Direction
générale de
l'Aviation civile

Service
technique de
l'Aviation civile

Août 2016

Le décéléromètre

Dans le cadre de la caractérisation de l'état de surface d'une piste

Note d'information technique

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer

Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer

dgac

STAC

www.stac.aviation-civile.gouv.fr

Direction
générale de
l'Aviation civile

Service
technique de
l'Aviation civile

Août 2016

Le décéléromètre

Dans le cadre de la caractérisation de l'état de surface d'une piste

Note d'information technique

Service technique de l'aviation civile

Département Structures Adhérence

Version V1.2 du 23 mai 2016

G-EZOE

Résumé

Le décéléromètre est un appareil de mesure ponctuelle du coefficient de frottement d'une chaussée, utilisé par les exploitants d'aérodromes dans le cadre de la caractérisation de l'état de surface d'une piste en conditions météorologiques dégradées. Il présente l'avantage d'être facile d'utilisation, d'être relativement peu coûteux et moins encombrant que la plupart des autres appareils. Bien qu'il soit utilisé couramment sur les aérodromes, il existe peu de recommandations, ou de guides sur son installation et son utilisation. La présente note d'information technique « Note d'information technique sur le décéléromètre, utilisé dans le cadre de la caractérisation de l'état de surface d'une piste » vient combler ce manque en donnant des recommandations aux exploitants d'aérodromes afin qu'ils utilisent correctement cet appareil de manière à obtenir une mesure juste. Les recommandations du guide reposent sur un état de l'art et sur des expérimentations menées par le STAC.

Mots-clés

Décéléromètre, piste, contaminant, coefficient de frottement, *Runway Condition Report*, incertitude

Summary

The decelerometer is a discontinuous measurement device of runways coefficient of friction. It is used especially by airport runway inspectors to characterize the surface condition of a runway in poor weather conditions. The decelerometer is easy to use, relatively inexpensive and less bulky than most other devices. Although it is commonly used in airports, there are only few recommendations or guidelines on its setting up and operational use. This technical information note « the use of decelerometer for the runway surface condition characterization » solve this lack of information by providing recommendations so that runway inspectors can use this device to obtain accurate measurements. The recommendations have been established from the current state of the art and from experiments conducted by the STAC.

Keywords

Decelerometer, runway, coefficient of friction, Runway Condition Report, uncertainty

Sommaire

Résumé 3

1. Présentation du document 5
1.1. Contexte 5
1.2. Objet du document 5
1.3. Guide de lecture 5

2. Documentation et références 6
2.1. Références documentaires 6
2.2. Définitions 7

3. Le Runway Condition Report 8

4. Principe de mesure 9
4.1. Types d'appareil de mesure 9
4.2. Installation de l'appareil et connexion 9
4.2.1. Installation 9
4.2.2. Connexion électrique 9
4.3. Préconisations pour le véhicule d'essais 10
4.3.1. Le véhicule 10
4.3.2. Maîtrise des paramètres d'influence 10

5. Modalités de réalisation de la mesure 12
5.1. Quand doit-on réaliser une mesure 12
5.2. Types de contaminant 13
5.3. Essai type 13
5.4. Vitesse du véhicule 13
5.5. Zone de la piste à mesurer 13
5.6. Limite de validité des mesures 13

6. Formation des opérateurs 14
Plan d'entraînement 14

7. Étalonnage 15

Annexe 15

1. Présentation du document

1.1. Contexte

L'adhérence d'une chaussée aéronautique présente un enjeu de sécurité majeur pour les aéronefs que ce soit au décollage ou à l'atterrissage. Elle se définit comme la qualité du contact entre le pneumatique de l'aéronef et le revêtement de surface de la piste.

Dans le cadre de la nouvelle réglementation OACI (Organisation de l'aviation civile internationale) relative à la caractérisation et au report de l'état de surface d'une piste (R*unway Condition Report*), les appareils de mesure du coefficient de frottement font partie des outils à la disposition de l'exploitant d'aérodrome pour évaluer l'état de surface de la piste et l'exprimer sous la forme d'un code unique d'état de piste appelé *Runway Condition Code* (RWYCC).

