDIOCRE. À la réception d'un AIREP, l'utilisateur doit tenir compte du fait que ces qualificatifs s'appliquent rarement à toute la longueur de la piste et se limitent aux sections spécifiques de la surface de la piste où un freinage suffisant des roues est appliqué. Comme les AIREP sont subjectifs et que les pistes contaminées peuvent affecter différemment les performances de différents types d'avions, le freinage signalé peut ne pas être directement applicable à un autre avion.

4.41 Si les organismes des services de la circulation aérienne (ATS) reçoivent par communication vocale un AIREP annonçant une efficacité de freinage inférieure à celle qui a été rapportée, ils feront part du contenu de l'AIREP sans délai à l'exploitant d'aérodrome concerné. Cette communication est une condition préalable à l'utilisation de l'information AIREP pour abaisser le niveau lors de la révision du RWYCC. La diffusion des AIREP aux exploitants d'aérodromes peut être régie par des accords sur les niveaux de service (SLA).

4.42 De plus en plus, les AIREP seront générés par des systèmes automatisés qui traitent les données de l'avion enregistrées au cours de la phase de décélération. De tels comptes rendus sont jugés moins subjectifs que ceux qui reflètent uniquement la perception de l'équipage de conduite et peuvent contenir des informations supplémentaires. Il est donc recommandé de faire une distinction entre les deux types de comptes rendus.

Tableau 4-3. Ajustement du code RWYCC à l'aide d'un équipement de mesure du frottement

<i>Description de la surface de la piste (à communiquer)</i>	<i>Critère</i>	<i>Code RWYCC</i>	<i>Abaissier à partir d'une mesure physique de frottement</i>	<i>Relever à partir d'une mesure physique de frottement</i>
SÈCHE		6	S/O	S/O
GIVRE		5		
MOUILLÉE	La surface de la piste est recouverte d'humidité ou d'eau visible, jusqu'à une profondeur de 3 mm.			
NEIGE FONDANTE	Jusqu'à 3 mm de profondeur inclusivement			
NEIGE SÈCHE				
NEIGE MOUILLÉE				
NEIGE COMPACTÉE	OAT < -15 °C	4	Norme établie ou acceptée par l'État	
MOUILLÉE	Piste « glissante mouillée »	3	S/O	S/O
NEIGE MOUILLÉE SUR COUCHE DE NEIGE COMPACTÉE				
NEIGE SÈCHE SUR COUCHE DE NEIGE COMPACTÉE				
NEIGE SÈCHE	Profondeur de plus de 3 mm			
NEIGE MOUILLÉE				
NEIGE COMPACTÉE	OAT > -15 °C		Norme établie ou acceptée par l'État	
EAU STAGNANTE		2	S/O	
NEIGE FONDANTE				
GLACE		1	Norme établie ou acceptée par l'État	Norme établie ou acceptée par l'État
GLACE MOUILLÉE		0	S/O	S/O
EAU SUR UNE COUCHE DE NEIGE COMPACTÉE				
NEIGE SÈCHE SUR DE LA GLACE				
NEIGE MOUILLÉE SUR DE LA GLACE				

SOURCES D'INFORMATION

4.43 Dans le processus de collecte de données, presque tous les renseignements sur les pistes peuvent généralement être obtenus à partir d'observations visuelles.

4.44 Si des renseignements sont recueillis à partir de systèmes ou d'instruments de mesure, ceux-ci doivent être correctement étalonnés et utilisés dans leurs limites de validité et conformément aux normes établies ou acceptées par l'État.

4.45 Les données recueillies sont converties en informations par du personnel formé pour accomplir ces tâches.

4.46 Le Tableau 4-4 énumère les sources des informations dans l'ordre dans lequel elles figurent sur le RCR.

Tableau 4-4. Sources d'information

<i>RAPPORT SUR L'ÉTAT DES PISTES (RCR)</i>	
<i>Section calcul des performances de l'avion</i>	
<i>Information</i>	<i>Source</i>
Indicateur de localisation d'aérodrome	Doc 7910, <i>Indicateurs d'emplacement</i>
Date et heure de l'évaluation	Temps UTC
Plus bas numéro de piste	Piste elle-même
RWYCC pour chaque tiers de piste	Évaluation fondée sur la RCAM et les procédures associées
Pourcentage de la couverture de contaminants sur chaque tiers de piste	Observation visuelle de chaque tiers de piste
Profondeur de contaminants non solides sur chaque tiers de piste	Observation visuelle pour évaluer chaque tiers de piste, confirmée au besoin par des mesures
Description de l'état (type de contaminant) de chaque tiers de piste	Observation visuelle de chaque tiers de piste
Largeur de la piste à laquelle le code RWYCC s'applique, si elle est inférieure à la largeur publiée	Observations visuelles de la piste et renseignements tirés des procédures locales ou du plan de déneigement
<i>Section conscience de la situation</i>	
Longueur de piste réduite	NOTAM
Poudrière sur la piste	Observation visuelle de la piste
Sable libre sur la piste	Observation visuelle de la piste

<i>Information</i>	<i>Source</i>
Traitement chimique sur la piste	Application du traitement dont les effets sont connus Observation visuelle des produits chimiques résiduels restant sur la piste
Congères sur la piste	Observations visuelles de la piste
Congères sur la voie de circulation	Observations visuelles de la voie de circulation
Congères adjacentes à la piste pénétrant le niveau/profil établi dans le plan de déneigement de l'aérodrome	Observations visuelles de la piste, confirmées au besoin par des mesures
État des voies de circulation	Observations visuelles, AIREP, comptes rendus d'autres membres du personnel de l'aérodrome, etc.
État de l'aire de trafic	Observations visuelles, AIREP, comptes rendus d'autres membres du personnel de l'aérodrome, etc.
Utilisation approuvée et publiée par l'État du coefficient de frottement mesuré	Selon la norme établie ou acceptée par l'État
Remarques en langage clair en caractères majuscules seulement	Toute autre information opérationnelle à communiquer

CONTAMINANTS UNIQUES OU MULTIPLES

4.47 Lorsqu'il y a des contaminants uniques ou multiples, le code RWYCC pour chaque tiers de la piste est déterminé en observant les règles suivantes :

- a) si le tiers de piste ne comporte qu'un seul contaminant, le code RWYCC pour ce tiers est basé directement sur ce contaminant dans la RCAM comme suit :
 - 1) si la couverture de contaminant pour ce tiers est inférieure à 10 %, le code RWYCC est fixé à 6 pour ce tiers et aucun contaminant n'est déclaré. Si tous les tiers de la piste ont une couverture de contaminants inférieure à 10 %, aucun compte rendu n'est émis ;
 - 2) si la couverture de contaminant pour ce tiers est supérieure ou égale à 10 % et inférieure ou égale à 25 %, le code RWYCC est fixé à 6 pour ce tiers et le contaminant est déclaré avec une couverture de 25 % ;
 - 3) si la couverture de contaminant pour ce tiers est supérieure à 25 %, le code RWYCC pour ce tiers est basé sur le contaminant détecté ;
- b) si des contaminants multiples sont présents et que la couverture totale est supérieure à 25 %, mais qu'aucun contaminant ne recouvre plus de 25 % du tiers de la piste, le code RWYCC est basé sur le jugement du personnel formé, qui tiendra compte du contaminant que l'avion sera le plus susceptible de rencontrer et de son effet probable sur ses performances. En règle générale, ce sera le contaminant le plus présent, mais ce n'est pas une règle absolue ;

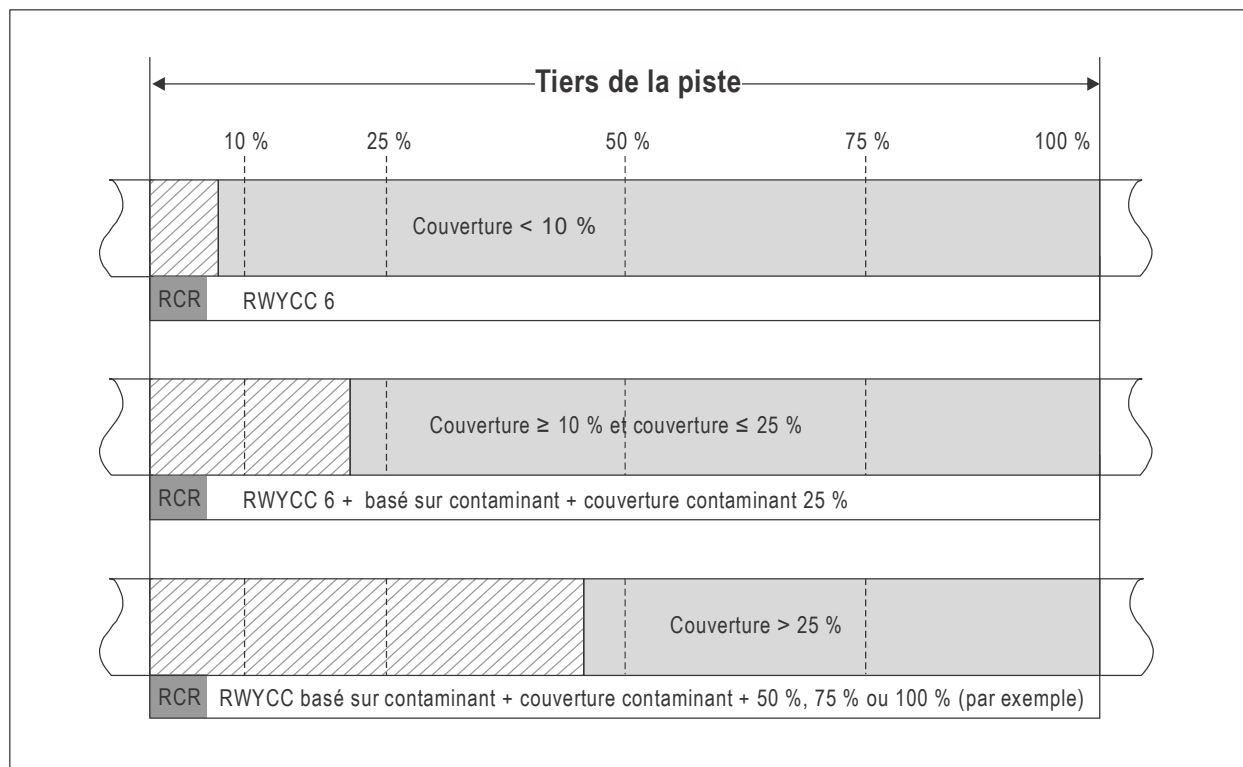


Figure 4-1. Contaminant unique

- c) dans la RCAM, la colonne de description de la surface de piste donne la liste des contaminants de haut en bas, les contaminants les plus glissants étant au bas. Toutefois, cet ordre n'est pas absolu, car la RCAM est axée sur l'atterrissage de par sa conception et, s'il s'agit d'un scénario de décollage, l'ordre pourrait être différent en raison des effets de ralentissement des contaminants libres.

PROCESSUS D'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DES PISTES — ORGANIGRAMMES

4.48 Le processus d'évaluation de l'état des pistes est représenté par les organigrammes suivants :

- a) processus générique d'évaluation de l'état des pistes ;
- b) organigramme du processus de base de la RCAM associé à l'organigramme A et à l'organigramme B.

Les changements jugés importants sont décrits en détail dans les PANS-Aérodromes (Doc 9981).

Processus générique d'évaluation de l'état des pistes

4.49 La Figure 4-2 illustre le processus générique d'évaluation pour la création d'un RCR.

4.50 Les Figures 4-3 à 4-5 illustrent l'évaluation et le compte rendu d'état de la surface de piste créé à l'aide de la RCAM.

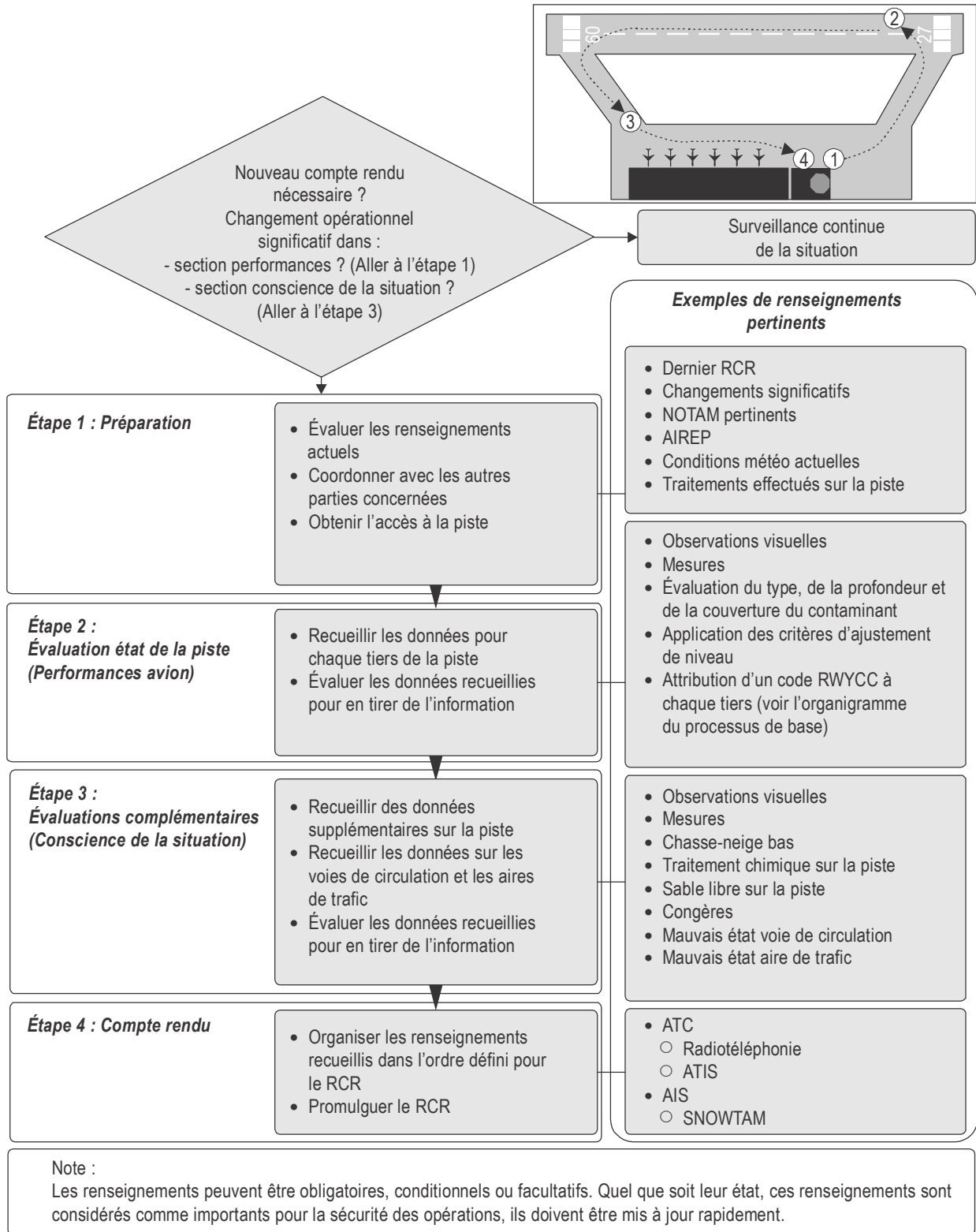


Figure 4-2. Processus générique d'évaluation de l'état des pistes

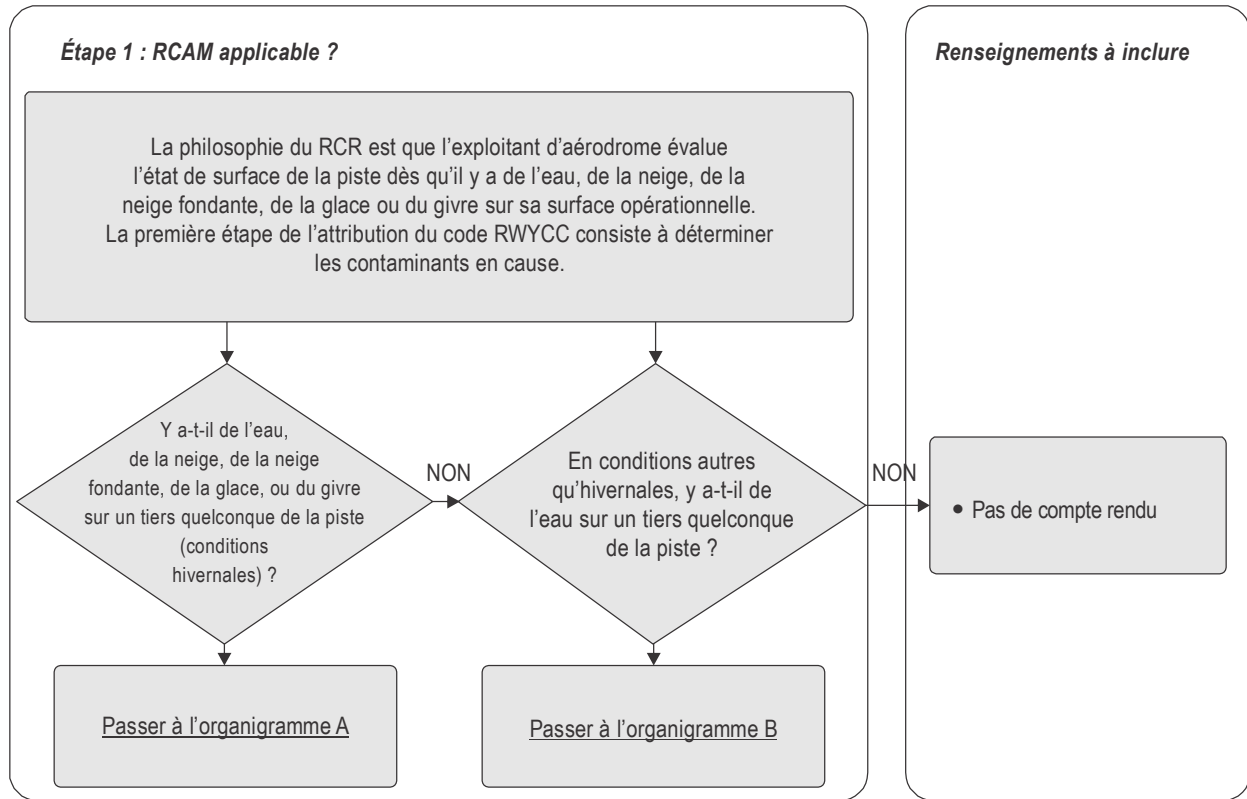


Figure 4-3. Processus générique RCAM — Choix de l'organigramme

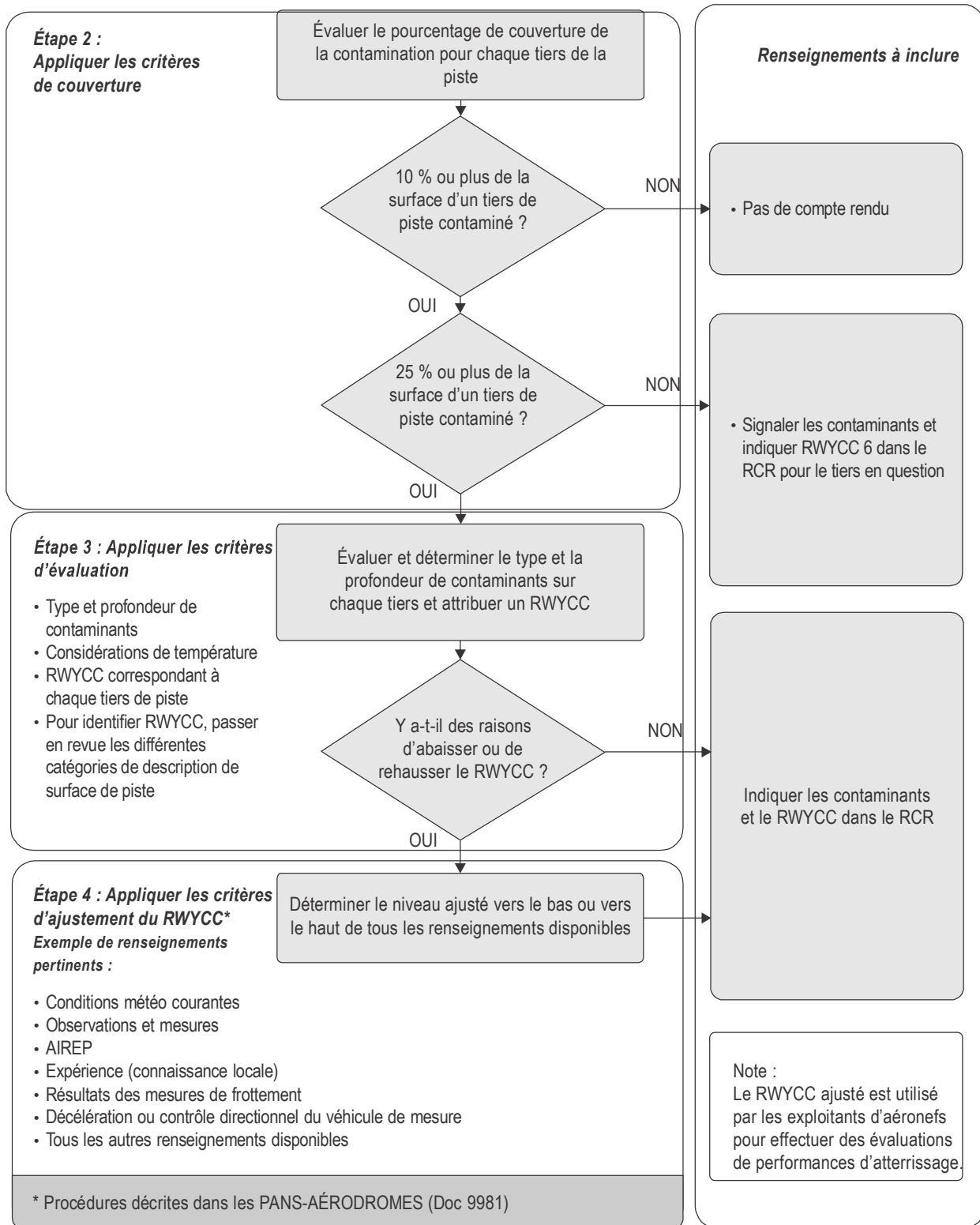


Figure 4-4. Organigramme A

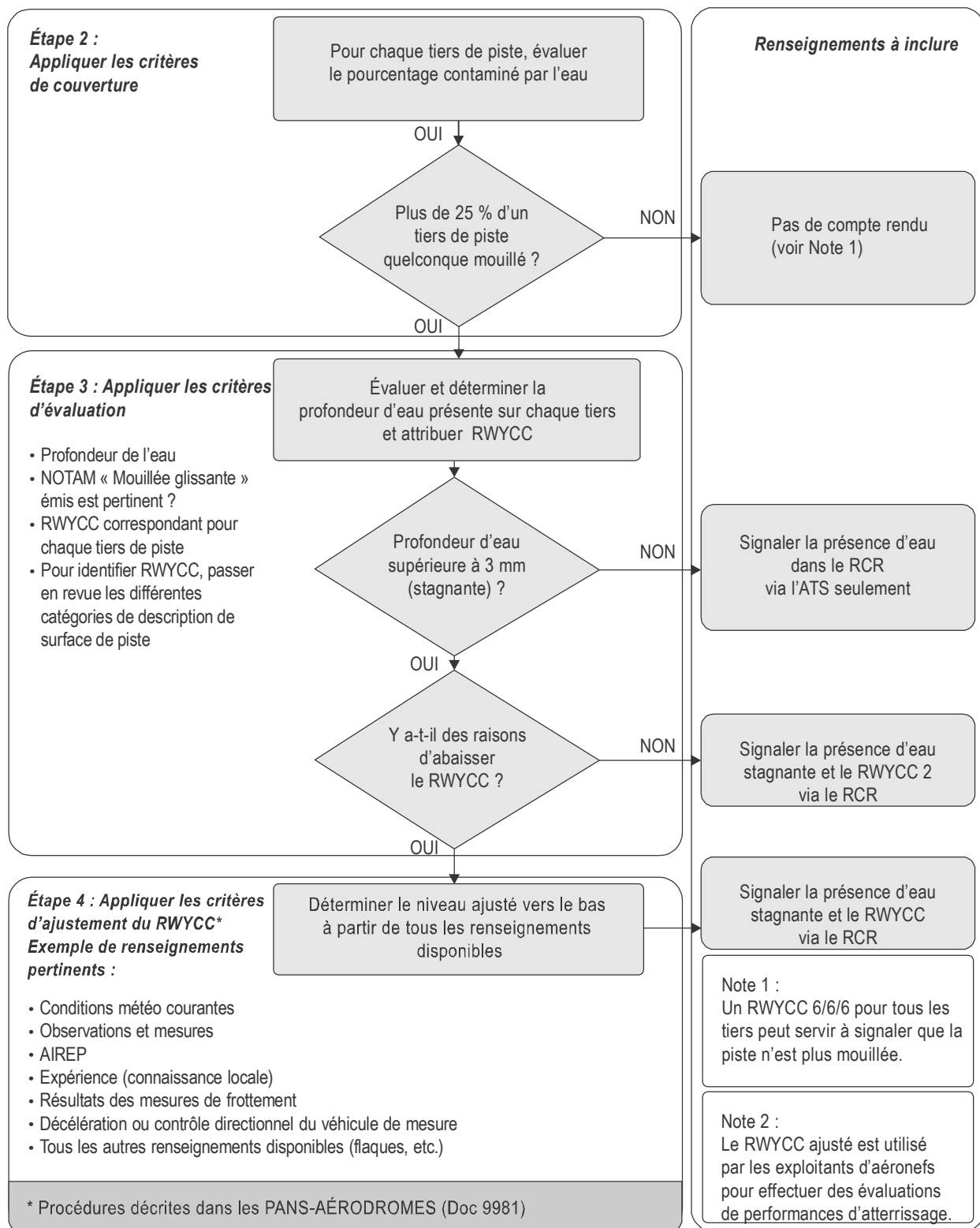


Figure 4-5. Organigramme B

SEUIL DÉCALÉ ET DÉCLARATION RWYCC

4.51 L'information rapportée dans le RCR fait référence à la longueur physique des pistes, quelles que soient la longueur et la position des distances déclarées dans cette mesure. L'équipage le comprendra lorsqu'il interprète le RCR, en particulier dans les cas suivants :

- a) s'il doit atterrir sur une piste dont le seuil est décalé d'une distance appréciable ;
- b) s'il doit décoller à partir d'une intersection ;
- c) si une partie d'une piste est déclarée comme une aire de sécurité d'extrémité de piste (RESA), mais est disponible pour un décollage dans le sens opposé.

4.52 Dans le schéma RWYCC, les trois tiers de la piste sont indiqués en séquence en commençant par le numéro de piste le plus bas — par exemple, dans le sens 09, même si la piste est utilisée dans le sens 27.

4.53 Les caractéristiques de frottement d'une aire d'arrêt avant et après le seuil de la piste qui ne sont pas entretenues pour avoir des caractéristiques de frottement égales ou supérieures à celles de la piste elle-même sont indiquées dans la section des commentaires en texte libre du RCR.

FORMATS DE COMPTE RENDU DE L'OACI

4.54 Le besoin de communiquer et de diffuser les renseignements sur l'état des surfaces de pistes est précisé dans l'Annexe 14, Volume I, § 2.9.1, qui stipule que des renseignements sur l'état de l'aire de mouvement et le fonctionnement des installations connexes seront communiqués aux organismes AIS appropriés, tandis que les renseignements analogues, importants du point de vue opérationnel, seront communiqués aux organismes ATC pour leur permettre de fournir les renseignements nécessaires aux avions à l'arrivée et au départ. Ces renseignements seront tenus à jour et tout changement sera communiqué sans délai.

4.55 Les renseignements sur l'état de surface des pistes comprennent les caractéristiques de frottement évaluées conformément au programme d'entretien de l'aérodrome, la présence d'eau, de neige, de neige fondante, de glace ou d'autres contaminants sur la piste, ainsi que le code RWYCC dans les conditions opérationnelles.

4.56 Les méthodes de déclaration et de diffusion de l'information de l'OACI sont les suivantes :

- a) publications d'information aéronautique (AIP) ;
- b) circulaires d'information aéronautique (AIC) ;
- c) avis aux aviateurs/aviatrices (NOTAM) ;
- d) SNOWTAM ;
- e) comptes rendus en vol (AIREP) ;
- f) service automatique d'information de région terminale (ATIS) ;
- g) communications du contrôle de la circulation aérienne (ATC).

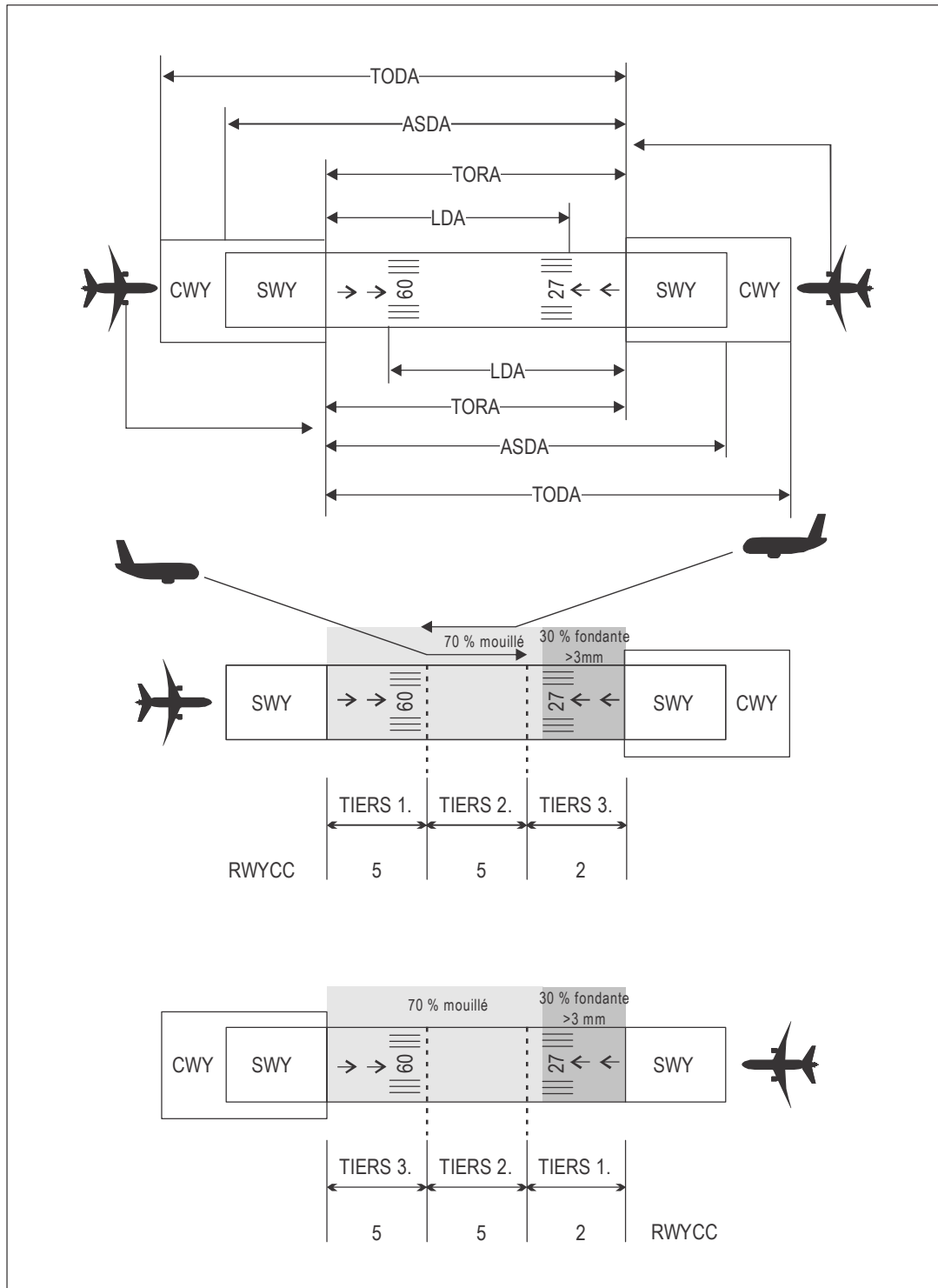


Figure 4-6. Communication ATS-équipage des codes RWYCC pour les différents tiers d'une piste à seuil décalé

Les formats de compte rendu a) à d) sont décrits dans l'Annexe 15 — *Services d'information aéronautique*. Le modèle de SNOWTAM est présenté dans l'Appendice G du présent document. Les formats de compte rendu e), f) et g) sont décrits dans les *Procédures pour les services de navigation aérienne — Gestion du trafic aérien* (PANS-ATM, Doc 4444).

4.57 L'utilisation croissante de liaisons de données terrestres et air-sol et de systèmes informatisés, tant à bord des aéronefs qu'au sol, se trouve progressivement complétée par des informations numériques.

4.58 À l'heure actuelle, l'Annexe 15 exige toujours, entre autres, une description dans l'AIP du type d'équipement utilisé pour la mesure du frottement, bien qu'il soit reconnu que ces valeurs ne peuvent pas être reliées aux performances de l'avion. De plus, il faut que les caractéristiques de frottement sur la surface des pistes soient décrites dans les AIP, les AIC et les NOTAM. Pour l'exploitation hivernale, une brève description du plan de gestion de la neige doit aussi figurer dans l'AIP.

Publication d'information aéronautique (AIP)

4.59 Dans l'AIP, les aspects du frottement sont en rapport avec :

- a) les caractéristiques physiques des pistes ;
- b) le plan de gestion de la neige.

4.60 Les *Procédures pour les services de navigation aérienne — Gestion de l'information aéronautique* (PANS-AIM, Doc 10066), Appendice 2, Partie 3 — Aérodomes (AD), AD 2.12, demandent qu'une description détaillée des caractéristiques physiques de la piste soit fournie. Les caractéristiques physiques d'une surface mouillée résistante au dérapage peuvent être incluses dans les remarques.

4.61 Dans l'AD 1.2.2, il est recommandé d'inclure une brève description des considérations générales du plan de gestion de la neige dans le cas des aérodomes et hélistations ouverts au public, lorsque des conditions de neige sont raisonnablement possibles. Les aspects liés au frottement sont notamment les suivants :

- a) méthodes de mesure et mesures effectuées ;
- b) systèmes et moyens de communication ;
- c) cas de fermeture de pistes ;
- d) diffusion des renseignements sur les conditions de neige, de neige fondante ou de glace.

Circulaire d'information aéronautique (AIC)

4.62 Une AIC devrait être émise chaque fois qu'il est nécessaire de diffuser des informations aéronautiques qui ne se qualifient pas pour figurer dans une AIP ou dans un NOTAM. Les aspects liés au frottement incluent comprennent les informations saisonnières anticipées sur le plan de gestion de la neige.

Avis aux aviateurs/aviatrices (NOTAM)

4.63 Un NOTAM devrait être émis et diffusé promptement chaque fois que les informations à communiquer sont de nature temporaire et de courte durée, ou dans le cas de changements permanents ou temporaires de longue durée qui sont effectués à court préavis et ont des impacts significatifs sur l'exploitation.

4.64 Cette forme de diffusion s'applique aux aspects du frottement liés aux cas suivants :

- a) caractéristiques physiques publiées dans l'AIP ;
- b) apparition ou disparition, ou changements significatifs, de situations dangereuses liées à la présence de neige, de neige fondante, de glace ou d'eau sur l'aire de mouvement.

COLLECTE DE DONNÉES ET TRAITEMENT DE L'INFORMATION

4.65 Plusieurs systèmes informatisés deviennent disponibles pour fournir à distance des indications sur l'état des surfaces de pistes, et d'autres sont en cours de développement. Actuellement, l'utilisation de ces systèmes n'est pas très répandue, et la perspective d'obtenir des indications précises sur l'efficacité du freinage semble assez lointaine dans le temps. Ce manque de disponibilité influe beaucoup sur le processus de communication de ces informations.

4.66 À l'heure actuelle, les exploitants d'aérodromes doivent recueillir les données nécessaires, traiter les renseignements avec des systèmes manuels et mettre les informations à la disposition des utilisateurs par des moyens conventionnels qui exigent beaucoup de temps en plus de la nécessité d'accéder aux pistes, ce qui est souvent difficile sur les aérodromes très fréquentés.

4.67 Actuellement, les principaux moyens de communication sont l'ATIS et l'ATC, en plus des SNOWTAM.

Service automatique d'information de région terminale (ATIS)

4.68 L'ATIS est un moyen très important de transmettre les informations, qui dispense le personnel opérationnel de la routine de transmettre l'état des pistes et d'autres informations utiles aux équipages de conduite. En plus des renseignements opérationnels et météorologiques normaux, les renseignements suivants sur l'état de la piste devraient être mentionnés chaque fois que la piste n'est pas sèche (RWYCC 6) :

Section performances de l'avion :

- a) piste opérationnelle utilisée au moment de la diffusion ;
- b) code RWYCC pour la piste en service, sur chaque tiers de piste dans le sens des opérations ;
- c) description de l'état, couverture et profondeur (pour les contaminants non solides) ;
- d) largeur de la piste en service à laquelle s'applique le code RWYCC, si elle est réduite par rapport à la largeur publiée ;
- e) longueur disponible, si elle est réduite par rapport à la longueur publiée.

Section conscience de la situation :

- f) chasse-neige bas ;
- g) sable libre ;
- h) congères importantes pour les opérations ;

- i) sorties de piste, voies de circulation et aire de trafic, si l'état est MÉDIOCRE ;
- j) toute autre information pertinente dans un langage clair et concis.

4.69 Une faiblesse inhérente du système ATIS est l'actualisation des informations. Cela est dû au fait que les équipages de conduite écoutent généralement l'ATIS à l'arrivée, une vingtaine de minutes avant l'atterrissage, et si la météo évolue rapidement, l'état des pistes peut se dégrader considérablement au cours de cette période.

Contrôle de la circulation aérienne (ATC)

4.70 L'organisme chargé de collecter les données et de traiter les renseignements opérationnels significatifs au sujet de l'état des pistes communique généralement ces renseignements à l'ATC, qui en informera les équipages de conduite s'ils diffèrent de l'ATIS. Actuellement, cette procédure semble être la seule qui puisse fournir des informations à jour aux équipages, particulièrement lorsque les conditions évoluent rapidement.