Il existe actuellement plusieurs appareils de mesure du coefficient de frottement des pistes aéroportuaires. Ces appareils permettent d'évaluer l'adhérence de manière continue (appareils de mesure de type IMAG, SARSYS...) ou discontinue/ponctuelle (comme le décéléromètre).

Le décéléromètre fait partie des appareils qui mesurent l'état opérationnel des pistes aéronautiques en présence de contaminants (neige, glace, eau...)[1]. Son principe de fonctionnement repose sur la mesure de la décélération d'un véhicule lorsqu'il est soumis à une action de freinage. La mesure du coefficient de frottement est réalisée en freinant le véhicule à partir d'une vitesse cible stabilisée, jusqu'à l'arrêt complet du véhicule. La décélération (accélération négative) est obtenue grâce à un capteur piézo-électrique qui se déforme sous l'action de la force d'inertie. Cette déformation est transformée en signal électrique. Le décéléromètre est attaché solidement au châssis du véhicule. La valeur lue sur le décéléromètre est un coefficient de frottement exprimé en pourcentage de g (g étant la gravité de pesanteur terrestre).

1.2. Objet du document

La présente note d'information technique a été écrite en se basant sur la réglementation en vigueur relative à la caractérisation des états de surface, sur l'état de l'art, et sur les résultats d'études expérimentales menées par le STAC en 2014 [1]. Elle rappelle et complète les recommandations de l'OACI [2], de la note d'information du STAC « Caractérisation de l'état de surface des pistes en conditions météorologiques dégradées » de 2014 [3], ainsi que certains éléments d'information figurant dans le guide technique du STAC « Aide à la mise en œuvre des services hivernaux sur les aéroports » de 2016 [4].

Elle vise à proposer des conseils de bonnes pratiques pour mesurer l'adhérence d'une piste au moyen d'un décéléromètre. Destinée en premier lieu aux exploitants d'aérodrome, en particulier les inspecteurs de piste, cette note présente les modalités d'installation de l'appareil et de réalisation des essais, en alertant sur les paramètres à contrôler afin que la mesure soit la plus fiable possible (minimisant l'incertitude sur le coefficient de frottement mesuré).

1.3. Guide de lecture

Cette note expose d'abord le principe de mesure du décéléromètre, puis des conseils sur l'installation du matériel et la maîtrise des paramètres d'influence. Enfin elle donne des recommandations sur la formation des opérateurs, notamment en proposant un exemple de plan d'entraînement.

[1] *Il est conseillé de l'utiliser sur des contaminants solides*

2. Documentation et références

2.1. Références documentaires

[1] PHAM DOAN, H., BOUTELDJA, M. , Adhérence opérationnelle des pistes aéroportuaires, évaluation expérimentale du décéléromètre, avril 2014, rapport d'étude, DSAC/STAC

[2] Manuel des services d'aéroports 2e partie, état de la surface des chaussées, DOC 9137 AN/898, 4e édition, 2002

[3] Gerthoffert, J. , Smagghe, B. , Theillout, J.N. , Deffieux, J.C. , 2014, « caractérisation de l'état de surface des pistes en conditions météorologiques dégradées », note d'information technique DSAC/STAC

[4] Aide à la mise en œuvre des services hivernaux sur les aéroports, 2016, guide technique DSAC/STAC

[5] 2008, Vocabulaire international de métrologie, Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM), Joint Committee for Guides in Metrology

[6] Comfort, G. and Ryan, M., 2002, Effect of Vehicle Parameters on the Friction Coefficients Measured by Decelerometers on Winter Surfaces, TP 13980E Transportation development Centre, Transport Canada

[7] Comfort, G., and Gong, Y., 1998, Analysis of the Friction Factors Measured by the Ground Vehicles at the 1998 North Bay Trials, TP 13366E Transportation development Centre, Transport Canada

[8] Comfort, G. and Verbit, S., 2003, Decelerometer Tests : CRFI Quality Assurance Tests and the Effect of the Vehicle's ABS System, TP 14176E BMT Fleet Technology Limited

[9] Comfort, G. , Mazur, A., Rado, Z., and Thomas, M., 2008, Decelerometer Calibrations and Standards, TP 14824E, Transport Canada

[10] Comfort, G, 2008, Decelerometer Performance Specification, TP 14856E, Transportation Development Center, Transport Canada

[11] Comfort, G., and Mazur, A., 2004, Friction coefficients for Various Winter Surfaces, TP 14498E, Transportation Development Centre, Transport Canada

[12] ASTM, 2000, Standard Test Method for Measuring the Frictional Properties of Winter-Contaminated Pavement Surfaces Using an Averaging-Type Spot Measuring Decelerometer, ASTM E2101-00

[13] FAA, Airport Winter Safety and Operations, Federal Aviation Administration (FAA) Advisory Circular 150/5200-30B

2.2. Définitions

Les termes suivants sont définis afin de faciliter la compréhension de la note d'information technique. Certains sont issus du document [4] :

Accélération

En cinématique, l'accélération est une grandeur vectorielle qui indique la modification affectant la vitesse d'un objet en fonction du temps. Sa norme peut être exprimée en m/s^2 ou en pourcentage de g (gravité de pesanteur).

Décélération

La décélération est une accélération négative. Elle est exprimée en m/s^2 ou en pourcentage de g.

Coefficient de frottement

S'agissant de mesures au décéléromètre, le coefficient de frottement est le rapport entre la décélération et la gravité de pesanteur. C'est une grandeur sans unité.

Mesurande

Grandeur que l'on veut mesurer (dans la présente note d'information technique, le mesurande est le coefficient de frottement).

Exactitude de mesure

Etroitesse de l'accord entre une valeur mesurée et une valeur vraie d'un mesurande.

Justesse de mesure

Etroitesse de l'accord entre la moyenne d'un nombre infini de valeurs mesurées répétées et une valeur de référence.

Condition de répétabilité

Condition de mesurage dans un ensemble de conditions qui comprennent la même procédure de mesure, les mêmes opérateurs, le même système de mesure, les mêmes conditions de fonctionnement et le même lieu, ainsi que des mesurages répétés sur le même objet ou des objets similaires pendant une courte période de temps.

Répétabilité de mesure

Fidélité de mesure selon un ensemble de conditions de répétabilité.

Condition de reproductibilité

Condition de mesurage dans un ensemble de conditions qui comprennent des lieux, des opérateurs et des systèmes de mesure différents, ainsi que des mesurages répétés sur le même objet ou des objets similaires.

Fidélité de mesure

Etroitesse de l'accord entre les indications ou les valeurs mesurées obtenues par des mesurages répétés du même objet ou d'objets similaires dans des conditions spécifiées.

Reproductibilité de mesure

Fidélité de mesure selon un ensemble de conditions de reproductiblité.

Incertitude de mesure

Paramètre non négatif qui caractérise la dispersion des valeurs attribuées à un mesurande, à partir des informations utilisées.

3. Le Runway Condition Report

La nouvelle réglementation de l'OACI impose à tous ses états membres à partir de 2020, la mise en application d'une procédure d'évaluation et de report de l'état de surface des pistes, lors de conditions météorologiques dégradées (*Runway Condition Report*, RCR). Cette procédure consiste en l'utilisation par l'exploitant d'aéroport d'un outil appelé Runway Condition Assessment Matrix (RCAM) qui permet, à partir de différentes données d'entrée d'établir le niveau de caractérisation de l'état de surface d'une piste en vue de sa transmission aux équipages d'aéronefs. Cette matrice permet de synthétiser les conditions estimées d'adhérence grâce à un indicateur unique appelé le *Runway Condition Code* (RWYCC) qui sera inclus dans le RCR transmis au pilote et pris en compte par ce dernier pour le calcul de performance de son aéronef. Le RWYCC est déterminé par la description de la piste à partir de la nature et de l'épaisseur du contaminant. Donnée de sortie de la matrice, le RWYCC est un chiffre de 0 à 6. Plus le RWYCC est bas, plus la chaussée est réputée glissante.

Le code ainsi déterminé peut être dégradé à partir de données complémentaires liées notamment au coefficient de frottement mesuré en conditions opérationnelles, le comportement au freinage par un véhicule terrestre et/ou par les reports pilotes (PIREP).