4.71 En plus d'être à jour, les informations fournies par l'ATC peuvent contenir des renseignements complémentaires sur les conditions météo observées et prévues par le service météorologique (MET), avant même qu'ils ne soient disponibles sur l'ATIS, ainsi que des observations d'autres équipages, en particulier sur les conditions de freinage. Ce canal donne aux pilotes les meilleures informations possible dans le cadre du système actuel pour leur permettre de prendre de bonnes décisions.

4.72 Enfin, lorsque les conditions de visibilité et la configuration de l'aérodrome le permettent, l'ATC peut communiquer aux équipages de conduite, avec un très bref délai, ses propres observations immédiates, par exemple un changement rapide dans l'intensité de la pluie ou la présence de neige, même si cela peut être considéré comme une information non officielle.

Réseau de communications

4.73 Les communications air-sol entre le poste de pilotage et l'ATS se font généralement par radiotéléphonie, mais il y a de vastes zones qui restent au-delà de la couverture des hautes fréquences (HF) ou des très hautes fréquences (VHF). La charge des communications vocales et la saturation des moyens ATC actuels ont créé une forte demande pour des émissions ATS automatisées dont les liaisons de données numériques deviennent un élément clé. En conséquence, dans un proche avenir, les fournisseurs de services et les utilisateurs vont devoir adapter leurs systèmes de communication air-sol aux nouvelles spécifications internationales pour les liaisons de données.

NOTAM NUMÉRIQUES

4.74 Une stratégie de transition est en cours d'élaboration pour assurer la disponibilité en temps réel de renseignements aéronautiques officiels et de qualité pour tout utilisateur de la gestion du trafic aérien (ATM) dans un environnement entièrement numérique et totalement interopérable à l'échelle mondiale. Il est reconnu que pour satisfaire aux nouvelles exigences découlant du concept opérationnel d'ATM mondiale, l'ATS doit évoluer vers un concept plus vaste de gestion de l'information aéronautique (AIM).

4.75 L'un des produits informatiques les plus novateurs, qui sera basé sur le modèle d'échange de données aéronautiques standard, est le NOTAM numérique qui acheminera des renseignements aéronautiques dynamiques à toutes les parties prenantes avec une représentation commune, exacte et actualisée de l'environnement aéronautique dans lequel les vols se déroulent. Le NOTAM numérique est défini comme un ensemble de données qui contient les informations d'un NOTAM dans un format structuré qui peut être entièrement interprété par un système automatisé pour l'actualisation précise et fiable de l'environnement aéronautique, tant pour les équipements d'information automatisés que pour les humains.

Chapitre 5

ÉVOLUTIONS DES AÉRONEFS

CARACTÉRISTIQUES FONCTIONNELLES DU FROTTEMENT

Comment le roulement, le glissement et les dérapages agissent sur les aéronefs

5.1 *Interaction entre aéronef et piste.* Les interactions mécaniques entre aéronefs et pistes sont complexes et dépendent de la zone de contact critique entre pneu et sol. Cette petite zone (environ 4 m² dans le cas des plus grands aéronefs actuellement en service) est sujette à des forces qui agissent sur les caractéristiques de roulement et de freinage des aéronefs, ainsi que sur la maîtrise de la direction.

5.2 *Forces latérales (en virage).* Ces forces permettent la maîtrise de la direction sur le sol à des vitesses auxquelles les commandes de vol ont une efficacité réduite. Si des contaminants présents sur la surface de la piste ou de la voie de circulation diminuent notablement les caractéristiques de frottement, des précautions spéciales devraient être prises (par exemple réduction du vent traversier maximal admissible pour le décollage et l'atterrissage, réduction des vitesses de circulation au sol) comme il est prévu dans les manuels d'exploitation technique.

5.3 *Forces longitudinales.* Ces forces, considérées le long de l'axe de vitesse de l'aéronef (influant sur l'accélération et la décélération), peuvent se diviser entre forces de roulement et forces de frottement au freinage. Lorsque la surface de piste est couverte d'un contaminant non solide (par exemple neige, neige fondante ou eau stagnante), l'aéronef est soumis par le contaminant à des forces de traînée supplémentaires.

Forces de frottement au roulement

5.4 Les forces de frottement au roulement (roue sans freinage) sur une piste sèche sont dues à la déformation du pneu (élément dominant) et au frottement roue/axe (élément mineur). Leur ordre de grandeur ne représente qu'environ 1 à 2 % du poids apparent de l'aéronef.

Forces de freinage — effets généraux

5.5 Les forces de freinage sont générées par le frottement entre le pneu et la surface de piste lorsqu'un couple de freinage est appliqué à la roue. Le frottement existe lorsqu'il y a une vitesse relative entre la vitesse de la roue et la vitesse du pneu au contact avec la surface de piste. Le coefficient de dérapage est défini comme coefficient entre les vitesses de rotation de roues freinées et non freinées (dérapage zéro), en tours par minute (tr/min).

5.6 La force de frottement maximale possible dépend principalement de l'état de la surface de piste, de la charge sur la roue, de la vitesse et de la pression du pneu. La force de frottement maximale se produit au coefficient optimal de dérapage au-delà duquel le frottement diminue. La force maximale de freinage dépend du frottement disponible ainsi que des caractéristiques du système de freinage, c'est-à-dire la capacité antidérapage et/ou la capacité cinétique.

5.7 Le coefficient de frottement, μ , est le rapport entre la force de frottement et la charge verticale. Sur une bonne surface sèche, le coefficient de frottement maximal, μ_{\max} , peut dépasser 0,6, de sorte que la force de freinage

peut représenter plus de 60 % de la charge sur la roue freinée. Sur une piste sèche, la vitesse n'a que peu d'influence sur μ_{\max} . Lorsque l'état de la piste est dégradé par des contaminants tels que caoutchouc, eau, neige, neige fondante ou glace, μ_{\max} peut être radicalement diminué, ce qui agit sur la capacité de l'aéronef à décélérer après l'atterrissage ou au cours d'un décollage interrompu.

5.8 Les effets généraux de l'état de la surface de piste sur le coefficient de frottement au freinage sont brièvement résumés dans les § 5.9 à 5.17 ci-dessous.

5.9 *État mouillé (jusqu'à 3 mm d'épaisseur d'eau).* Dans l'état mouillé, la vitesse agit beaucoup plus sur μ_{\max} (diminuant lorsque la vitesse augmente) que dans l'état sec. À une vitesse au sol de 100 kt sur une piste mouillée de texture normale, μ_{\max} sera typiquement compris entre 0,2 et 0,3. C'est-à-dire environ moitié moins que ce que l'on attendrait à une faible vitesse telle que 20 kt.

5.10 Sur une piste mouillée, μ_{\max} dépend aussi de la texture de la piste. Un plus haut degré de microtexture (rugosité) améliore le frottement. Un degré élevé de macrotexture, une PFC ou un rainurage de surface améliorent le drainage. Il faut toutefois observer que les performances d'arrêt des aéronefs ne seront pas les mêmes que sur une piste sèche. Inversement, les pistes polies par des manœuvres d'aéronefs ou contaminées par du caoutchouc ou dont la texture est modifiée par des fragments de caoutchouc après des manœuvres répétées peuvent devenir très glissantes. C'est pourquoi un entretien périodique des pistes est nécessaire.

5.11 *Contaminants non solides (eau stagnante, neige fondante, neige mouillée ou sèche de plus de 3 mm).* Ces contaminants dégradent μ_{\max} jusqu'à des niveaux que l'on pourrait escompter être à moins de la moitié de ceux qui sont constatés sur une piste mouillée. La microtexture n'a guère d'effet dans ces conditions. La neige produit un μ_{\max} assez constant avec la vitesse, alors que la neige fondante et l'eau stagnante produisent des effets notables de vitesse sur μ_{\max} .

5.12 Du fait qu'elles ont un comportement de fluide, l'eau et la neige fondante produisent un aquaplanage dynamique aux vitesses élevées ; c'est un phénomène dans lequel la pression dynamique du fluide dépasse la pression du pneu et force le fluide à s'interposer entre le pneu et le sol, empêchant effectivement un contact physique entre les deux. Dans ces conditions, la capacité de freinage diminue radicalement, approchant ou atteignant zéro.

5.13 Le phénomène est complexe, mais le paramètre essentiel de la vitesse d'aquaplanage est la pression des pneus. Un degré élevé de macrotexture (par exemple une PFC ou une surface rainurée) a des effets positifs en facilitant le drainage dynamique de la zone de contact entre pneu et piste. Sur les avions de ligne typiques, on peut s'attendre à un aquaplanage dynamique dans ces conditions à des vitesses sol dépassant 110 à 130 kt. Une fois qu'il a commencé, l'effet d'aquaplanage dynamique peut rester un facteur jusqu'à des vitesses nettement plus basses que celles qui sont nécessaires pour le déclencher.

5.14 *Contaminants solides (neige compactée, glace et caoutchouc).* Ces contaminants agissent sur la capacité de décélération des aéronefs en abaissant μ_{\max} . Ces contaminants ne modifient pas l'accélération.

5.15 La neige compactée peut avoir d'assez bonnes caractéristiques de frottement, peut-être comparables à celles d'une piste mouillée. Toutefois, lorsque la température de surface avoisine ou dépasse 0 °C, la neige compactée devient plus glissante, atteignant potentiellement un très bas μ_{\max} .

5.16 La capacité d'arrêt sur la glace peut varier selon la température et la rugosité de la surface. En général, la glace mouillée a un très faible frottement (μ_{\max} aussi bas que 0,05) et typiquement interdira les évolutions d'aéronefs jusqu'à ce que le niveau de frottement se soit amélioré. Cependant, la glace qui n'est pas en train de fondre peut encore permettre des évolutions d'aéronefs, mais avec une pénalité de performance.

5.17 Les contaminants de surface de piste qui résultent d'évolutions d'aéronefs, mais qui ne sont pas habituellement considérés comme des contaminants du point de vue des performances d'avions, sont les dépôts de caoutchouc ou les résidus de liquides de dégivrage. Ils sont habituellement localisés et limités à des parties de la piste.

Le service d'entretien des pistes devrait surveiller ces contaminants et les enlever selon le besoin. Les parties concernées seront avisées par NOTAM si le frottement baisse au-dessous du niveau minimum requis.

Forces de traînée des contaminants

5.18 Lorsque la piste est recouverte d'une matière non solide (par exemple eau stagnante, neige fondante, neige non compactée), il y a des forces de traînée additionnelles qui résultent du déplacement ou de la compression du contaminant par la roue. Les facteurs qui déterminent ces forces de traînée de mouvement sont la vitesse et le poids de l'aéronef, la taille des pneus et les caractéristiques de déflexion, ainsi que la profondeur et la densité des contaminants. Leur ampleur peut nettement affaiblir la capacité d'accélération de l'aéronef au cours du décollage. Par exemple, 13 mm de neige fondante génèreraient une force de ralentissement correspondant à environ 3 % du poids de l'aéronef à 100 kt dans le cas d'un aéronef typique de dimensions moyennes destiné au transport de passagers.

5.19 Un deuxième effet de ces contaminants non solides (neige fondante, neige mouillée et eau stagnante) est la traînée d'aspersion, due au fait que les contaminants projetés en gerbes produisent une force de ralentissement à cause de leur impact sur la structure de l'aéronef. La combinaison de la force de ralentissement de mouvement et de la force de ralentissement d'aspersion peut aller jusqu'à 8 à 12 % du poids de l'aéronef dans le cas d'un avion de ligne typique de petite ou de moyenne taille. Cette force peut être assez importante pour empêcher l'avion de poursuivre son accélération en cas de panne de moteur.

Incidences des performances d'aéronefs sur les pistes

5.20 Il ressort clairement des informations données ci-dessus que dès que l'état de la piste s'écarte de l'état idéal sec et propre, les capacités d'accélération et de freinage des aéronefs peuvent être affectées négativement avec une incidence directe sur les distances de décollage, d'accélération-arrêt et d'atterrissage. Un frottement réduit compromet aussi la maîtrise de la direction de l'aéronef, et par conséquent la valeur acceptable du vent traversier au décollage et à l'atterrissage sera réduite.

Évaluation qualitative

5.21 Qualitativement, les effets de la capacité maximale de freinage des aéronefs peuvent se résumer de la façon suivante :

- a) contaminants humides et solides :
 - 1) accélération, et par suite distance de décollage, sans changement ;
 - 2) capacité de freinage réduite, distances plus longues d'accélération-arrêt et d'atterrissage ;
- b) contaminants non solides :
 - 1) capacité d'accélération réduite par traînée de mouvement et d'aspersion (neige fondante, neige humide et eau stagnante) ou force requise pour comprimer le contaminant (neige sèche) ;
 - 2) capacité de décélération réduite par un moindre frottement, aquaplanage aux vitesses élevées, en partie compensés par traînée de mouvement et d'aspersion.

5.22 Il en résulte que :

- a) la distance de décollage est plus longue (et augmente avec une plus grande profondeur de contaminant) ;
- b) la distance accélération-arrêt est plus longue (à un moindre degré avec une plus grande profondeur de contaminant, à cause d'une plus forte traînée de mouvement et d'aspersion) ;
- c) la distance d'atterrissage est plus longue (à un moindre degré avec une plus grande profondeur de contaminant, à cause de la plus forte traînée de mouvement et d'aspersion).

Évaluation quantitative

5.23 Quantitativement, les données ci-après donnent l'ordre de grandeur des effets de l'état de la piste sur la performance effective d'un avion de ligne typique de taille moyenne, la référence étant l'état sec. (Les effets sur la distance accélération-arrêt présument l'interruption du décollage à la même vitesse V_1 , et la phase de freinage au sol est calculée avec la pression maximale sur les pédales de frein.) Il convient de mentionner que les effets sur les performances réglementaires peuvent être différents parce que les règles de calcul réglementaires dépendent de l'état de la piste.

a) État mouillé (sans inverseurs) :

- 1) l'accélération et la poursuite du décollage ne sont pas affectées ;
- 2) la distance accélération-arrêt est augmentée d'environ 20 à 30 % ; une piste rainurée ou avec PFC réduira cette pénalisation d'environ 10 à 15 % ;

Note.— L'utilisation de l'inversion de poussée (un moteur en panne) réduira cet effet de 20 à 50 % selon l'efficacité des inverseurs et l'état de la piste.

- 3) la phase de freinage au sol à l'atterrissage est augmentée de 40 à 60 % sur une piste lisse et de 20 % sur une piste rainurée ou avec PFC.

Note.— L'utilisation de l'inversion de poussée sur tous les moteurs réduira cet effet d'environ 50 % selon l'efficacité des inverseurs et l'état de la piste.

b) 13 mm d'eau ou piste recouverte de neige fondante :

- 1) la distance de décollage est augmentée de 10 à 20 % avec tous les moteurs en fonctionnement, à cause de la traînée de mouvement et d'aspersion ;

Note.— Les effets sur la distance de décollage avec un moteur en panne seront nettement plus grands.

- 2) la distance accélération-arrêt augmentera de 50 à 100 %, mais seulement de 30 à 70 % avec l'utilisation des inverseurs de poussée (un moteur en panne) ;

- 3) la phase de freinage sur le sol à l'atterrissage est augmentée de 60 à 100 % selon la profondeur réelle de l'eau ou de la neige fondante sur la piste ; cela peut être nettement réduit par l'inversion de poussée.

c) Neige compactée :

- 1) l'accélération et la poursuite du décollage ne sont pas affectées ;
- 2) la distance accélération-arrêt est augmentée de 30 à 60 %, mais seulement de 20 à 30 % avec l'utilisation d'inverseurs de poussée (un moteur en panne) ;
- 3) la phase de freinage sur le sol à l'atterrissage pourrait augmenter de 60 à 100 % ; même avec l'utilisation d'inverseurs de poussée, cela peut aller jusqu'à 1,4 à 1,8 fois la distance sur piste sèche.

d) Glace non fondante :

- 1) les effets de la glace non fondante peuvent varier considérablement selon que la surface est plus ou moins lisse, traitée avec du sable ou des agents de déglçage, etc. ;
- 2) l'accélération et la poursuite du décollage ne sont pas affectées ;
- 3) la distance accélération-arrêt pourrait varier de presque aussi satisfaisante que sur neige compacte jusqu'à un niveau approchant de l'état de glace mouillée ;
- 4) la phase de freinage sur le sol à l'atterrissage pourrait être augmentée par des distances allant des valeurs indiquées pour la neige compacte jusqu'à des distances approchant de l'état de glace mouillée comme ci-dessous.

e) État de glace mouillée :

- 1) l'accélération et la poursuite du décollage ne sont pas affectées ;
- 2) la distance accélération-arrêt est plus que doublée, même avec l'utilisation d'inverseurs de poussée ;
- 3) la phase de freinage sur le sol à l'atterrissage pourrait être multipliée par un facteur de 4 à 5 ; même avec l'utilisation d'inversion de poussée, cela pourrait aller jusqu'à 3 à 4 fois la distance sur piste sèche.

5.24 L'état de glace mouillée correspond à un effet de freinage signalé comme « nul » et l'exploitation aérienne devrait cesser à cause des effets sur les performances examinés ci-dessus et de la possibilité de perte de maîtrise de la direction (embardée).

5.25 Pour résumer, les Figures 5-1 à 5-3 donnent des indications visuelles des effets de la gravité de l'état des pistes sur la distance de décollage, la distance accélération-arrêt et la phase de freinage sur le sol à l'atterrissage, dans le cas d'un aéronef typique de taille moyenne avec des inverseurs de poussée ayant une efficacité moyenne. Les effets typiques d'une surface mouillée, résistante au dérapage (par exemple PFC ou rainurage) sont aussi indiqués.