Le décéléromètre est un appareil de mesure de l'adhérence dont dispose l'exploitant d'aérodrome pour lui permettre de juger (confirmer ou infirmer) de la pertinence des informations comme la mesure de l'épaisseur des contaminants et/ou les PIREPs. Le coefficient de frottement est donc un facteur d'ajustement du code RWYCC.

4. Principe de mesure

4.1. Types d'appareil de mesure

Il existe deux types de décéléromètres : les décéléromètres mécaniques à amortissement hydraulique et les décéléromètres électroniques. Le décéléromètre le plus couramment utilisé par les exploitants d'aérodrome est le décéléromètre électronique. La suite du guide porte sur ce type d'appareil.

Le principe de fonctionnement des décéléromètres électroniques repose sur la mesure de la décélération d'un véhicule soumis à une action de freinage. La décélération (accélération négative) est mesurée par un capteur piézo-électrique qui se déforme sous l'action de la force d'inertie. Le coefficient de frottement est calculé en égalisant la force de freinage et la force d'inertie. Le décéléromètre est solidement attaché au châssis du véhicule. La mesure est réalisée en freinant, à partir d'une vitesse stabilisée, et en bloquant les roues jusqu'à l'arrêt complet du véhicule. La valeur lue sur le décéléromètre lors d'une mesure est un coefficient de frottement égal au rapport entre la décélération et la gravité de pesanteur, exprimé en poucentage de g.

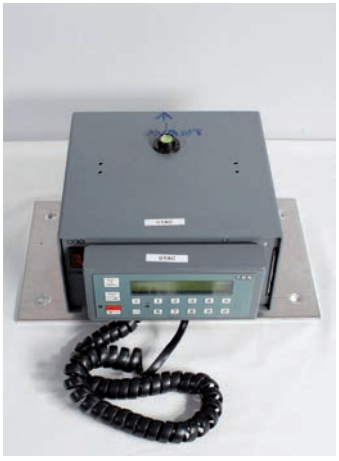
Décéléromètre électronique avec sa platine de fixation (vue de face) [2]

4.2. Installation de l'appareil et connexion

4.2.1. Installation

Le décéléromètre peut être installé dans la voiture d'essai à un endroit que choisira l'exploitant par exemple derrière le levier de vitesse ou derrière le siège passager) [4]. Le choix se fera en fonction des contraintes techniques du véhicule. Néanmoins on fixera cet appareil solidement et horizontalement de préférence au niveau du plancher de la voiture au moyen d'un socle métallique arrimé au véhicule. La photo 2 présente un système décéléromètre/socle métallique qu'il est possible de fixer dans un véhicule.

L'installation du décéléromètre doit être soignée : il faut vérifier l'horizontalité du décéléromètre, l'orientation dans l'axe de symétrie du véhicule ainsi que son sens d'utilisation. Une installation dans le mauvais sens d'utilisation donnera des valeurs aberrantes.



Décéléromètre électronique (vue de haut) [3]

4.2.2. Connexion électrique

Le décéléromètre doit être branché sur la prise d'alimentation 12 V de l'allume-cigare.

[2] *Le décéléromètre est fixé sur une plaque métallique qui est elle-même fixée sur le plancher du véhicule*
[3] *On peut installer une bulle de niveau pour vérifier l'horizontalité du décéléromètre*
[4] *La position du décéléromètre n'a pas d'influence sur les résultats de mesure d'après l'étude du STAC [1]*

4.3. Préconisations pour le véhicule d'essais

4.3.1. Le véhicule

L'OACI [2] recommande l'utilisation d'un véhicule :

- de poids de 1 000 kg minimum,
- de type utilitaire ou fourgonnette,
- de type traction avant,
- avec suspensions rigides,
- avec un système de freinage en état de fonctionnement optimal,
- avec l'ABS désactivé.

Remarque : l'utilisation de plus en plus courante par les exploitants d'aérodrome de véhicules de type 4x4 n'est pas proscrite. Ces véhicules, bien que disposant 4 roues motrices, peuvent être utilisés à condition de respecter les séquences et conditions d'essais suivantes : une première phase de montée en vitesse, puis une deuxième phase de vitesse constante, enfin une troisième phase de freinage (d'appui sur le frein et de débrayage de la pédale d'embrayage). Dans ces conditions, il n'y a pas de différence du point de vue de la décélération entre un 4x4 et une traction avant car le débrayage étant activé lors du freinage, l'inertie est seule à entrer en jeu.

4.3.2. Maîtrise des paramètres d'influence

Certains facteurs liés au véhicule peuvent faire varier la valeur mesurée du coefficient de frottement plus ou moins fortement. Maîtriser ces facteurs en choisissant des valeurs recommandées permet d'améliorer l'exactitude de la valeur du coefficient de frottement mesurée.

Ces facteurs sont : le type de véhicule, la pression du pneumatique, la présence ou non de l'ABS, l'opérateur et la vitesse d'essai. La figure 1 indique l'influence de ces facteurs du moins au plus important.

Pour minimiser les incertitudes de mesure, il est recommandé de maîtriser les facteurs précités en adoptant les bonnes pratiques suivantes.

4.3.2.1. Vitesse

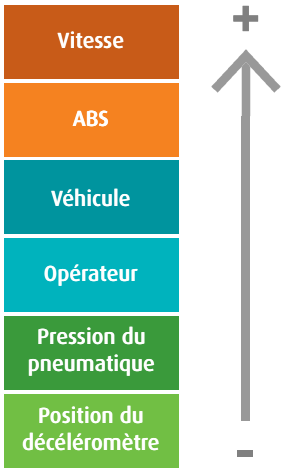


Figure 1 : Importance des facteurs d'influence sur la mesure
+ : forte influence
- : faible influence

Le coefficient de frottement est sensible à la vitesse : il décroît quand celle-ci augmente (autrement dit l'adhérence entre la chaussée et le véhicule est moins bonne à vitesse élevée qu'à faible vitesse). C'est pourquoi l'opérateur doit s'attacher à maintenir une vitesse cible constante lors de la phase stationnaire de l'essai (phase comprise entre la phase initiale d'accélération du véhicule, et la phase finale de freinage et de blocage des roues).

4.3.2.2. ABS

Le STAC a montré (voir rapport d'étude [1]) une forte influence sur la mesure du coefficient de frottement de l'ABS. Des valeurs différentes du coefficient de frottement sont observées entre une voiture avec l'ABS (système d'antiblocage des roues) activé et la même voiture avec l'ABS désactivé.

L'OACI recommande de réaliser les essais avec l'ABS du véhicule désactivé. Mais avec l'évolution des véhicules actuels, l'ABS est devenu de série et sa désactivation est difficile sans avoir recours à une manipulation par un spécialiste. Le STAC a montré qu'un essai sur piste très glissante, équivalente à une piste verglacée, pouvait

tout à fait être réalisé avec ABS, et que dans ces conditions, le coefficient de frottement s'en trouvait diminué (par rapport à l'ABS désactivé). La mesure est alors conservative.

Il faut rappeler que depuis 2003, l'ABS est devenu obligatoire sur les routes françaises (en Europe) et que le périmètre de circulation du véhicule d'essai est donc limité à l'aérodrome.

4.3.2.3. Type de véhicule

La mesure peut être influencée par le type de véhicule. Deux véhicules similaires donnent des résultats similaires, si les conditions expérimentales sont les mêmes. Pour un même aérodrome, on veillera ainsi à réaliser les mesures en utilisant toujours le même type de véhicule, de pneumatiques, et le même modèle de décéléromètre.

4.3.2.4. Opérateur

Le niveau de conduite du conducteur chargé de la réalisation de l'essai au décéléromètre peut avoir une influence sur le résultat la mesure. La solution recommandée pour minimiser l'influence de l'opérateur est de les former à la réalisation d'essais au décéléromètre. Cette formation est du ressort de l'exploitant d'aérodrome. Elle doit viser à uniformiser la conduite des agents lors des essais et assurer leur sécurité (pour éviter les sorties de piste).

L'opérateur doit suivre un entraînement régulièrement et effectuer des essais préalables de « qualification », pour améliorer la reproductibilité des essais. Ces essais devront être réalisés avant chaque saison hivernale. Le principe de ces essais est décrit dans le paragraphe 5.1 de ce document. Un exemple de feuille de contrôle, à établir lors d'un plan de qualification, figure en annexe.