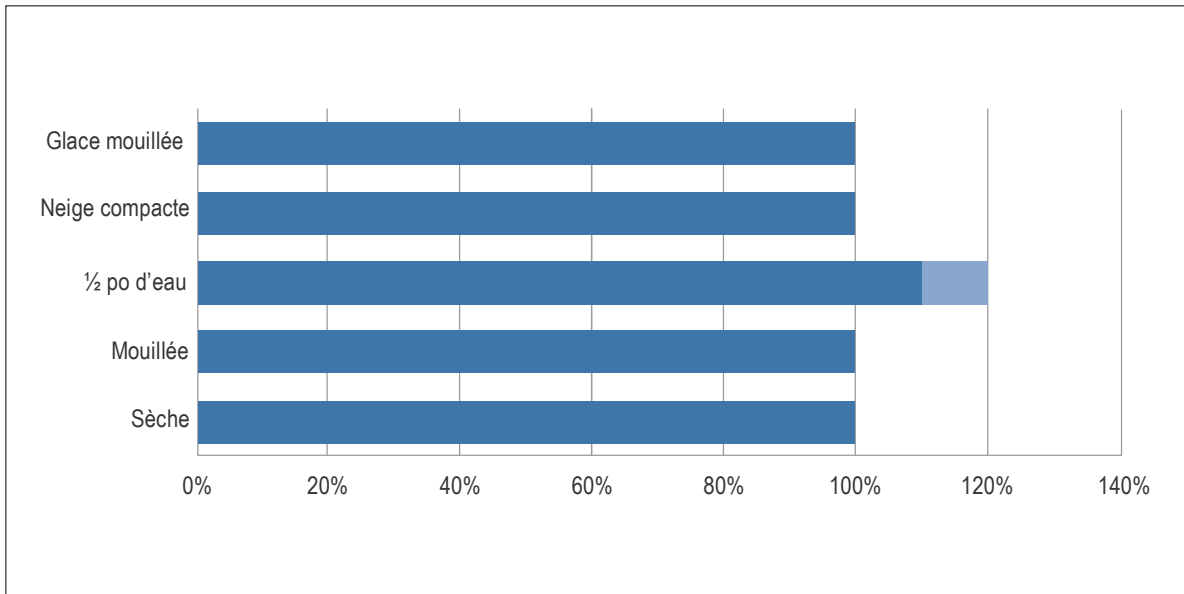


Figure 5-1. Effets de l'état de la piste sur la distance réelle de décollage (tous les moteurs en fonctionnement)

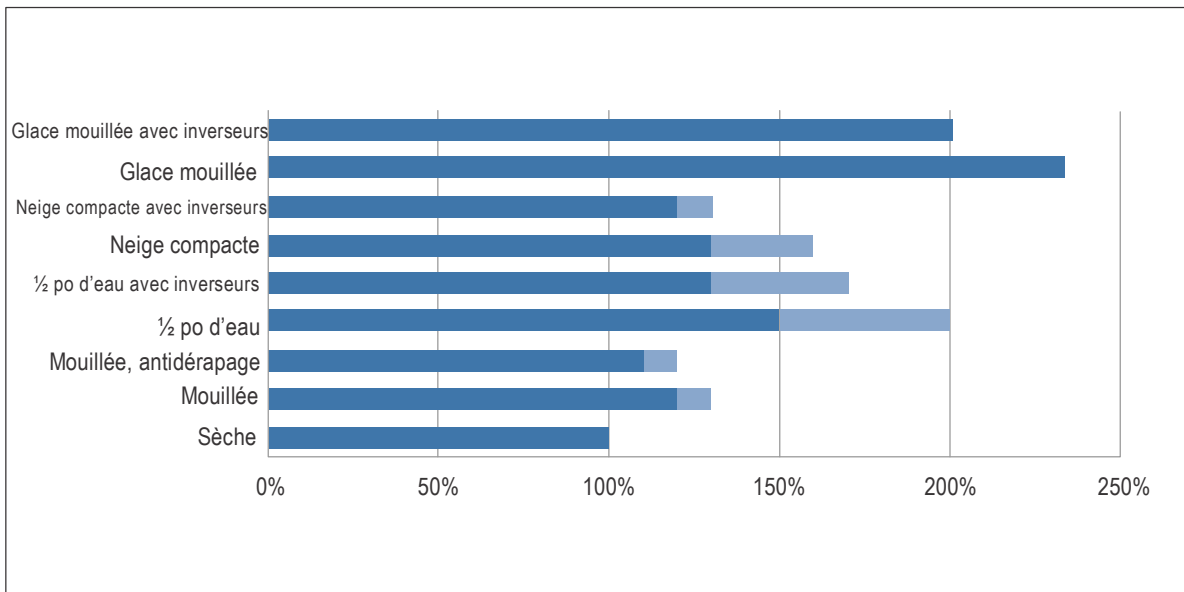


Figure 5-2. Effets de l'état de la piste sur la distance accélération-arrêt

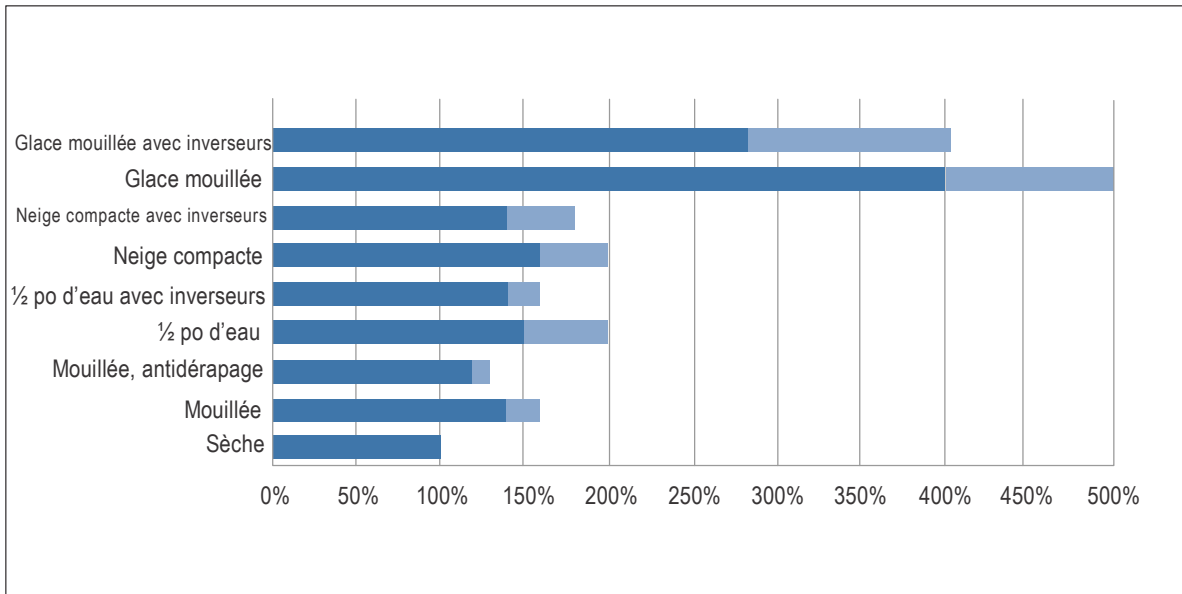


Figure 5-3. Effets de l'état de la piste sur la phase sol de l'atterrissage

COMPOSANTES DU SYSTÈME DE FREINAGE DE L'AÉRONEF

5.26 La technologie des systèmes de freinage d'aéronefs a évolué régulièrement au cours des dernières décennies, l'objectif étant de maximiser son efficacité globale, par exemple en capacité de décélération, poids, durabilité, facilité d'entretien, fiabilité et coût par atterrissage. Suit un aperçu des principaux composants.

Pneus

5.27 La principale évolution a été dans la structure des pneus, passant des carcasses diagonales aux pneus radiaux avec une réduction du poids et une plus grande durabilité. Les deux genres de pneus existent aujourd'hui. En termes de frottement, le compromis durabilité/frottement des composés de caoutchouc est arrivé à maturité, tous les types de pneus ayant des niveaux similaires de μ_{\max} sur divers types de surfaces.

5.28 Les rainures circumférentielles favorisent le drainage dans la zone de contact, ce qui réduit l'incidence de l'aquaplanage. Cet effet positif diminue en fonction de l'usure du pneu. Les valeurs maximales de frottement fournies pour la certification des distances accélération-arrêt sur des pistes mouillées sont compatibles avec une profondeur minimale de 2 mm des sculptures sur toutes les roues.

Roues

5.29 La technologie des roues a atteint la maturité il y a longtemps, les alliages d'aluminium forgé procurant le meilleur compromis entre le poids et la durabilité. Les roues sont dotées de capsules destinées à produire un dégonflement sécuritaire du pneu à la suite d'un arrêt à forte énergie, avant qu'il y ait un risque d'éclatement potentiellement dangereux du pneu.

Freins

5.30 Les freins à disques sont la norme. Les matériaux des disques sont passés du métal (acier ou même cuivre dans certains cas) au carbone. Les deux types coexistent, mais la légèreté, la durabilité et le coût relativement plus bas du carbone par rapport à l'acier tendent à en faire la technologie dominante pour les grands avions de ligne.

5.31 La capacité maximale d'absorption d'énergie par les freins est directement en rapport avec le matériau et la masse des disques, mais le couple maximal dépend du nombre et du diamètre des disques, ainsi que de la pression exercée sur les disques. La température des freins et la vitesse influent aussi sur ce couple maximal.

5.32 La pression est appliquée par des pistons hydrauliques à travers une plaque de pression. Les pistons commandés électriquement sont une technologie émergente qui va bientôt faire son apparition en service de ligne.

Système antidérapage

5.33 Les freins sont conçus pour un couple maximal qui est réalisé lorsque la pression maximale disponible est appliquée par les pistons. Lorsque la charge verticale sur la roue est élevée sur une bonne surface de frottement (par exemple aéronef lourd sur une piste sèche), la force de frottement maximale disponible entre le pneu et le sol dépassera normalement celle qui peut être obtenue au couple maximal. Dans ce cas, la force de freinage sera limitée par le couple (au-dessous de la limite de frottement entre pneu et piste), la valeur maximale étant atteinte avec pression maximale sur les pédales.

5.34 Si la charge sur la roue et/ou μ_{\max} diminuent, la force maximale de frottement entre le pneu et le sol peut diminuer jusqu'à des niveaux où le couple résultant sera au-dessous de la capacité maximale de couple du frein. Dans ce cas, si une pression totale est transmise par les pistons au frein sur roue, la roue se bloquera et les pneus pourraient céder.

5.35 Pour éviter ce phénomène, des systèmes antidérapage ont été conçus pour maîtriser le taux de dérapage des roues et régler la pression des pistons pour réaliser la meilleure efficacité de freinage. Ces systèmes ont évolué depuis des modèles primitifs marche/arrêt jusqu'à des systèmes à modulation totale tirant parti des plus récentes technologies de contrôle numérique. L'efficacité du système antidérapage est le rapport entre la force de freinage moyenne réalisée et la force de freinage maximale théorique obtenue avec le rapport optimal de dérapage (procurant μ_{\max}).

5.36 Cette efficacité va de 0,3 dans les systèmes marche/arrêt jusqu'à 0,9 dans les systèmes numériques modernes. Pour la certification, le fonctionnement du système antidérapage doit être démontré sur une piste lisse et mouillée, et son efficacité doit être déterminée. De plus, les systèmes antidérapage modernes sont dotés de fonctions complexes telles que le freinage automatique, le maintien d'un niveau de décélération prédéterminé (si le frottement le rend possible), ce qui permet de réduire l'usure des freins et d'améliorer le confort des passagers.

5.37 Aux très faibles vitesses (moins de 10 kt), en raison des limites de sensibilité des détecteurs, le système antidérapage peut devenir capricieux et compromettre la maîtrise de la direction. Les systèmes les plus récents comprennent un moyen d'éviter cette anomalie.

5.38 Par définition, les systèmes antidérapage ne sont efficaces que si les roues tournent, ce qui n'est pas nécessairement le cas lorsqu'il y a un aquaplanage dynamique.

Tests et certification des systèmes de freinage

5.39 En raison de leur influence cruciale sur la sécurité des aéronefs et les performances réglementaires, les systèmes de freinage sont soumis à un processus approfondi de tests et de certification avant l'entrée en service. Ils

doivent être conformes à des règlements rigoureux qui régissent l'architecture (par exemple redondances, modes auxiliaires en cas de défaillance) ainsi que la conception des composants.

5.40 L'endurance des freins est démontrée dans des tests sur banc d'essais (dynamomètre). La capacité d'énergie maximale est testée sur banc d'essais et aussi par des tests d'interruption réelle d'un décollage à proximité de l'état d'usure maximale. Le couple maximal est déterminé au moyen d'essais en vol, de même que l'efficacité antidérapage après des réglages de précision sur pistes sèches et pistes mouillées. Ces tests servent aussi à identifier le modèle de performances d'aéronefs.

5.41 À noter qu'il n'y a pas de tests spécifiques requis sur des pistes contaminées, en ce qui concerne le comportement du système de freinage ou les performances d'aéronefs. Les données correspondantes peuvent être calculées sur la base du modèle certifié sur piste sèche et piste mouillée, avec en complément des méthodes acceptées pour les effets de la contamination sur la performance, basées sur des résultats de tests précédents obtenus sur divers types d'aéronefs.

TEXTURE ET PERFORMANCES D'AÉRONEFS SUR PISTES MOUILLÉES

Normes de certification sur piste mouillée

5.42 Depuis le début des années 1990, les performances de décollage des avions certifiés par les Autorités conjointes de l'aviation (JAA) en Europe imposent dans le cadre de la certification des performances des normes applicables en cas d'interruption de décollage sur piste mouillée. La Federal Aviation Administration (FAA) a ajouté une exigence similaire en 1998. Cette norme sur les pistes mouillées est fondée sur une relation μ_{\max} sur piste mouillée issue des méthodes ESDU 71026 qui ont été codifiées dans les normes de navigabilité FAA/JAA, puis approuvées par la suite par l'Agence européenne de la sécurité aérienne (AESA) dans la norme CS-25.

5.43 Les normes de navigabilité FAA/JAA permettent que deux niveaux de performances d'aéronefs soient donnés dans le manuel de vol des avions pour les décollages sur piste mouillée : performances sur piste lisse mouillée et performances sur piste mouillée rainurée ou avec PFC (parfois appelée mouillée, résistante au dérapage). Les données de performances sur piste lisse mouillée sont obligatoires, alors que les données sur piste mouillée rainurée/PFC peuvent être données à la discrétion de l'avionneur.

5.44 Les spécifications de certification pour les performances d'arrêt en cas de décollage interrompu sur piste mouillée utilisent la relation μ_{\max} sur piste mouillée tirée du rapport ESDU 71026, qui présente des courbes de coefficients de freinage sur piste mouillée par rapport à la vitesse pour des pneus lisses et rainurés à différentes pressions de gonflage. Les données sont présentées pour des pistes de diverses rugosités de surface, y compris des surfaces rainurées et avec PFC. Les données ESDU prennent en compte des variations de profondeur d'eau, de piste mouillée jusqu'à inondée, la texture de surface de piste dans des niveaux de texture définis, les caractéristiques de pneus et des méthodes expérimentales. En définissant les courbes standard du coefficient de freinage sur piste mouillée par rapport à la vitesse prescrite par les équations codifiées dans le titre 14 du Code de règlements fédéraux (CFR) des États-Unis et dans la norme CS-25.109 de l'AESA, les effets de la pression des pneus, de la profondeur des rainures de la bande de roulement, de la texture de surface de la piste et de la profondeur de l'eau présente sur la piste ont été considérés comme suit :

- a) *Pression de gonflage des pneus.* Les règlements prévoient des courbes distinctes pour les différentes pressions de gonflage.
- b) *Profondeur des sculptures de pneus.* Les courbes standard sont basées sur une profondeur de 2 mm. Cette profondeur de sculptures est compatible avec les pratiques de changement et de rechapage de pneus communiquées par les avionneurs, les fabricants de pneus et les recapeurs de pneus.

- c) *Profondeur d'eau sur la piste.* Les courbes utilisées dans les règlements correspondent à une piste détrempée sans grandes zones d'eau stagnante.

5.45 La texture de surface de piste est prise en compte dans la définition de deux niveaux de performances différents. Un niveau de performances est défini pour une piste mouillée et lisse. L'autre est pour un niveau de performances sur piste mouillée, rainurée ou PFC.

5.46 La norme ESDU 15002 groupe les pistes en cinq classes. L'origine de la classification est arbitraire et les classes sont simplement celles qui ont été choisies. Elles sont désignées « A » à « E », « A » étant la plus lisse et « C » correspondant à la surface la plus profondément texturée sans rainurage ni couche PFC, comme l'indique le Tableau 5-1.

Performances sur pistes lisses et mouillées

5.47 Les performances sur pistes lisses et mouillées sont à un niveau qui a été jugé approprié pour l'utilisation sur une piste mouillée « normale », c'est-à-dire une piste qui n'a pas été expressément modifiée ou améliorée pour procurer un meilleur drainage et par conséquent un meilleur frottement.

5.48 La classe A représente une texture très lisse (profondeur moyenne de texture de 0,10 mm) et ne se trouve pas souvent sur des aérodromes utilisés par des avions de la catégorie transport. La plupart des pistes non rainurées sur des aérodromes utilisés par des avions de la catégorie transport se rangent dans la classe C. Les courbes de FAR et CS-25.109 utilisées pour les performances d'atterrissage interrompu sur piste lisse mouillée correspondent à un niveau intermédiaire entre la classe B et la classe C.

Performances sur pistes mouillées, rainurées ou avec PFC

5.49 Les normes FAA/JAA/AESA prévoient un deuxième niveau de performances en cas de décollage interrompu sur piste mouillée, qui traduit l'amélioration du frottement de freinage procurée par des pistes rainurées et avec PFC.

5.50 Ces méthodes de traitement de la surface de la piste entraîneront une nette amélioration des performances d'arrêt sur piste mouillée, sans toutefois égaler les performances sur piste sèche. Le niveau de μ_{\max} dans les normes FAA/JAA/AESA pour pistes avec rainurage et avec PFC est un niveau intermédiaire entre la classe D et la classe E selon ESDU 15002. La réglementation permet aussi d'utiliser un coefficient de freinage sur piste mouillée, avec rainurage ou PFC, qui correspond à 70 % du coefficient de freinage employé pour déterminer les distances d'accélération-arrêt sur piste sèche.

5.51 L'une des contraintes supplémentaires pour prendre en compte les performances de la surface rainurée/PFC est que la piste doit être construite et entretenue selon une norme précise.

Tableau 5-1. Classification des pistes

Classe	Profondeur de texture (mm)
A	0,10–0,14
B	0,15–0,24
C	0,25–0,50
D	0,51–1,00
E	1,01–2,54

Note.— Des directives sur la conception, l'entretien et les méthodes d'amélioration de la texture de la surface sont données dans la Partie 3 du Doc 9157.

Chaussée mouillée, résistante au dérapage — capacité d'arrêt améliorée

5.52 Les normes améliorées pour déterminer les performances d'interruption de décollage et d'atterrissage¹ adoptées par la FAA permettent aux exploitants d'obtenir un crédit pour capacité d'arrêt améliorée au cours d'un décollage interrompu sur pistes mouillées qui sont rainurées ou traitées avec un revêtement de PFC, mais seulement si :

- a) ces données figurent dans le manuel de vol (AFM) de l'aéronef [avionneur] ;
- b) l'exploitant [exploitant de l'aéronef] a déterminé que la piste est :
 - 1) conçue [exploitant de l'aérodrome] ;
 - 2) construite [exploitant de l'aérodrome] ;
 - 3) entretenue [exploitant de l'aérodrome] ;

selon des normes jugées acceptables par l'administrateur [État].

5.53 La norme rehausse la sécurité en prenant en compte la situation dangereuse d'un décollage interrompu sur une piste mouillée, et elle crée un incitatif économique à l'élaboration de programmes plus rigoureux de conception, de construction et d'entretien dans le cas de pistes qui puissent être jugées acceptables pour des performances d'aéronefs sur pistes mouillées, avec rainurage ou PFC. Alors que les caractéristiques améliorées de frottement de ces surfaces mouillées rehaussent également la sécurité à l'atterrissage, les règles fondamentales FAA/JAA/AESA de certification et d'exploitation technique ne prévoient pas pour ces dernières un crédit de performances à l'atterrissage. Certaines autorités d'État ont néanmoins instauré d'autres moyens de conformité qui peuvent accorder un tel crédit au cas par cas. Il est actuellement reconnu dans l'industrie de l'aviation qu'il faudrait développer et réglementer le concept.

5.54 La FAA a publié une circulaire consultative (AC)² qui donne des lignes directrices et des procédures en relation avec la construction et l'entretien des surfaces de chaussée d'aérodrome résistantes au dérapage.

5.55 Les États devraient veiller à ce que soit atteint le niveau de sécurité des orientations de conception données par l'OACI et élaborer des normes et orientations pour améliorer encore le drainage et les caractéristiques de frottement.