4.3.2.5. Type de pneumatiques / Pression du pneumatique

Le véhicule devra être équipé de pneumatiques ordinaires (sont exclus les pneus neige ou contact). Les pneus devront être vérifiés et gonflés à la pression recommandée par le constructeur du véhicule de manière périodique.

4.3.2.6. Position du décéléromètre

La position du décéléromètre a peu d'influence sur la mesure. L'exploitant d'aérodrome choisira l'endroit dans le véhicule le plus approprié. Néanmoins une installation idéale serait de fixer le décéléromètre à proximité du centre de gravité du véhicule et au niveau du plancher. Ce centre de gravité peut varier en fonction de la répartition de poids avant/arrière du véhicule.

4.3.2.7. Remarque sur la dynamique du véhicule

Les paramètres liés à la dynamique du véhicule peuvent avoir une incidence sur la mesure. Le STAC a analysé [1] l'influence de ces paramètres sur la mesure du coefficient de frottement notamment celle du tangage, du roulis, et du lacet, et celle des accélérations dans les trois axes.

Lors d'un essai en alignement droit mais comportant néanmoins des déplacements latéraux de la voiture lors du freinage, les accélérations latérales et le lacet ont une influence sur le coefficient de frottement longitudinal (CFL) mesuré mais relativement faible comparée aux effets de la vitesse et de l'accélération longitudinale. Ceci s'explique par le fait que la mesure du CFL par le décéléromètre électronique se fait avant la fin du freinage du véhicule. L'étude [1] a montré que les mesures sont valides même lorsque le véhicule dévie de sa trajectoire sur la fin de freinage.

L'étude [1] n'a pu conclure sur la relation entre le coefficient de frottement, le tangage et le roulis.

5. Modalités de réalisation de la mesure

5.1. Quand doit-on réaliser une mesure ?

Les mesures pour évaluer l'état de surface de la piste sont déclenchées (voir chapitre 4 de la note d'information technique « Caractérisation de l'état de surface des pistes en conditions météorologiques dégradées » [3]) :

- « quand des phénomènes météorologiques susceptibles de rendre la chaussée glissante apparaissent,
- lorsque des phénomènes glissants sont signalés par les pilotes ou des personnels circulant sur l'aire de manœuvre,
- lorsque des changements significatifs de l'état des pistes sont apparus, qu'ils aillent dans le sens d'une amélioration ou d'une dégradation (modification du type de contaminant, modification significative de son étendue, de l'épaisseur du dépôt de contaminant, de la longueur ou largeur de piste utilisée, des bancs de neige, etc.),
- après chaque opération de déneigement ou de déverglaçage,
- lorsque l'observation d'une ou plusieurs zones de référence laisse présager d'un état de chaussée contaminée. »