RELATION ENTRE LES NORMES DE PERFORMANCES DES AÉRONEFS ET UNE PISTE MOUILLÉE GLISSANTE

5.56 Une surface de piste neuve construite conformément aux normes et aux directives de l'OACI procure des caractéristiques de frottement de surface qui sont meilleures que les hypothèses des modèles de performances d'avion utilisées pour le frottement sur piste mouillée. Le but de cet exercice est de laisser place au vieillissement et à la contamination de la surface de la piste sans avoir d'effet immédiat sur sa capacité d'assurer les performances nominales d'arrêt des avions à l'état mouillé. Toutefois, si les caractéristiques de frottement de la surface de la piste se

1. Federal Aviation Administration (FAA), Department of Transportation, Office of Aviation Policy and Plans, *Improved Standards for Determining Rejected Takeoff and Landing Performance*, Federal Register, RIN: 2120-AB17, 63, FR 8298, 18 février 1998.

2. Federal Aviation Administration (FAA), *Measurement, Construction, and Maintenance of Skid Resistant Airport Pavement Surfaces*, FAA AC 150/5320-12C, 1997.

dégradent au-dessous d'un niveau critique, l'hypothèse de frottement sur piste mouillée utilisée dans les calculs de performances des avions pourrait ne plus assurer de marges adéquates. Il est essentiel que les exploitants d'avions soient informés en temps opportun dès que la dégradation a atteint un seuil critique pour lequel la piste ne respecte pas le niveau de frottement minimal fixé ou accepté par l'État.

5.57 Il a été établi que l'on peut raisonnablement adopter le coefficient de freinage pneu-sol associé à un code RWYCC 3 pour le calcul des performances sur une piste qui n'offre pas le niveau de frottement minimal spécifié par l'État. Les conditions de piste mouillée glissante ont donc été associées à RWYCC 3 dans le RCR chaque fois qu'une telle surface de piste est touchée par de l'humidité visible. En remplaçant dans le calcul des performances l'hypothèse du coefficient de freinage pneu-sol par celle qui est associée à RWYCC 3, les marges de performances sont rétablies, mais la capacité de charge utile peut être réduite. Maintenir et conserver des caractéristiques de frottement de surface du revêtement de la piste au-dessus du niveau de frottement minimal spécifié par l'État assure que des marges appropriées sont présentes pour les performances de l'avion sur piste mouillée.

Chapitre 6

COEFFICIENT DE FROTTEMENT, ÉQUIPEMENTS DE MESURE ET NORMES ÉTABLIES OU ACCEPTÉES PAR L'ÉTAT

COEFFICIENT DE FROTTEMENT

6.1 Il est erroné de croire que les caractéristiques de frottement de la zone de contact critique entre les pneus et le sol, mesurées par un coefficient de frottement, sont des propriétés appartenant à la surface de la chaussée et font donc partie de ses caractéristiques de frottement inhérentes. Il s'agit d'une réaction produite par le système dynamique et dont les facteurs d'influence comprennent :

- a) la surface de chaussée ;
- b) le pneu ;
- c) le contaminant ;
- d) l'atmosphère.

6.2 On s'efforce depuis longtemps d'établir une corrélation entre la réaction du système constitué par l'équipement de mesure et celle du système que constitue l'avion, les mesures étant effectuées sur la même surface. Il y a eu bien des activités de recherche qui ont apporté des éclairages nouveaux sur les processus complexes qui se produisent à ce niveau. Néanmoins, à ce jour, il n'y a pas de relation universellement acceptée entre le coefficient de frottement mesuré et la réaction du système constitué par l'avion, bien qu'un État utilise le frottement mesuré par un décéléromètre sur certains types de surfaces contaminées en hiver et fasse le lien avec les distances d'atterrissage sur la même piste.

ÉQUIPEMENTS DE MESURE DU FROTTEMENT

Performances et utilisation de systèmes de mesure du frottement

6.3 Un système de mesure du frottement a deux utilisations distinctes sur un aéroport :

- a) principalement pour l'entretien de la chaussée de piste : il sert à surveiller la tendance des caractéristiques de frottement de surface associées au niveau de frottement minimal (seulement les systèmes de mesure du frottement en continu) ;
- b) dans le cadre d'une utilisation opérationnelle : il sert d'outil pour aider à évaluer le code RWYCC en présence de neige et de glace compactées sur la piste (systèmes de mesure du frottement en continu ou décéléromètres).

Critères nationaux de performances pour les systèmes de mesure du frottement

6.4 Les systèmes de mesure du frottement qui sont destinés à être utilisés dans des conditions opérationnelles doivent respecter la norme établie ou acceptée par l'État.

6.5 Les systèmes de mesure du frottement qui sont destinés à être utilisés pour la maintenance doivent respecter la norme de performances établie ou acceptée par l'État.

6.6 Les États doivent établir ou accepter une norme de performances à respecter par les systèmes de mesure du frottement. Les exploitants d'aérodromes ont l'obligation de s'assurer que les systèmes de mesure du frottement qu'ils utilisent respectent la norme de performances établie ou acceptée par l'État. Cela suppose d'établir des méthodes adéquates d'étalonnage et de corrélation. La reproductibilité et la fidélité des systèmes de mesure du frottement en continu devraient répondre aux critères fondés sur des mesures effectuées sur une surface d'essai.

6.7 Il n'y a pas encore de consensus international sur la façon d'exprimer la fidélité et la reproductibilité dans le domaine des mesures du frottement à effectuer pour l'entretien et les mesures à fournir aux exploitants d'aérodromes, bien que différentes conceptions et différents principes de mesure soient disponibles.

6.8 On ne dispose pas actuellement de procédures mondialement acceptées pour élaborer les méthodes et la logistique d'utilisation des systèmes de mesure du frottement. Certains États ont choisi d'élaborer des méthodes et logistiques basées sur les conditions locales et l'historique d'utilisations de systèmes de mesure du frottement sur leur territoire.

6.9 Les équipements de mesure du frottement ont été mis au point plus ou moins indépendamment par différents fabricants, et la principale raison pour laquelle leurs lectures ne sont pas corrélées est que chaque véhicule mesure quelque chose de différent, au moyen de roues et de pneus différents. Certains mesurent un coefficient de dérapage, d'autres mesurent le coefficient μ pour un rapport de glissement constant, d'autres mesurent μ pour un rapport de glissement variable et d'autres encore mesurent des forces latérales produites par des roues dévoyées, et ainsi de suite. Cette absence de corrélation entre les équipements est explicable, mais pose un problème majeur pour toute tentative de créer une échelle mondiale commune basée sur la comparaison des résultats.

6.10 L'OACI a modifié les normes associées à l'utilisation des systèmes de mesure du frottement.

6.11 Dans le cas des appareils de mesure du frottement utilisés à des fins opérationnelles, les dispositions de l'OACI ne font plus référence à des bandes de valeur des coefficients de frottement qui ont été associées aux qualificatifs de comparaison BON, MOYEN À BON, MOYEN À MÉDIOCRE et MÉDIOCRE. La référence historique pour cette échelle, qui a été établie en 1959, était l'appareil de mesure de freinage Tapley.

6.12 Dans le cas des appareils de mesure du frottement utilisés pour l'entretien des pistes, l'accent est mis sur la mesure de la tendance des caractéristiques de frottement de surface, des performances de l'appareil de mesure et la formation du personnel qui utilise les appareils pour les mesures de frottement. Une approche plus holistique fournissant des conseils sur les méthodes utilisées pour évaluer l'état de surface des pistes est présentée dans le Supplément A du Chapitre 1 (Partie II) des PANS-Aérodromes (Doc 9981).

6.13 L'Annexe 14, Volume I, § 2.9.9, Note 1, porte une attention particulière aux systèmes de mesure du frottement :

Des dépôts de caoutchouc, un polissage de la surface, un mauvais drainage ou d'autres facteurs peuvent dégrader les caractéristiques de frottement de la surface d'une piste ou d'une portion de piste. Il est déterminé qu'une piste ou une portion de piste mouillée est glissante au moyen de différentes méthodes utilisées seules ou en combinaison. Ces méthodes peuvent être des mesures fonctionnelles du frottement effectuées à l'aide d'un dispositif de mesure continue du frottement, qui ne répond pas à la norme minimale définie

par l'État, des observations du personnel de maintenance de l'aérodrome, des comptes rendus répétés de pilotes et d'exploitants d'aéronefs basés sur l'expérience de l'équipage de conduite ou obtenus par une analyse des performances d'arrêt de l'avion indiquant une surface subnormale. Des outils supplémentaires pour procéder à cette évaluation sont décrits dans les PANS-Aérodromes (Doc 9981).

6.14 Le Doc 9137, 2^e Partie, Tableau 3-1, n'a pas été mis à jour et reflète les niveaux qui ne sont plus considérés par l'OACI comme étant inconditionnellement valides (« Objectif de conception pour une surface neuve » et « Niveau de planification de l'entretien »)¹. L'appareil de mesure du frottement qui a servi de référence pour ce tableau date des années 1970, c'est le mu-mètre. Les niveaux minimaux de frottement dans ce tableau reflètent les niveaux historiques des appareils de mesure du frottement individuels identifiés et ne sont pas ajustés en fonction de comparaisons plus récentes de ces appareils. La reproductibilité, la fidélité, la fiabilité et les divers modèles de ces appareils ne sont pas pris en compte.

6.15 Les performances d'un appareil de mesure du frottement en continu à arrosage intégré doivent respecter la norme établie ou acceptée par l'État. L'objectif est de réduire l'incertitude globale liée au processus de mesure du frottement.

6.16 L'incertitude globale des mesures de frottement peut être gérée si les aspects suivants sont contrôlés :

- a) la formation du personnel ;
- b) la mesure des incertitudes ;
- c) la stabilité du dispositif de mesure du frottement.

FORMATION DU PERSONNEL

6.17 Les résultats de frottement peuvent être influencés par chaque tâche de procédé exécutée par des opérateurs humains, notamment, par exemple, les confirmations métrologiques des instruments de mesure ou les mesures effectuées sur place. En effet, on a constaté que les opérations d'étalonnage et la compétence des opérateurs avaient un effet significatif sur les résultats des mesures de frottement.

6.18 Une façon pragmatique d'aborder le problème de la formation consiste à étudier le processus de frottement et :

- a) à diviser le processus d'essai de frottement en plusieurs tâches pour identifier les tâches critiques ;
- b) à définir les compétences requises pour chaque tâche ;
- c) à élaborer des critères de qualification, de renouvellement ou de suspension de la qualification.

La Figure 6-1 présente des exemples de tâches d'essai de frottement, y compris des tâches jugées critiques.

1. Le Tableau 3-1 découle de recherches menées par les États, principalement les États-Unis et le Royaume-Uni. Cette recherche remonte aux années 1960, alors que les avions ont été intégrés à l'équation dans les années 1970. Ce n'est qu'au cours de la deuxième décennie des années 2000 que les liaisons avec les aéronefs ont été établies et qu'un niveau de performances de l'avion représenté par le code RWYCC 3 a été fixé au niveau de frottement minimal.

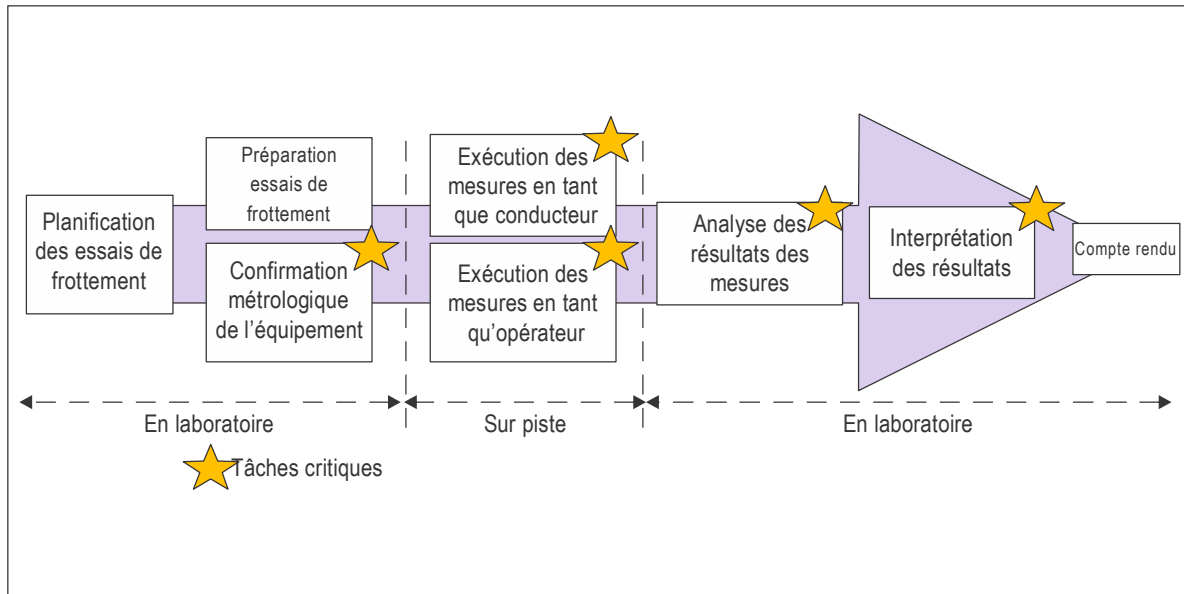


Figure 6-1. Exemples de tâches critiques du processus d'essai de frottement

6.19 Pour chaque tâche, les sources potentielles de non-conformité peuvent être déterminées. Il est important de porter une attention particulière aux tâches critiques, notamment à l'analyse des données.

6.20 Pour chaque tâche critique, certains critères pertinents ont été définis pour évaluer les connaissances et les compétences des opérateurs (voir le Tableau 6-1) et, le cas échéant, présenter un plan de formation. Un plan de formation comprend une partie théorique et une formation pratique dispensées par des opérateurs qualifiés.

DÉTERMINATION DES INCERTITUDES

6.21 L'objectif de l'étude des incertitudes des équipements est :

- a) d'identifier toutes les sources possibles d'incertitude ;
- b) de quantifier l'incertitude causée par ces sources ;
- c) de réduire l'incertitude de la mesure.

6.22 Une approche consiste à regrouper les sources de variations en cinq catégories :

- 1) l'opérateur : quiconque participe au processus (technicien de laboratoire, conducteur, opérateur, etc.) ;
- 2) les méthodes : exigences spécifiques pour effectuer la tâche de mesure, comme les procédures internes, les recommandations, les règles et les normes fournies aux niveaux local, régional ou international ;
- 3) les moyens : tout moyen (appareil, ordinateur, système d'acquisition, logiciel, etc.) utilisé pour effectuer les mesures et produire des résultats de frottement ;

Tableau 6-1. Exemples de niveaux de compétence requis pour trois tâches critiques

<i>Tâche critique</i>	<i>Compétence requise</i>	<i>Critères de qualification</i>	<i>Critères de renouvellement de la qualification</i>	<i>Critères de suspension de la qualification</i>
Effectuer des mesures en tant que conducteur	Être capable de maintenir la vitesse prescrite	a) Détenir un permis de conduire b) Maintenir la vitesse à +/- 5 km/h au cours des essais	Avoir mené deux campagnes d'essai en tant que conducteur au cours de l'année	a) Suspension du permis de conduire b) Au moins un test non valide
Effectuer des mesures en tant qu'opérateur	Connaître : a) la fonctionnalité et l'utilisation de l'appareil ; b) les fonctionnalités logicielles ; c) les paramètres de contrôle en cours d'utilisation	a) Lire la procédure b) Effectuer un test accompagné c) Évaluation sur des questions à choix multiples $\geq 8/10$	Avoir effectué une campagne d'essai à titre d'opérateur au cours de l'année	Au moins un test non valide
Confirmation métrologique de l'appareil	Savoir étalonner les capteurs de mesure en laboratoire	Théorie : lire la procédure – Évaluation sur des questions à choix multiples $\geq 8/10$ Pratique : effectuer un étalonnage accompagné	Avoir effectué deux étalonnages de laboratoire au cours de l'année	La manipulation d'un appareil de mesure a causé une panne

4) les matières : matières premières, comme les pneus, utilisées pour produire les résultats finaux ;

5) l'environnement : conditions, comme le lieu, l'heure, la température, les facteurs humains, le contexte ou la culture, dans lesquelles le processus se déroule.

6.23 La Figure 6-2 présente ces catégories sous la forme d'un diagramme indiquant certains paramètres du processus de mesure.

6.24 La plus grande partie de la variabilité peut être réduite en étalonnant, en réglant et en contrôlant correctement l'appareil de mesure.

6.25 Une conception expérimentale peut être mise en œuvre par des organisations qui ont la capacité d'effectuer des recherches afin de valider les paramètres qui influent le plus sur les résultats et de quantifier les incertitudes. Ces incertitudes peuvent également être estimées à partir de l'expérience ou de la comparaison.

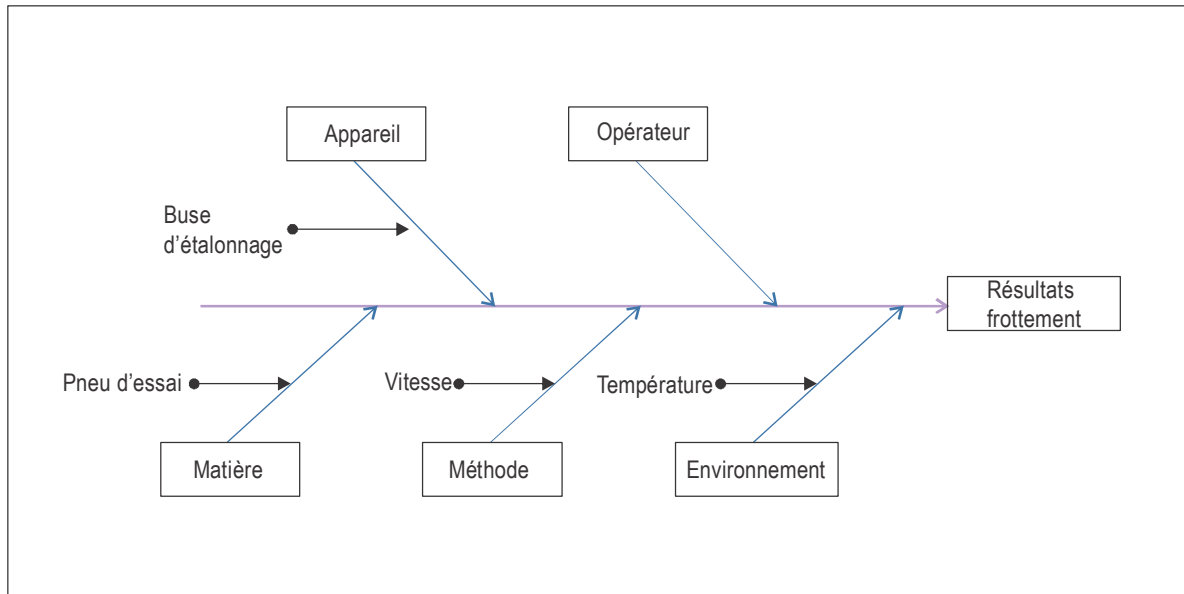


Figure 6-2. Exemples de catégories et de paramètres pour la mesure du coefficient de frottement

Stabilité des systèmes de mesure du frottement

6.26 Une préoccupation reconnue est la fidélité des appareils de mesure du frottement. Elle peut être assurée par les moyens suivants :

- a) un étalonnage régulier de l'appareil de mesure : les constantes d'étalonnage statiques doivent être comparées aux précédentes pour confirmer que l'appareil n'a pas dérivé (voir la Figure 6-3) ;
- b) des mesures faites sur une surface étalon : une surface exposée à une circulation faible ou nulle peut être identifiée et utilisée comme référence. La stabilité de l'appareil de mesure peut être assurée en évaluant la tendance du coefficient de frottement mesuré sur cette surface étalon. Cette recommandation est applicable aux mesures de frottement effectuées à des fins d'entretien, mais elle peut être difficile à appliquer aux mesures effectuées en hiver (voir la Figure 6-4).