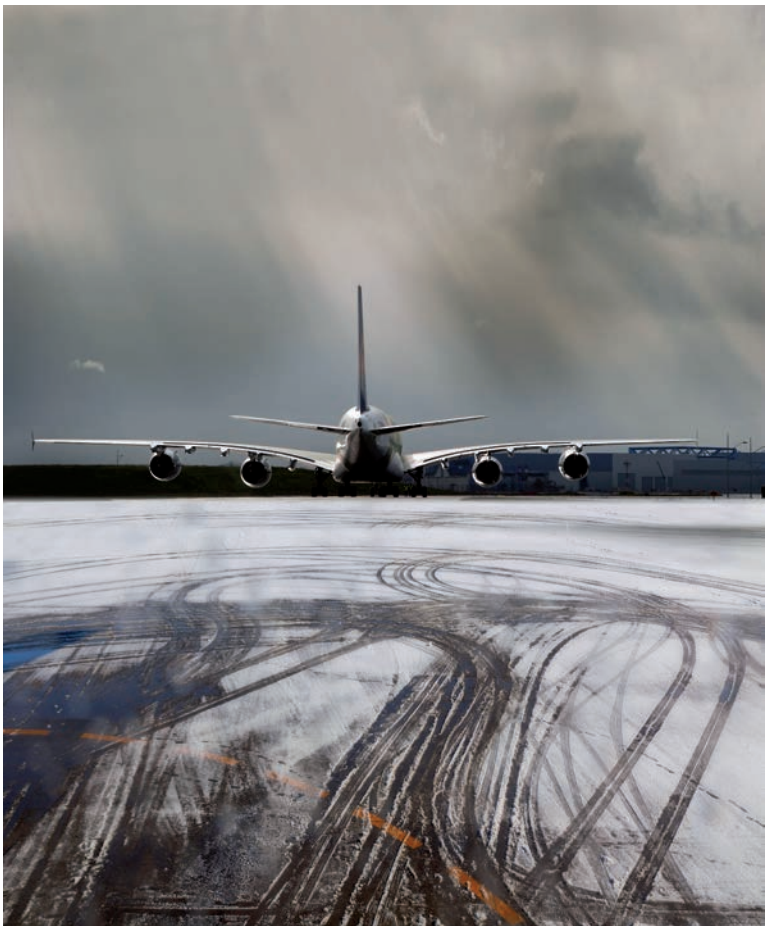


Illustration d'un aéronef sur une piste en condition météorologique dégradée

5.2. Types de contaminant

Le décéléromètre ne peut être utilisé que sur des surfaces recouvertes par des contaminants solides et homogènes, de type neige compactée ou glace. Il n'est pas adapté à la mesure sur des surfaces mouillées, ou recouvertes d'un contaminant fluide (eau, neige sèche ou fondante, etc.). Si toutefois, l'inspecteur est amené à faire une mesure sur piste mouillée ou contaminée par un fluide, il ne devra pas reporter le coefficient de frottement [5].

5.3. Essai type

Un essai consiste à réaliser les quatres phases suivantes :

- phase préliminaire : mise à zéro du décéléromètre (il est prêt à prendre une mesure) ;
- phase initiale : démarrage du véhicule et montée en vitesse progressive jusqu'à la vitesse cible ;
- phase stationnaire ou intermédiaire : maintien du véhicule à la vitesse cible ;
- phase finale : freinage avec débrayage jusqu'à l'arrêt du véhicule. L'appui du pied sur le frein doit être « franc » et « prolongé » (et si possible sans relâchement) [6].

Le conducteur devra, surtout durant la phase finale de freinage, maintenir le plus possible le véhicule dans une trajectoire rectiligne et parallèle à l'axe de la piste afin :

- d'éviter les sorties de piste,
- de minimiser l'effet de l'accélération latérale et du lacet (cet effet est néanmoins faible comparé à l'effet de la vitesse [1]).

5.4. Vitesse du véhicule

La vitesse d'essai recommandée par l'OACI est de 40 km/h. Pour minimiser les incertitudes, la vitesse cible doit être comprise entre 35 et 40 km/h. L'étude du STAC [1] a montré que dans cette plage de vitesse le coefficient de frottement mesuré varie peu. Au-delà de 40 km/h, la tenue de route de la voiture pourrait ne pas être assurée, surtout sur piste verglacée.

II convient de préciser qu'il existe une vitesse minimale d'utilisation qu'il faut atteindre lors de l'essai afin de déclencher la mesure au décéléromètre, autour de 30 km/h [7].

5.5. Zone de la piste à mesurer

Les mesures sont réalisées dans les deux sens à une distance de l'axe de la piste correspondant à l'utilisation la plus représentative du passage des aéronefs. L'interdistance longitudinale entre chaque mesure est comprise entre 200 et 300 m. Un minimum de 3 mesures par tiers de piste est recommandé.

5.6. Limite de validité des mesures

L'incertitude de mesure au décéléromètre obtenue lors d'expérimentations du STAC [1] est d'environ +/- 0,1. Cela signifie que la valeur vraie du coefficient de frottement longitudinal caractérisant la chaussée est comprise dans l'intervalle [CFLm - 0,1 ; CFLm + 0,1], où CFLm, est la valeur mesurée, avec une probabilité de 95 %.

[5] Transports Canada a montré que le coefficient de frottement augmentait de 50 % en présence de neige entre 3 et 5 cm (effet de traînée)

[6] Il a été constaté que dans certains cas, les mouvements de relâchement/appui intempestifs durant la phase de freinage pouvaient induire des erreurs au niveau du décéléromètre (absence d'affichage du coefficient de frottement)

[7] Vitesse constatée lors de l'expérimentation du STAC de 2014 [1]

6. Formation des opérateurs

Plan d'entraînement

En dehors des essais en conditions opérationnelles, et afin de minimiser l'effet des opérateurs sur le résultat de la mesure, des essais de « qualification » seront réalisés (avant chaque saison hivernale). Ces essais consisteront à réaliser avec chaque opérateur une séquence de cinq essais, afin de déterminer l'écart de reproductibilité et de répétabilité sur les valeurs de CFL mesuré.