UTILISATION DES APPAREILS DE MESURE DU FROTTEMENT

6.27 Une formation inadéquate du personnel et une gestion insuffisante des incertitudes contribuent à un niveau élevé de variabilité entre les lectures de frottement. Par conséquent, des erreurs sont introduites lors de l'évaluation des caractéristiques de frottement des surfaces de pistes. Une méthode de gestion de l'incertitude liée au fonctionnement des systèmes de mesure du frottement consiste à organiser des comparaisons régulières en se fondant sur la corrélation statistique avec un appareil étalon utilisé conformément aux principes définis aux § 6.21 à 6.26 sur le contrôle des incertitudes et la stabilité dans le temps, ainsi que sur la formation du personnel.

6.28 Bien gérer l'incertitude liée à un appareil de mesure ou à un parc de systèmes de mesure du frottement ainsi que les mesures fournies par ceux-ci n'est pas une tâche simple. Lorsque l'État établit des critères, il est important qu'il prenne en compte cette complexité.

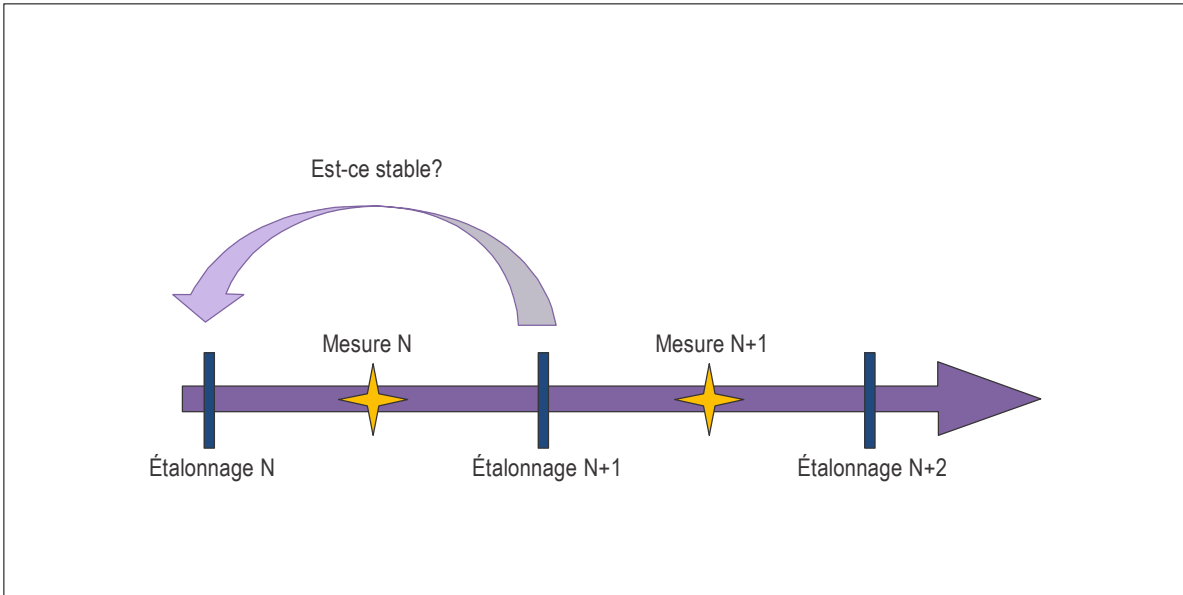


Figure 6-3. Vérification de la stabilité dans le temps des appareils de mesure du frottement par étalonnage statique

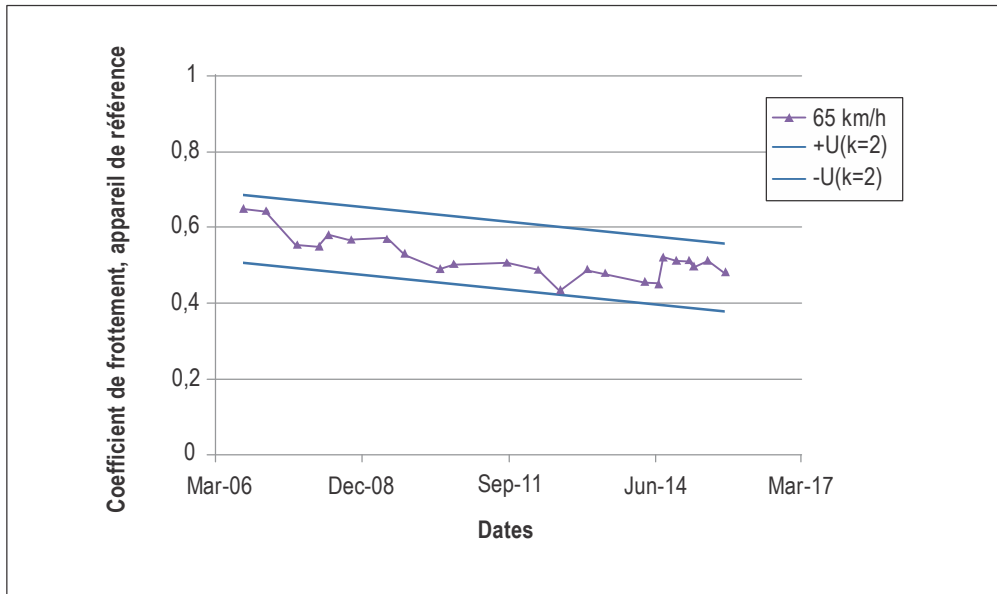


Figure 6-4. Vérification de la stabilité des appareils de mesure du frottement au moyen de surfaces étalons (mesures à des fins d'entretien)

6.29 Une caractéristique importante des mesures de frottement est qu'elles ne peuvent pas être facilement liées à une échelle absolue (précision), mais qu'elles conviennent mieux à la comparaison (incertitude), par exemple, comparer des pistes ou des parties de pistes à diverses vitesses. L'état des pistes, en tout ou en partie, peut donc être classé selon une échelle comparative allant du meilleur au pire.

6.30 Il s'ensuit, d'après ce qui précède, qu'un dispositif de mesure du frottement utilisé sur un certain nombre de pistes de plusieurs aérodromes sera en mesure de classer les pistes (ou leurs parties) en fonction de leur qualité relative, et d'identifier celles qui auront besoin d'une évaluation plus approfondie de leurs caractéristiques de frottement de surface.

6.31 L'utilisation d'un même système de mesure du frottement sur un certain nombre de pistes à différents aérodromes exigera également moins d'équipements individuels au niveau de l'État ou de la région et, par conséquent, moins de personnel pour faire fonctionner l'ensemble du parc de systèmes de mesure du frottement.

6.32 Lorsqu'un État établit ou accepte une norme de performances pour les systèmes de mesure du frottement en continu à arrosage intégré, trois scénarios sont possibles :

- a) chaque aérodrome possède ses propres systèmes de mesure du frottement ;
- b) le service est assuré par des fournisseurs de services indépendants ;
- c) une combinaison de a) et b).

6.33 Dans le scénario où chaque aérodrome possède son propre système de mesure du frottement, il faudra un grand nombre de systèmes de mesure et, fort probablement, des moyens d'harmoniser les principes de mesure. Par conséquent, il faudra un personnel nombreux. Si le service est confié à des fournisseurs de services indépendants, il faudra moins de systèmes de mesure et moins de personnel, ce qui réduira aussi le volume de formation. Du point de vue des performances et de la gestion de l'incertitude totale, le concept de fournisseur de services semble préférable.

6.34 Pour ce qui est de l'identification des pistes ou parties de pistes non conformes aux normes, le scénario de fournisseurs de services indépendants a l'avantage d'une meilleure probabilité d'identifier les pistes non conformes aux normes. Cela tient au simple fait que les mêmes systèmes de mesure du frottement seront utilisés sur plusieurs pistes d'un certain nombre d'aérodromes. Ce concept simplifie également la surveillance de l'ensemble des pistes nécessitant une intervention dans un État ou une région.

6.35 Il n'est pas nécessaire de mesurer le frottement dans le cadre de l'entretien au quotidien, car les processus qui entraînent l'accumulation de caoutchouc, les changements de géométrie ou le polissage sont tous lents, l'accumulation de caoutchouc étant d'ailleurs la plus fréquente.

UTILISATION OPÉRATIONNELLE — NEIGE COMPACTÉE ET GLACE

6.36 Lorsqu'un État établit ou accepte une norme pour les équipements de mesure du frottement en vue d'une utilisation opérationnelle en hiver, le scénario est différent. L'appareil de mesure du frottement sera utilisé quotidiennement dès que des surfaces sont recouvertes de neige compactée ou de glace.

6.37 Dans l'aviation on utilise deux grandes catégories d'équipements de mesure du frottement : les systèmes de mesure en continu et les décéléromètres. Chacune de ces catégories a ses avantages et ses inconvénients.

6.38 Les systèmes de mesure en continu donnent des lectures continues, offrent un milieu de travail plus calme pour l'opérateur et exigent moins de temps d'occupation des pistes. Par contre, l'opérateur est plus éloigné du processus de mesure que lorsqu'il travaille avec un décéléromètre.

6.39 Avec un décéléromètre, le processus de mesure ponctuelle est moins souple pour l'opérateur. Une différence majeure entre les décéléromètres et les autres types d'appareils est, qu'avec les premiers, l'opérateur fait partie intégrante du processus de mesure. En plus d'effectuer la mesure, l'opérateur peut sentir le comportement du véhicule sur lequel le décéléromètre est installé et mieux interpréter le processus de décélération. C'est une source de renseignements supplémentaires dans le processus d'évaluation globale où toutes les informations disponibles doivent être prises en compte pour relever ou abaisser le niveau d'adhérence de la piste. Par contre, l'utilisation d'un décéléromètre représente plus de temps d'occupation de la piste.

6.40 Les seuils historiques déterminés avec l'appareil Tapley étaient fondés sur des lectures faites sur la neige compactée ou la glace avant et après les activités d'entretien (sablage) et après l'enlèvement de la neige fraîche surmontant la neige compactée ou la glace. Dans un contexte opérationnel, les premières données sur la glissance des pistes ont été les évaluations de l'efficacité de freinage faites par les équipages des avions dans les pays scandinaves, à la fin des années 1950. Le sable utilisé était soit saupoudré à la surface de la neige compactée ou de la glace, soit fixé en place en fondant la couche superficielle de la glace à l'aide de brûleurs à flamme nue.

6.41 Avec l'introduction des systèmes de mesure en continu, si la piste était partiellement couverte de neige compactée ou de glace dans le sens longitudinal, les opérateurs des systèmes de mesure devaient faire appel à leur expérience pour interpréter les valeurs mesurées. Les lectures obtenues sur des surfaces de neige non compactée et de glace tendre n'entraient en principe pas dans le cadre de l'hypothèse de base et devaient être traitées à part si elles faisaient partie de l'évaluation globale.

Chapitre 7

SÉCURITÉ, FACTEURS HUMAINS ET DANGERS

SÉCURITÉ

Évolution de la sécurité

7.1 Rétrospectivement, les progrès historiques de la sécurité de l'aviation peuvent se répartir entre trois époques :

- a) le système fragile (des années 1920 aux années 1970) ;
- b) le système sécuritaire (des années 1970 au milieu des années 1990) ;
- c) le système ultrasécuritaire (depuis le milieu des années 1990).

7.2 L'ATM du futur reposera sur des services évolués d'échange et de partage des données qui transmettront l'information aéronautique. Au préalable, il faudra que toutes les informations soient fournies en format numérique pour pouvoir être traitées automatiquement sans intervention humaine. Un « NOTAM numérique » ou un RCR peut être défini comme une série structurée de données contenant les informations qui sont actuellement transmises en texte dans des messages NOTAM.

7.3 Il importera de s'assurer que les données sont exactes, complètes et à jour. Les actuels messages NOTAM et RCR continueront d'être émis, mais les messages seront basés sur la conversion des données aéronautiques numériques, qui deviendront la référence.

7.4 En bref, les dispositions élaborées dans la période du système fragile et révisées dans le système sécuritaire devront dorénavant être actualisées dans le système ultrasécuritaire en utilisant les données numériques à jour, comme le montre la Figure 7-1.

Interface humaine

7.5 Autour du traitement automatisé, on conservera trois interfaces humaines :

- a) le personnel de l'aérodrome qui produit l'information ;
- b) le personnel ATM qui transmet les informations par radiotéléphonie à l'utilisateur final ;
- c) l'équipage de conduite qui utilise les informations.

7.6 Même avec les systèmes automatisés, une formation complète est nécessaire pour le personnel opérationnel concerné.

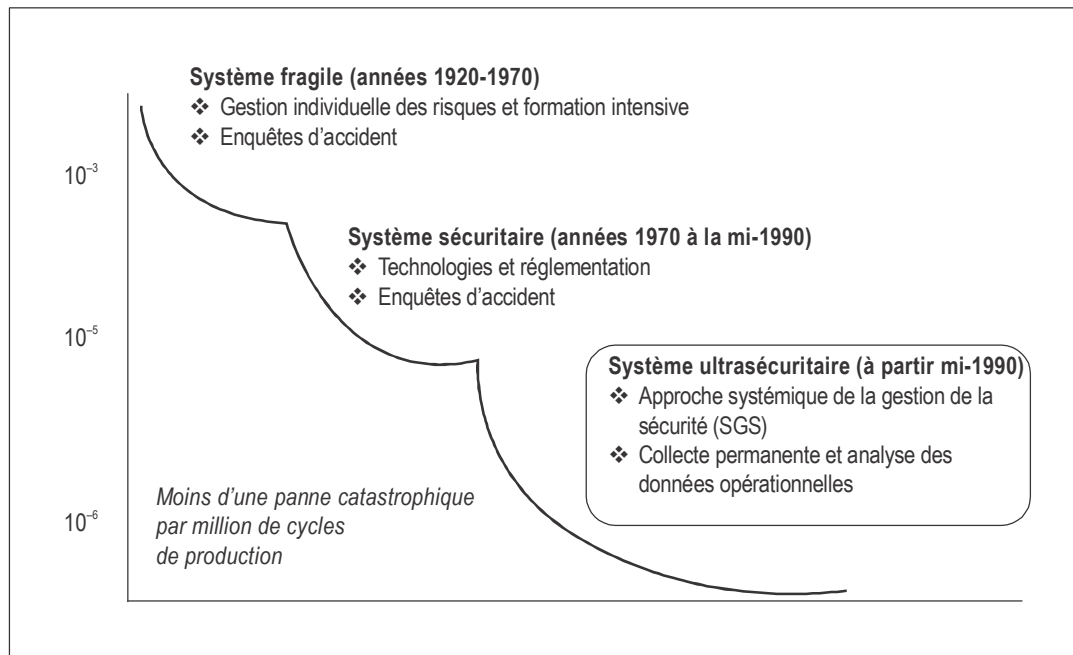


Figure 7-1. Historique de l'évolution de la sécurité de l'aviation

Marges de sécurité

7.7 Dans l'ensemble, pour plus de sécurité, la méthodologie utilisée pour les évaluations de performances d'aéronefs devrait être conservatrice. Certains paramètres qui influent sur les performances d'aéronefs sont connus d'avance avec une précision suffisante ; d'autres paramètres sont plus incertains ou pourraient changer rapidement. Dans le cas des paramètres qui ne peuvent être déterminés précisément, il peut être nécessaire d'être encore plus conservatif. Cela peut se faire en formulant des hypothèses prudentes pour le paramètre lui-même en tant qu'intrant dans l'évaluation des performances ou en ajoutant des marges opérationnelles au résultat obtenu.

7.8 Doubler les facteurs de sécurité serait inutile et même nuisible en engendrant de plus grandes pénalités économiques et des conséquences indésirables, comme des déroutements inopportuns. À l'inverse, l'absence de facteurs de sécurité pourrait conduire à des situations dangereuses. Par conséquent, tous les acteurs concernés doivent être conscients de l'incertitude qui affecte les paramètres pertinents. Le personnel de l'aérodrome devrait donc faire de son mieux pour communiquer avec précision l'état de la surface de piste, plutôt que de faire une évaluation systématiquement conservatrice.

FACTEURS HUMAINS

Introduction

7.9 Les facteurs humains ont une influence sur la collecte de données sur le frottement des pistes et aussi sur la façon dont ces informations sont communiquées à ceux qui en ont besoin. Les principaux participants à ce processus sont ceux qui collectent les données, ceux qui transmettent les données et ceux qui utilisent l'information. Il importe que les deux parties (les transmetteurs et les destinataires) de la boucle de communication aient une compréhension claire, commune et sans ambiguïté de la terminologie.

Énoncé du problème

7.10 Le principal aspect des facteurs humains est que chaque action fait partie d'une chaîne d'événements qui requiert une coopération entre les parties et que ces actions doivent être exécutées dans un ordre particulier, chacune dépendant d'un aboutissement réussi de la précédente. La partie « comment le faire » peut être planifiée, écrite sous la forme d'instructions et convenue d'avance par tous les participants, mais le résultat final ne pourra être atteint que grâce au travail d'équipe, à la négociation, à la communication et à la coopération.

Participants

7.11 Qui sont les principaux participants à ces opérations ? Le personnel qualifié de l'aérodrome est chargé de recueillir des renseignements sur les caractéristiques de frottement de la surface de la piste. Du côté de l'exploitant d'aéronef, l'équipage de conduite a la responsabilité de la gestion sécuritaire du vol. Entre les deux se trouve le contrôleur de la circulation aérienne (ATC) dont le rôle, dans ce contexte, se limite essentiellement à transmettre à l'équipage les renseignements au sujet de la piste et à tenir compte des réponses qui lui viennent du poste de pilotage. Le centre de régulation des vols de la compagnie aérienne est relié à ce flux d'information et utilise les renseignements recueillis auprès de l'exploitant de l'aérodrome, de l'équipage de conduite et de l'ATC pour planifier ou modifier les horaires de vol en conséquence.

Communication et travail d'équipe

7.12 Depuis plus de vingt ans, les facteurs humains au sein du poste de pilotage sont surtout centrés sur la formation en équipe et la gestion des ressources en équipe (CRM) pour que les pilotes soient formés à utiliser toutes les ressources dont ils peuvent disposer (y compris les ressources humaines) pour voler en toute sécurité. De nombreuses tâches comportent un élément de travail d'équipe, et la communication entre membres de l'équipe est donc cruciale. Une des questions souvent posées dans la phase d'introduction de la formation en équipe est « qui constitue l'équipe ? ». Pour répondre à cette question, la plupart des gens, au moins initialement, mentionnent leurs collègues dans le voisinage immédiat qui sont effectivement impliqués dans leurs tâches quotidiennes. Quelques-uns regarderont hors de leur secteur immédiat d'expertise et envisageront d'autres acteurs dans le système, avec lesquels ils entrent en contact. Si la portée de l'« équipe » n'est pas prise en compte, cela entraîne à tout le moins une communication déficiente et, ce qui est plus grave, un manque de confiance, des malentendus ou même des conflits de personnalités. En tout état de cause, la sécurité du système risque fort d'en souffrir.

7.13 Cependant, la communication concerne plus que les seuls échanges par la voix humaine. La communication orale peut être entourée de problèmes, mais la communication écrite peut aussi être un champ de mines. Le transfert des tâches à l'occasion des pauses ou des changements d'équipe comporte souvent des communications écrites aussi bien qu'orales et on a constaté que c'était une source de problèmes dans plusieurs industries, pas seulement dans l'aviation. Des entrées incomplètes dans des registres, des échanges oraux trop pressés et mal formulés, ou l'absence d'un moyen systématique de communiquer l'avancement d'une tâche, tout cela contribue à des problèmes lors des transferts de responsabilités.

Normes et procédures

7.14 Certaines des principales sources de communication écrite sont les procédures et les instructions, basées sur des normes réglementaires conçues pour encadrer l'exécution correcte de la tâche.

Conclusion

7.15 L'étude des facteurs humains exige une approche méthodique. Chaque fois que l'erreur s'insinue dans une activité humaine, perturbant les objectifs ou même causant des incidents ou des accidents, il faut identifier sa cause. La cause sera souvent un enchaînement de malentendus ou d'actes inappropriés. Chacun d'eux peut très bien sembler inoffensif isolément, mais ensemble ils conduisent à l'échec. Les traits humains qui mènent à ces erreurs nécessitent une étude patiente pour les surmonter.

7.16 Les paragraphes ci-dessus donnent des renseignements généraux sur les facteurs humains, mais ne couvrent pas l'ensemble du sujet. Plusieurs documents de l'OACI fournissent des renseignements plus détaillés sur les facteurs humains.

DANGERS

Gestion des risques pour la sécurité et caractéristiques de frottement de la surface de piste

7.17 L'application de la gestion de la sécurité aux manœuvres d'aéronefs dans la zone de contact critique pneu/sol est une question complexe.

7.18 Aucune activité ne peut être absolument exempte de risques, mais on peut gérer les activités de manière que le risque soit ramené à un niveau acceptable. Si le risque reste trop élevé, les activités devront être retardées ou modifiées et une nouvelle évaluation du risque devra être effectuée. Il faut souvent se contenter d'un compromis entre les besoins de la tâche et la nécessité de maximiser la sécurité dans l'exécution de la tâche. L'équilibre sera parfois difficile à réaliser mais devrait toujours pencher du côté de la sécurité.

7.19 Le *Manuel de gestion de la sécurité (MGS)* (Doc 9859) rassemble des conseils sur les principes et concepts de gestion de la sécurité, ainsi que sur les pratiques applicables à la mise en œuvre de programmes de sécurité efficaces par l'État et à la surveillance des systèmes de gestion de la sécurité (SGS) par les fournisseurs de produits et de services.

7.20 Le processus de gestion des risques pour la sécurité peut sembler assez simple en théorie et, en fait, il peut être facilement mis en place dans les industries de transformation qui bénéficient de connaissances, de temps et de moyens de planification suffisants et qui ont un contrôle étroit sur leurs activités. Toutefois, le personnel de l'aérodrome et l'équipage de conduite sont dans une situation plus complexe qu'un modèle schématique pourrait le laisser entendre en raison de la nature variable des conditions météorologiques. L'exposition aux dangers pourrait être trop brève pour procurer une expérience suffisante, ce qui fait ressortir l'importance de la formation.

7.21 Une évaluation efficace du risque requiert avant tout des données solides pour permettre l'identification des dangers. Les Appendices B à E du présent document énumèrent certains dangers connus couramment associés aux caractéristiques physiques, fonctionnelles et opérationnelles de frottement de la surface des pistes :

- a) Appendice B — Dangers liés aux caractéristiques de frottement de surface et à la chaussée ;
- b) Appendice C — Dangers liés aux caractéristiques de frottement de surface et aux aéronefs ;
- c) Appendice D — Dangers liés aux problèmes de frottement et format de compte rendu ;
- d) Appendice E — Dangers liés aux caractéristiques de frottement de surface et à l'atmosphère.

7.22 Les personnes concernées devraient être formées à l'identification des conditions dangereuses et au respect de procédures établies et de normes relatives au danger identifié. Les phénomènes qui se produisent dans la zone de contact critique pneu-sol exigent une bonne évaluation et un jugement sûr de la part de ceux qui identifient les conditions dans l'aire de mouvement et de ceux qui agissent sur l'aire de mouvement dans les conditions ambiantes.

Équipe de sécurité des pistes

7.23 Le rôle d'une équipe de sécurité des pistes (RST) est d'élaborer un plan d'action pour la sécurité des pistes. Ce plan d'action devrait, à tout le moins, faciliter la détermination des dangers et la réalisation d'évaluations des risques pour la sécurité des pistes, et recommander des mesures d'élimination des dangers et d'atténuation des risques résiduels. Ces mesures peuvent être élaborées en fonction des événements locaux ou combinées à des renseignements recueillis par ailleurs. De plus amples renseignements sur les équipes RST se trouvent dans les PANS-Aérodromes (Doc 9981) et dans le *Manuel de l'équipe de sécurité des pistes*, qui se trouve sur le site web de l'OACI.

7.24 La RCAM et les procédures connexes sont d'application mondiale et ont été élaborées avec l'apport technique des aviateurs. Les RST n'ont donc pas l'autorité nécessaire pour les modifier. Toutefois, il est possible de discuter de la fréquence des comptes rendus ou des procédures locales associées. Toute sortie de piste ou toute incursion sur une piste mouillée ou contaminée pourrait faire l'objet d'un examen par la RST.

Appendice A

LES DIFFÉRENTES CONFIGURATIONS DE LA MATRICE RCAM

Le Tableau A-1 illustre la RCAM pour un aérodrome qui n'est jamais exposé à des conditions de neige ou de glace ou n'en signale jamais.

**Tableau A-1. RCAM — Piste MOUILLÉE ou SÈCHE seulement
(d'après les PANS-Aérodromes [Doc 9981])**

<i>MATRICE D'ÉVALUATION DE L'ÉTAT DES PISTES (RCAM)</i>				
<i>Code d'état de la piste (RWYCC)</i>	<i>Critères d'évaluation</i>		<i>Critères d'évaluation pour déclassement</i>	
	<i>Description de la surface de la piste</i>		<i>Décélération de l'avion ou observation concernant la maîtrise de la direction</i>	<i>Comptes rendus des pilotes sur l'efficacité du freinage</i>
6	<ul style="list-style-type: none"> SÈCHE 		---	---
5	<ul style="list-style-type: none"> MOUILLÉE (La surface de la piste est recouverte de toute humidité ou de toute eau visible jusqu'à 3 mm de profondeur inclusivement.) 		Décélération au freinage normale pour l'effort de freinage des roues ET maîtrise de la direction normale.	BON
4			Décélération au freinage OU maîtrise de la direction entre BONNE et MOYENNE.	BON À MOYEN
3	<ul style="list-style-type: none"> MOUILLÉE (piste « glissante mouillée ») 		Décélération au freinage sensiblement réduite pour l'effort de freinage des roues OU maîtrise de la direction sensiblement réduite.	MOYEN
2	Profondeur d'eau de plus de 3 mm : <ul style="list-style-type: none"> EAU STAGNANTE 		Décélération au freinage OU maîtrise de la direction entre MOYENNE et MÉDIOCRE.	MOYEN À MÉDIOCRE
1			Décélération au freinage sensiblement réduite pour l'effort de freinage des roues OU maîtrise de la direction sensiblement réduite.	MÉDIOCRE
0			Décélération au freinage minimale à nulle pour l'effort de freinage des roues OU maîtrise de la direction incertaine.	INFÉRIEUR À MÉDIOCRE

Note.— Il n'est pas possible de relever un code RWYCC de 5,4,3 ou 2.

Version horizontale de la RCAM

<i>Matrice d'évaluation de l'état des pistes (RCAM)</i>																				
État de la surface de piste	SÈCHE	MOUILLÉE (humidité visible)	MOUILLÉE (« mouillée glissante »)	CONTAMINÉE																
Descripteurs de l'état de la surface de piste				EAU STAGNANTE	EAU ³	GIVRE	NEIGE FONDANTE		NEIGE SÈCHE				NEIGE MOUILLÉE			NEIGE COMPACTÉE		GLACE ²	GLACE MOUILLÉE ²	
Profondeur		Jusqu'à et y compris 3 mm		Plus de 3 mm			Jusqu'à et y compris 3 mm	Plus de 3 mm	Jusqu'à et y compris 3 mm	Plus de 3 mm			Jusqu'à et y compris 3 mm	Plus de 3 mm						
Les descripteurs de l'état de la surface de piste se poursuivent					SUR NEIGE COMPACTÉE ²								SUR NEIGE COMPACTÉE	SUR COUCHE DE GLACE ²		SUR NEIGE COMPACTÉE	SUR COUCHE DE GLACE ²	Température de l'air extérieur < -15 °C ¹	Température de l'air extérieur > -15 °C ¹	Conditions froides et sèches
RWYCC	6	5	3	2	0	5	5	2	5	3		0	5	3		0	4	3	1	0
<i>Critères d'évaluation pour déclassement</i>																				
Décélération de l'avion ou observation concernant la maîtrise de la direction	Décélération au freinage normale pour l'effort de freinage des roues ET maîtrise de la direction normale		Décélération au freinage OU maîtrise de la direction entre BONNE et MOYENNE			Décélération au freinage sensiblement réduite pour l'effort de freinage des roues OU maîtrise de la direction sensiblement réduite			Décélération au freinage OU maîtrise de la direction entre MOYENNE et MÉDIOCRE			Décélération au freinage sensiblement réduite pour l'effort de freinage des roues OU maîtrise de la direction sensiblement réduite			Décélération au freinage minimale à nulle pour l'effort de freinage des roues OU maîtrise de la direction incertaine					
AIREP	BON		BON À MOYEN			MOYEN			MOYEN À MÉDIOCRE			MÉDIOCRE			INFÉRIEUR À MÉDIOCRE					
RWYCC	5		4			3			2			1			0					

1. La température de la surface de la piste devrait être utilisée de préférence lorsqu'elle est disponible.
2. L'exploitant de l'aérodrome peut attribuer un RWYCC plus élevé (mais pas plus que 3) à chaque tiers de la piste, à condition de respecter la procédure des PANS-Aérodromes (Doc 9981), § 1.1.3.15.
3. Le descripteur de l'état de la surface de piste est « EAU SUR NEIGE COMPACTÉE ». L'« EAU » seule n'est pas à communiquer.

Appendice B

DANGERS LIÉS AUX CARACTÉRISTIQUES DE FROTTEMENT DE SURFACE ET À LA CHAUSSÉE

<i>Danger</i>	<i>Caractéristiques du frottement</i>			<i>Changements notables</i>
	<i>Physiques</i>	<i>Fonctionnelles</i>	<i>Opérationnelles</i>	
Texture	Microtexture	Glissant	Glissant	Retexturage
	Macrotexture	Humide, lisse		Différent de BC (ESDU 71026)
	Macrotexture	Mouillé, résistant au dérapage		Différent de DE (ESDU 71026)
Pas de pente	Eau stagnante	Mauvais drainage de l'interface pneu-sol	Distance d'arrêt plus longue	Nouvelle construction
		Aquaplanage	Perte de maîtrise de la direction	
Agrégat naturel arrondi	Risque de polissage	Glissant	Glissant mouillé	Retexturage Réfection de chaussée
Dépôt de caoutchouc sur agrégat broyé	Recouvrement de la texture	Relief de texture réduit	Pas de crédit de performances sur chaussée mouillée, résistante au dérapage	Enlever dépôt de caoutchouc
		Glissant	Glissant	
Dépôt de caoutchouc sur agrégat naturel lisse	Recouvrement de la texture	Relief de texture réduit	Distance d'arrêt plus longue	
		Glissant	Glissant	
Rainures	Fermeture des rainures par déformation	Mauvais drainage de l'interface pneu-sol	Distance d'arrêt plus longue	Dégagement des rainures
			Pas de crédit de performances sur chaussée mouillée, résistante au dérapage	
	Obstruction des rainures par les contaminants	Mauvais drainage de l'interface pneu-sol	Distance d'arrêt plus longue	Enlèvement du contaminant
			Pas de crédit de performances sur chaussée mouillée, résistante au dérapage	

Appendice C

DANGERS LIÉS AUX CARACTÉRISTIQUES DE FROTTEMENT DE SURFACE ET AUX AÉRONEFS

<i>Danger</i>	<i>Caractéristiques du frottement</i>			<i>Changements notables</i>
	<i>Physiques</i>	<i>Fonctionnelles</i>	<i>Opérationnelles</i>	
Usure des pneus	Profondeur des sculptures de pneus	Drainage à l'interface pneu-sol	Hypothèse de base pour résistance au dérapage sur chaussée mouillée	Hypothèse basée sur une profondeur de sculptures de 2 mm
Changement de la pression de gonflage	Pression de gonflage	Capacité d'évacuation de l'eau à l'interface pneu-sol	Hypothèse de base pour résistance au dérapage sur chaussée mouillée	Courbes (p. ex. équations) dans les spécifications de certification harmonisées pour les pressions de 50, 100, 200 et 300 livres par pouce carré (psi)

Appendice D

DANGERS LIÉS AUX PROBLÈMES DE FROTTEMENT ET FORMAT DE COMPTE RENDU

Danger	Caractéristiques du frottement			Changements notables
	Physiques	Fonctionnelles	Opérationnelles	
Sèche	Sèche		Certification limitée	
Humide			Données de performances sur piste mouillée	
Mouillée	Mouillée	Efficacité de freinage réduite	Données de performances sur piste mouillée	3 mm jusqu'à 15 mm inclusivement
Mouillée, résistante au dérapage	Mouillée	Efficacité de freinage réduite	Données de performances sur piste mouillée, résistante au dérapage	3 mm jusqu'à 15 mm inclusivement
Eau stagnante	Mouillée	Risque d'aquaplanage		3 mm ou plus
Couverte de givre	Couche mince ; normalement moins de 1 mm			
Neige sèche	Couverture Profondeur	Efficacité de freinage réduite Résistance de traînée	Distance d'arrêt plus longue Distance de décollage plus longue	25 % 20 mm
Neige mouillée	Couverture Profondeur	Efficacité de freinage réduite Résistance de traînée	Distance d'arrêt plus longue Distance de décollage plus longue	25 % 5 mm
Neige fondante	Couverture Profondeur	Efficacité de freinage réduite Résistance de traînée	Distance d'arrêt plus longue Distance de décollage plus longue	25 % 3 mm jusqu'à 15 mm inclusivement
Glace mouillée Neige compactée Glace	Couverture	Efficacité de freinage réduite	Distance d'arrêt plus longue	25 %
Sable	Présence	Efficacité de freinage réduite	Distance d'arrêt plus longue	
Boue	Présence	Efficacité de freinage réduite	Distance d'arrêt plus longue	
Écoulement d'huile ou de carburant	Présence	Efficacité de freinage réduite	Distance d'arrêt plus longue	

Appendice E

DANGERS LIÉS AUX CARACTÉRISTIQUES DE FROTTEMENT DE SURFACE ET À L'ATMOSPHÈRE

<i>Danger</i>	<i>Caractéristiques du frottement</i>			<i>Changements notables</i>
	<i>Physiques</i>	<i>Fonctionnelles</i>	<i>Opérationnelles</i>	
Précipitation	Contaminant	Influence à l'interface pneu-surface	Efficacité de freinage réduite	
Vent	Vent traversier	Risque d'aéronef déporté latéralement	Perte de maîtrise directionnelle	
Température	Précipitation se congelant	Influence sur le système antidérapage	Efficacité de freinage réduite	
Rayonnement	Humidité se congelant au sol	Influence sur le système antidérapage	Efficacité de freinage réduite	

Appendice F

OBJECTIVITÉ ET SUBJECTIVITÉ

1. Lorsqu'il évalue l'état de surface des pistes, l'exploitant de l'aérodrome fait preuve d'objectivité dans le processus d'évaluation en utilisant le concept défini et les procédures connexes qui se trouvent dans les PANS-Aérodromes (Doc 9981). Toutefois, il restera toujours un élément de subjectivité dans un processus d'évaluation. Cette subjectivité est contrôlée par la manière dont l'exploitant de l'aérodrome maîtrise et réduit l'incertitude en cause.
2. Le personnel chargé d'évaluer et de rendre compte de l'état de la surface des pistes doit être formé et compétent pour s'acquitter de ces tâches. La formation de ce personnel est un élément clé pour l'exploitant de l'aérodrome lorsqu'il doit gérer et réduire l'incertitude.

Qu'est-ce que l'incertitude? [Traduction]

Il y a des choses que vous savez être vraies, et d'autres que vous savez être fausses ; cependant, malgré cette vaste connaissance que vous avez, il reste beaucoup de choses dont vous ignorez si elles sont vraies ou fausses. Disons que vous êtes incertain à leur sujet. Vous êtes incertain, à des degrés divers, à propos de tout ce qui vous attend dans le futur, une grande partie du passé vous est inconnue et il y a une grande partie du présent au sujet de laquelle vous n'avez pas toute l'information. L'incertitude est partout et vous ne pouvez pas y échapper.

Dennis V. Lindley, *Comprendre l'incertitude*, 2006¹

3. L'incertitude caractérise une situation dans laquelle l'information est imparfaite ou inconnue. Elle s'applique aux mesures physiques déjà effectuées, aux prédictions d'événements futurs et à l'inconnu. Dans notre vie quotidienne, nous sommes tous souvent confrontés à des situations où une décision doit être prise sans que nous ne sachions exactement comment procéder.
4. La principale raison de communiquer l'incertitude est d'aider les utilisateurs à prendre des décisions plus rationnelles.
5. Dans le format de compte rendu mondial, le message est la séquence d'informations fournie. Cette séquence d'informations n'exprime pas l'incertitude inhérente en termes techniques. Les utilisateurs sont présumés avoir été informés des causes sous-jacentes de l'incertitude par une formation appropriée, et l'incertitude sera encore mieux encadrée par l'application de leurs procédures d'exploitation normalisées (SOP).
6. Il est important que les utilisateurs comprennent que lorsqu'ils prennent des décisions en présence d'incertitude, il y aura des cas de fausses alarmes. Il s'agit d'un attribut de l'évaluation de l'état de la surface de piste. Il incombe à l'exploitant de l'aérodrome de gérer et de restreindre l'incertitude de manière à respecter le niveau attendu des utilisateurs finaux de l'information, c'est-à-dire les pilotes. Pour ce faire, il est essentiel de préserver l'intégrité conceptuelle du format de compte rendu mondial en utilisant l'ensemble approuvé de définitions.

1. Dennis V. Lindley, *Understanding Uncertainty*. John Wiley & Sons, Inc., 2006.

7. Les prévisionnistes (comme l'OMM) connaissent très bien la question de l'incertitude et de la prévisibilité, et ils doivent y faire face chaque fois qu'ils élaborent une prévision. L'incertitude dans les prévisions peut également découler de la manière dont le prévisionniste utilise les renseignements disponibles. La principale raison de communiquer l'incertitude des prévisions est d'aider les gens à prendre des décisions plus rationnelles. C'est particulièrement le cas lorsque les utilisateurs des prévisions doivent faire un choix entre diverses options et veulent prendre en compte les impondérables. Le langage verbal de l'incertitude peut souvent être plutôt subjectif ; ce que le prévisionniste prévoit ne correspond pas toujours à ce que le destinataire comprend. Des prévisionnistes, comme l'OMM, ont élaboré une échelle de probabilité pour réduire cette incertitude et l'associer à une notion probabiliste. Cette échelle est illustrée au Tableau F-1.