Les critères suivants devront être atteints (valeurs issues des études expérimentales de Transports Canada [8]) :

N° de la séquence d'essais	*Opérateur*	*Conditions d'essais*	*Coefficient de frottement mesuré 1*	*Coefficient de frottement mesuré 2*	*Coefficient de frottement mesuré 3*	*Coefficient de frottement mesuré 4*	*Coefficient de frottement mesuré 5*	*Moyenne de coefficient de frottement par opérateur*	*Ecart-type de répétabilité par opérateur*
1	*Opérateur 1*	*Mêmes conditions*	*A11*	*A12*	*A13*	*A14*	*A15*	*A16*	*A17*
2	*Opérateur 2*	*Mêmes conditions*	*A21*	*A22*	*A23*	*A24*	*A25*	*A26*	*A27*
3	*Opérateur 3*	*Mêmes conditions*	*A31*	*A32*	*A33*	*A34*	*A35*	*A36*	*A37*
i	*Opérateur i*	*Mêmes conditions*	*Ai1*	*Ai2*	*Ai3*	*Ai4*	*Ai5*	*Ai6*	*Ai7*

Exemple de feuille de contrôle dans le cadre d'un plan de qualification des opérateurs

- pour l'ensemble des opérateurs : écart-type de reproductibilité de 0,013 et écart maximal de 0,04 ;
- pour chaque opérateur : écart-type de répétabilité inférieur à 0,010 et écart maximal de 0,03.

Le tableau en annexe détaille le traitement statistique qui devra être fait pour chaque campagne de qualification.

7. Étalonnage

L'enquête menée par Transports Canada [8] a montré que les fabricants de décéléromètres visent une exactitude de ± 0,01 g lors de l'étalonnage. L'intervalle de réétalonnage recommandé est généralement de deux ans. Aucune recommandation n'existe sur les contrôles à réaliser pendant cette période. La FAA [13] et l'ASTM [12] exigent une exactitude de mesure de ± 0,02 g.

Annexe

Moyenne des coefficients de frottement longitudinaux, par séquence d'essais :

$$A_{i6} = \frac{\sum_{i=1}^{i=5} A_{i5}}{5}$$

Écart-type de répétabilité de l'opérateur i :

$$A_{i7} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{j=5} (A_{ij} - A_{i6})}{5}}$$

Écart-type de reproductibilité :

$$B = \frac{\sum_{j=1}^{j=i} A_{j6}}{i}$$

Affiche d'une présentation au STAC sur la caractérisation de l'état de surface des pistes

Rédaction : cette note a été rédigée par Hai PHAM DOAN du département Structures Adhérence

Conception : STAC/SINA groupe Documentation et diffusion des connaissances (DDC)

Photothèque DGAC-STAC

© Richard METZGER couverture AIRBUS A320, pages 9, 11
© Marie-Ange FROISSART couverture vehicule de mesure

Autres sources

© AIRBUS page 12
© FOTOLIA pages 12, 15

Août 2016

service technique de l'Aviation civile
CS 30012
31, avenue du Maréchal Leclerc
94385 BONNEUIL-SUR-MARNE CEDEX
Tél. 33 (0) 1 49 56 80 00
Fax 33 (0) 1 49 56 82 19

Site de Toulouse
9, avenue du Docteur Maurice Grynfogel - BP 53735
31037 TOULOUSE CEDEX
Tél. 33 (0) 1 49 56 83 00
Fax 33 (0) 1 49 56 83 02

Centre de test de détection d'explosifs
Centre d'essais de lancement de missiles - BP 38
40602 BISCARROSSE CEDEX
Tél. 33 (0) 5 58 83 01 73
Fax 33 (0) 5 58 78 02 02

www.stac.aviation-civile.gouv.fr *978-2-11-151672-4*