8. L'échelle du Tableau F-1 sera également utile pour gérer le format de compte rendu mondial (à tous les niveaux), car elle reprend la terminologie utilisée par les prévisionnistes en météorologie. Tenir compte de la raison fondamentale de la communication décrite au § 7.

Gérer et réduire l'incertitude — Qui fait quoi ?

9. En ce qui concerne le système et le format de compte rendu mondial, tous les intervenants ont leur part dans la gestion et la réduction de l'incertitude. Le Tableau F-2 énumère les intervenants et leurs responsabilités.

Tableau F-1. Échelle de probabilité

<i>Terminologie</i>	<i>Probabilité d'occurrence/résultat</i>
Extrêmement probable	Probabilité supérieure à 99 %
Très probable	Probabilité de 90 % à 99 %
Probable	Probabilité de 70 % à 89 %
Probable – plus probable que le contraire	Probabilité de 55 % à 69 %
Aussi probable que le contraire	Probabilité de 45 % à 54 %
Possible – moins probable que le contraire	Probabilité de 30 % à 44 %
Improbable	Probabilité de 10 % à 29 %
Très improbable	Probabilité de 1 % à 9 %
Extrêmement improbable	Probabilité inférieure à 1 %

Tableau F-2. Gérer et réduire l'incertitude

<i>GÉRER ET RÉDUIRE L'INCERTITUDE</i>				
<i>QUI</i>	<i>FAIT</i>		<i>QUOI ?</i>	<i>Comment s'améliorer (y arriver)</i>
OACI	SARP, PANS et des éléments d'orientation	Que faire	Élaborer le format de compte rendu mondial	<ul style="list-style-type: none"> Superviser la mise en œuvre Base de données mondiale Plus grande participation
RÉGIONS OACI	Service aux États (formation)		Adoption au niveau régional du format de compte rendu mondial	<ul style="list-style-type: none"> Commentaires des régions à l'OACI
ÉTATS	Réglementation (adoption locale)	Comment procéder	Adoption et mise en œuvre au niveau local du format de compte rendu mondial	<ul style="list-style-type: none"> Commentaires des États à l'OACI
RÉGION DES ÉTATS	Réglementation (adoption régionale)		Adoption par les régions (États) du format de compte rendu mondial	<ul style="list-style-type: none"> Superviser la mise en œuvre Recueillir les commentaires des États membres et les partager
AVIONNEURS ET TITULAIRES DE CERTIFICAT DE TYPE	Performances de l'avion (SOP)		Fournir des données sur les performances, des SOP et des éléments d'orientation	<ul style="list-style-type: none"> Partager l'information sur l'avion Élaborer davantage la colonne « critères d'évaluation pour déclassement » de la RCAM Automatiser les procédures AIREP
FOURNISSEURS DE SERVICES	Certificat, SGS	Faire	Adopter la gestion du format de compte rendu mondial dans leur SGS	<ul style="list-style-type: none"> Partager avec l'OACI leurs commentaires sur le processus de gestion Contribuer aux équipes RST
AÉRODROMES	Origine de l'information		Produire la séquence d'informations par la collecte, l'évaluation et le traitement des données	<ul style="list-style-type: none"> Formation périodique. Programmes de formation et contrôle des compétences du personnel responsable des procédures (SGS) Utiliser les nouvelles technologies dans la mesure où elles sont disponibles, avantageuses et acceptables par l'autorité

QUI	FAIT		QUOI ?	Comment s'améliorer (y arriver)
		Faire		<ul style="list-style-type: none"> Amélioration grâce à un système de gestion de grande qualité Automatisation des procédures AIREP
ATC	Phraséologie – ATIS		Transmettre la séquence d'informations par la phraséologie et par l'ATIS. Recevoir et diffuser les AIREP.	<ul style="list-style-type: none"> Formation périodique Programmes de formation et contrôle des compétences du personnel responsable des procédures (SGS) Contribuer aux équipes RST Utiliser l'ATIS numérique Automatiser les procédures AIREP
AIS	Diffusion		Diffuser la séquence d'informations vers les utilisateurs intermédiaires et finaux	<ul style="list-style-type: none"> Formation périodique Programmes de formation et contrôle des compétences du personnel responsable des procédures (SGS) Automatisation pour réduire les facteurs humains
AVIONS DE LIGNE	Utilisation des informations	Utiliser	Besoin opérationnel de ces renseignements dans la séquence d'informations	<ul style="list-style-type: none"> Utiliser les nouvelles technologies dans la mesure où elles sont disponibles, avantageuses et acceptables par l'autorité Partager des renseignements sur l'avion Fournir des pilotes en tant que membres des équipes RST
RÉPARTITEURS	Préparer le vol		Utiliser l'information pour la préparation du vol (planification)	<ul style="list-style-type: none"> Formation périodique Programmes de formation et contrôle des compétences du personnel responsable des procédures (SGS)

QUI	FAIT	QUOI ?	<i>Comment s'améliorer (y arriver)</i>
PILOTES	Performances, conscience de la situation	Effectuer des calculs de performances et améliorer leur conscience de la situation à partir des renseignements contenus dans la séquence d'informations et de tous les autres renseignements disponibles (NOTAM, MET, etc.). Produire des AIREP.	<ul style="list-style-type: none"> • Formation périodique • Programmes de formation et contrôle des compétences du personnel responsable des procédures (SGS) • Importance particulière des AIREP

Appendice G

FORMAT SNOWTAM

Source : *Procédures pour les services de navigation aérienne —
Gestion de l'information aéronautique (PANS-AIM, Doc 10066)*
(voir l'Appendice 4)

(Applicable à compter du 5 novembre 2020)

(COM titre)	(INDICATEUR PRIORITÉ)	(ADRESSES)			<≡
	(DATE ET HEURE DE DÉPÔT)	(INDICATEUR D'ORIGINE)			<≡
(Titre abrégé)	(SWAA* NUMÉRO DE SÉRIE)	(INDICATEUR D'EMPLACE- MENT)	DATE/HEURE DE L'ÉVALUATION	(GROUPE FACULTATIF)	<≡ (
	S W * *				

SNOWTAM—>	(Numéro de série)	<≡	
Section calcul des performances de l'avion			
(INDICATEUR DE LOCALISATION D'AÉRODROME)	M	A)	<≡
(DATE/HEURE DE L'ÉVALUATION [<i>heure UTC de fin de l'évaluation</i>])	M	B)	—>
(PLUS BAS NUMÉRO DE PISTE)	M	C)	—>
(CODE D'ÉTAT [RWYCC] DE CHAQUE TIERS DE LA PISTE) (<i>Tiré de la matrice d'évaluation de l'état des pistes [RCAM] 0, 1, 2, 3, 4, 5 ou 6</i>)	M	D)	/ / —>
(POURCENTAGE DE COUVERTURE DE CONTAMINANTS SUR CHAQUE TIERS DE PISTE)	C	E)	/ / —>
(PROFONDEUR [<i>mm</i>] DE CONTAMINANTS NON SOLIDES SUR CHAQUE TIERS DE PISTE)	C	F)	/ / —>
(DESCRIPTION DE L'ÉTAT SUR TOUTE LA LONGUEUR DE LA PISTE) (<i>Observé sur chaque tiers de piste, à partir du seuil ayant le plus bas numéro de piste</i>)	M	G)	/ /
NEIGE COMPACTÉE SÈCHE NEIGE SÈCHE NEIGE SÈCHE SUR COUCHE DE NEIGE COMPACTÉE NEIGE SÈCHE SUR DE LA GLACE			

GIVRE GLACE NEIGE FONDANTE EAU STAGNANTE EAU SUR UNE COUCHE DE NEIGE COMPACTÉE MOUILLÉE GLACE MOUILLÉE NEIGE MOUILLÉE NEIGE MOUILLÉE SUR COUCHE DE NEIGE COMPACTÉE NEIGE MOUILLÉE SUR DE LA GLACE			→
(LARGEUR DE PISTE À LAQUELLE LES CODES D'ÉTAT S'APPLIQUENT, SI ELLE EST INFÉRIEURE À LA LARGEUR PUBLIÉE)	O	H)	<≡
Section conscience de la situation			
(LONGUEUR DE PISTE RÉDUITE, SI ELLE EST INFÉRIEURE À LA LONGUEUR PUBLIÉE [m])	O	I)	→
(CHASSE-NEIGE BAS SUR LA PISTE)	O	J)	→
(SABLE LIBRE SUR LA PISTE)	O	K)	→
(TRAITEMENT CHIMIQUE SUR LA PISTE)	O	L)	→
(CONGÈRES SUR LA PISTE) (S'il y a lieu, distance de l'axe de piste [m], puis le côté : « L », « R » ou « LR », selon le cas)	O	M)	→
(CONGÈRES SUR UNE VOIE DE CIRCULATION)	O	N)	→
(CONGÈRES À PROXIMITÉ DE LA PISTE)	O	O)	→
(ÉTAT DES VOIES DE CIRCULATION)	O	P)	→
(ÉTAT DE L'AIRE DE TRAFIC)	O	R)	→
(COEFFICIENT DE FROTTEMENT MESURÉ)	O	S)	
(REMARQUES EN TEXTE CLAIR)	O	T))
<p>NOTES :</p> <ol style="list-style-type: none"> *Entrer les lettres de nationalité OACI telles qu'elles figurent dans la Partie 2 du Doc 7910 de l'OACI, ou tout autre identificateur d'aérodrome applicable. Renseignements sur les autres pistes, répéter de B à H. Le contenu de la section conscience de la situation sera répété pour chaque piste, voie de circulation et aire de trafic. Répéter selon le cas lorsque l'information est rapportée. Les mots entre parenthèses () ne doivent pas être transmis. Pour les lettres A) à T), consulter les Instructions sur la manière de remplir l'imprimé SNOWTAM, paragraphe 1, alinéa b), de l'Appendice 4 des PANS-AIM (Doc 10066). 			

SIGNATURE DE L'AUTEUR D'ORIGINE (non destiné à la transmission)

Appendice H

PROGRAMME DE FORMATION

Le présent appendice est un exemple de programme de formation destiné au personnel des exploitants d'aérodromes et aux équipages de conduite, selon le format de compte rendu mondial. Les exemples sont destinés à illustrer les PANS- Aérodromes (Doc 9981), Partie II, Chapitre 1, applicables au 5 novembre 2020. Le programme de cours contient des éléments d'orientation sur la formation qui sera nécessaire pour réussir la mise en place du format de compte rendu mondial.

1. EXEMPLE D'UNE LISTE DE SUJETS POUR LA FORMATION DES EXPLOITANTS D'AÉRODROMES SUR LES COMPTES RENDUS D'ÉTAT DE LA SURFACE DES PISTES

Note.— On suppose que la conduite sur la piste est permise avec les autorisations appropriées de l'ATC dans toutes les conditions météorologiques.

1. Généralités	
Contexte	<ul style="list-style-type: none">Recommandations du Comité de réglementation de l'aviation (ARC) de la FAA sur l'évaluation des performances de décollage et d'atterrissage (TALPA)OACI, Équipe spéciale sur le frottement des pistes (FTF), SARP, PANS et éléments d'orientationÉtats, réglementation
Historique de l'effet des pertes de coefficient de frottement	<ul style="list-style-type: none">AccidentsDifférents pays, différentes méthodes
2. Nouveau format de compte rendu — RWYCC	
<i>Note.— Élaboré de concert avec les avionneurs concernés par les performances des avions.</i>	
Méthode	<ul style="list-style-type: none">Code RWYCCÉvaluationTiers de la piste
3. RCAM	
Format de la RCAM	
Définitions de la contamination	
Évaluation visuelle et recours à l'expérience	
Longueur et largeur de la piste	

4. RCR	
Critères d'élévation et d'abaissement du niveau	
Section performances de l'avion	
Section conscience de la situation	
Mise à jour rapide en cas de changement important	
Considérations relatives à l'atterrissage (vent traversier également pris en considération dans la décision du pilote)	
Considérations relatives au décollage (vent traversier également pris en considération dans la décision du pilote)	
Compte rendu de pilote – Commentaires sur l'AIREP	
Types d'erreurs	<ul style="list-style-type: none"> • Conséquences • Marge de sécurité
Fiabilité	<ul style="list-style-type: none"> • Cohérence • Exactitude
5. Destinataire du compte rendu	
ATC	<ul style="list-style-type: none"> • ATIS
AIM	<ul style="list-style-type: none"> • SNOWTAM
Coordination avec l'ATC pour : <ul style="list-style-type: none"> • l'entrée sur la piste ; • le moment de l'évaluation ; • la diffusion des résultats. 	
6. Entretien dans le cas d'une piste « glissante mouillée »	
<ul style="list-style-type: none"> • Tendance • NOTAM • RCR 	
7. Documents et archivage	

2. EXEMPLE D'UNE LISTE DE SUJETS POUR LA FORMATION DES PILOTES AUX ÉVOLUTIONS SUR PISTE CONTAMINÉE

2.1 La formation et les opérations réelles devraient être fondées sur le fait que l'évaluation de l'état de la piste, la mesure du frottement et l'efficacité estimée du freinage ne sont pas des données scientifiques exactes. Les pilotes doivent comprendre que les marges de sécurité réelles diminuent lorsque les conditions s'aggravent et que, en même temps, il devient plus difficile d'évaluer l'état de la piste dans des conditions météorologiques qui se détériorent. Par conséquent, la RCAM, le RWYCC et l'efficacité du freinage sont des outils adaptatifs dans la prise de décision plutôt que des normes ou des règles opérationnelles. Par exemple, une marge calculée de 1 m sur la distance d'atterrissage ne signifie pas nécessairement que l'atterrissage sera sûr ; le pilote doit faire preuve de jugement en tenant compte des différentes variables et doit comparer les diverses sources avant de prendre ses décisions.

2.2 Il est également bon de déterminer comment de petits changements dans les conditions météorologiques et/ou l'état de la piste influent sur les opérations, par exemple, comment l'abaissement du RWYCC d'un niveau ou un changement de vent prédéterminé peut affecter les opérations. En cas de détérioration des conditions, il est bon pour la CRM de prendre à l'avance des décisions. Ces « décisions préétablies » améliorent la conscience de la situation, aident à prendre la décision définitive et facilitent la gestion de la charge de travail.

Note.— Les éléments marqués d'un astérisque () sont directement liés aux comptes rendus sur l'état des surfaces de pistes.*

1. Généralités	
Contamination	<ul style="list-style-type: none"> • Définition* • Contaminants susceptibles de causer une augmentation de la traînée de roulement et donc de réduire l'accélération, et contaminants qui réduisent l'efficacité du freinage et affectent la décélération • Piste glissante lorsqu'elle est mouillée : état*
Piste contaminée	<ul style="list-style-type: none"> • Descriptions de l'état de la surface de piste* • Observations opérationnelles effectuées avec des équipements de mesure du frottement* • Politique de l'exploitant sur les aspects suivants : <ul style="list-style-type: none"> o réduction de la poussée de décollage o influence de chaque tiers de piste dans les calculs de performances de décollage et d'atterrissage o opérations par faible visibilité et atterrissage automatique • Prolongement d'arrêt • Piste rainurée
RWYCC*	<ul style="list-style-type: none"> • RCAM* <ul style="list-style-type: none"> o Différences entre les codes publiés pour les aérodromes et ceux destinés aux pilotes* o Format utilisé* o Utilisation de mesures de frottement sur piste* o Utilisation de la température* o Le concept des catégories de performances et des codes d'état de la surface des pistes de l'OACI* o Interprétation du terme « mouillé glissant » o Critères d'élévation ou d'abaissement de niveau* o Différence entre un calcul et une évaluation* • Efficacité du freinage* <ul style="list-style-type: none"> o Signalement des conditions INFÉRIEURES À MÉDIOCRE → interruption des opérations • Utilisation du diagramme des limites de vent des avions en cas de contamination

RCR (référence : Doc 10064)	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilité* • Validité* • Performances et conscience de la situation* • Décodage* • Conscience de la situation (référence : Doc 10064)*
Maîtrise de l'avion au décollage et à l'atterrissage (référence : Doc 10064)	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle latéral <ul style="list-style-type: none"> o Effet de girouette o Effet des inverseurs o Forces latérales en virage o Limites du vent traversier <ul style="list-style-type: none"> □ Évolutions avec une largeur de la piste dégagée inférieure à la largeur publiée
	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle longitudinal <ul style="list-style-type: none"> o Correction V_1 en corrélation avec la vitesse minimale de contrôle au sol o Aquaplanage o Système antidérapage o Freinage automatique
Distance de décollage	<ul style="list-style-type: none"> • Accélération et décélération • Limitations des performances de décollage • Modèles de distance de décollage • Facteurs à considérer • Pourquoi utiliser le type et la profondeur du contaminant plutôt que le code RWYCC* • Marges de sécurité
Distance d'atterrissage	<ul style="list-style-type: none"> • Modèle pour la distance au moment de l'atterrissage • Facteurs à considérer • Marges de sécurité <ul style="list-style-type: none"> o La liste minimale d'équipements (LME) ne couvre pas les marges supplémentaires (p. ex. 15 %)
Exceptions de l'OACI en matière de comptes rendus sur les pistes	<ul style="list-style-type: none"> • États qui ne se conforment pas aux recommandations de l'OACI*

2. Planification de vol	
Préparation/conditions en vol	
Éléments LME/liste d'écarts de configuration (LEC) influençant les performances de décollage et d'atterrissage	
Politique de l'exploitant sur les vents variables et les rafales	
Performances à l'atterrissage à destination et à l'aéroport de décollage	<ul style="list-style-type: none"> • Choix d'un aéroport de décollage si l'aéroport de destination n'est pas disponible en raison de l'état de la piste <ul style="list-style-type: none"> o En route o Destination de décollage • Numéro de piste • État de la piste
3. Décollage	
<ul style="list-style-type: none"> • Choix de la piste • Décollage d'une piste mouillée ou contaminée 	
4. Opérations en vol	
Distance d'atterrissage	<ul style="list-style-type: none"> • Distance déterminée au moment des calculs d'atterrissage <ul style="list-style-type: none"> o Considérations pour l'équipage de conduite (référence : Doc 10064)* o Politique de l'exploitant • Facteurs à considérer • Choix de la piste pour l'atterrissage • Marges de sécurité
Utilisation des systèmes de bord	<ul style="list-style-type: none"> • Freins/freinage automatique • Différence entre le freinage à frottement limité et les différents modes de freinage automatique • Inverseurs • Avion considéré comme un système de mesure et de compte rendu du frottement
5. Techniques d'atterrissage	
Procédures et techniques de vol du pilote lors d'un atterrissage sur une piste d'une longueur limitée (référence : Doc 10064)	
Utilisation du système d'arrêt par matériaux spécialement conçus (EMAS) en cas de sortie en bout de piste	
6. Considérations de sécurité	
<ul style="list-style-type: none"> • Types d'erreurs possibles* • Pleine conscience nécessaire pour une fiabilité optimale* 	

7. Documentation et archivage***8. AIREP** (référence : Doc 10064)

- Évaluation de l'efficacité du freinage*
- Terminologie*
- Automatisation possible des AIREP* (avion considéré comme un système de mesure et de compte rendu du frottement)
- Rapports de sécurité aérienne si la sécurité des vols a été compromise

— FIN —

ISBN 978-92-9258-741-3



9

789292

587413