

**Belkacem LAÏMOUCHE**  
*chef de la subdivision expertise  
des chaussées aéronautiques  
Service Technique de l'Aviation civile,  
Bonneuil sur Marne*

# Évaluation de l'adhérence des pistes aéronautiques pour la sécurité du trafic aérien

## ■ RÉSUMÉ

Le contrôle de l'adhérence des pistes des aérodromes est effectué au minimum tous les deux ans par la mesure du coefficient de frottement longitudinal de la chaussée au moyen d'un appareil de mesure automouillant. L'article analyse les facteurs qui influencent les résultats de mesure et notamment l'incertitude associée à ces résultats. La compétence des agents est un facteur essentiel. Le laboratoire d'auscultation des chaussées du Service Technique de l'Aviation Civile a analysé les tâches critiques du processus de mesure et les compétences nécessaires et mis en place un processus de qualification de ses agents, qu'il a inscrit dans une accréditation COFRAC.

## Evaluation of pavement grip on airfield runways for air traffic safety

### ■ ABSTRACT

*The check of pavement grip on airfield runways has to be done at least every second year, by measuring the coefficient of longitudinal friction of the pavement, using a self-wetting measuring device. The paper analyses the factors which influence the measurement results, especially the uncertainty associated with these results. The expertise of the staff is an essential factor. The pavement auscultation laboratory of the Civil Aviation Technical Service (STAC) has analysed the critical tasks of the measurement process and the competences needed, and set up a qualification process for the laboratory staff, which was inscribed in a COFRAC accreditation.*

## 1. INTRODUCTION

Qu'il s'agisse de l'atterrissage ou du décollage des avions, le niveau d'adhérence de la chaussée d'une piste aéronautique est l'un des principaux paramètres de sécurité sur un aéroport et le maintien d'une piste en condition opérationnelle nécessite des processus de mesure robustes.

Le service technique de l'Aviation civile (STAC) a engagé en 2010 une démarche visant à accréditer ses laboratoires de mesures pour certaines de ses activités, notamment celle relative à l'adhérence fonctionnelle sur chaussées aéronautiques et au 1<sup>er</sup> janvier 2013, le COFRAC a prononcé l'accréditation du laboratoire « auscultation des chaussées » du STAC pour cette activité de mesure de l'adhérence fonctionnelle (catégorie 91-7).

## 2. APPAREIL AUTOMOUILLANT DE MESURE CONTINUE DU FROTTEMENT

### ■ 2.1. Contexte

Le coefficient de frottement longitudinal (CFL) d'une chaussée aéronautique dépend de son état de surface et de la vitesse à laquelle l'aéronef opère. La valeur de ce coefficient est comprise entre

0 et 1. Une valeur proche de 0 signifie qu'il y a très peu d'adhérence entre le pneumatique et la surface de la chaussée et une valeur proche de 1 indique au contraire une très bonne qualité d'adhérence. Pour permettre aux aéronefs d'opérer en toute sécurité, la surface de la chaussée ne doit pas présenter une valeur de CFL faible.

L'Organisation Internationale de l'Aviation Civile (OACI) préconise que la maintenance de la surface d'une chaussée aéronautique fournisse de bonnes caractéristiques d'adhérence. Chaque pays membre de l'OACI a donc défini le niveau minimal de frottement en-dessous duquel une piste est considérée comme glissante.

Au cours de son exploitation, le comportement de la chaussée se dégrade par l'action conjuguée du trafic des aéronefs et de facteurs d'origine climatique. Pour ne pas diminuer les performances des aéronefs au freinage, il est donc nécessaire d'apporter des actions correctives appropriées au bon moment. Le gestionnaire d'un aéroport doit donc planifier des actions de maintenance, par exemple un traitement par hydroprojection pour enlever les dépôts de gomme sur la piste (**figure 1**) et assurer une rugosité conforme aux préconisations en vigueur.

En France, afin de répondre aux exigences de l'arrêté dit TAC et de son annexe 1, le niveau de frottement d'une piste aéronautique doit être évalué tous les deux ans et, pour réaliser les mesures, il est obligatoire que l'appareil automouillant de mesure continue du frottement utilisé ait été agréé par l'État et en l'occurrence par le STAC.

## ■ 2.2. Maîtrise du processus de mesure d'adhérence fonctionnelle

La fiabilité des résultats de la mesure du CFL est liée à la maîtrise du processus de la mesure d'adhérence. L'analyse du processus d'essai et du système de mesure réalisée lors des essais de définition de l'incertitude de mesure a permis :

- de mettre en avant les grandeurs d'influence potentielle sur les résultats,
- d'en déduire les éléments ou chaînes de mesure critiques sur lesquels une maîtrise est possible et
- de définir les limites acceptables (EMT) pour chacun de ces éléments ou chaînes de mesure.

Les facteurs mis en avant par cette analyse et devant faire l'objet d'un étalonnage et ou d'une vérification sont les chaînes de mesure d'efforts vertical et longitudinal, la mesure du débit d'eau et les caractéristiques dimensionnelles de la goulotte (**figure 3**).

Le résultat de la mesure peut également être influencé par les opérateurs, lors des opérations liées à l'exécution de l'essai (in-situ) mais aussi par les opérations réalisées pour la confirmation métrologique de l'appareil de mesure avant et après l'essai (**figure 4**).



**figure 1**  
*Dépôt de gomme  
sur une piste  
(Photothèque STAC).*

**figure 2**  
Instrument de Mesure  
Automatisée de la  
Glissance (IMAG) du  
STAC (Photothèque STAC).



### ■ 2.3. Estimation de l'incertitude de mesure

Le laboratoire d'auscultation des chaussées a estimé à 0,1 unité sur l'échelle de référence du CFL allant de 0 à 1, l'ensemble des sources d'erreurs qui peuvent se produire au cours du processus de mesure de l'adhérence fonctionnelle d'une piste à la vitesse de 95 km/h. Ce travail a duré près de deux années et plusieurs plans d'expérience ont été nécessaires pour quantifier la contribution de l'ensemble des erreurs qui composent l'incertitude élargie  $U(k=2)$ .

À titre d'exemple, un essai d'adhérence réalisé sur une piste de longueur 2800 m a fourni une valeur moyenne du coefficient de frottement longitudinal CFL de 0,28 entre les PM 200 et 300, la mesure étant effectuée par un IMAG à 95 km/h. Avec l'incertitude maximale de 0,1, la valeur vraie du CFL

**figure 3**  
Caractéristiques  
dimensionnelles  
de la goulotte  
(Photothèque STAC).

Goulotte de forme  
parallélépipédique  
déposant lors de  
l'essai un film  
d'eau d'un mm  
sous la roue de  
mesure.



Roue de mesure  
normalisée AIPCR  
de l'IMAG

**figure 4**  
Positionnement du banc  
d'étalonnage de la  
chaîne d'effort horizontal  
(Photothèque STAC).



est donc comprise entre 0,18 et 0,38. La probabilité de la valeur vraie de CFL est représentée sur la **figure 5**.

L'actualisation de la valeur de l'incertitude de mesure est réalisée périodiquement à partir de résultats d'essais d'aptitude interlaboratoires. Cette valeur est un bon indicateur pour apprécier dans le temps la performance du laboratoire d'auscultation des chaussées.

### 3. MAÎTRISE DES COMPÉTENCES DES AGENTS DU LABORATOIRE

Pour améliorer le processus de mesure, le laboratoire d'auscultation des chaussées a revu son organisation afin de mieux maîtriser la compétence de ses agents. Pour cela, on a recherché les éléments susceptibles de dégrader le résultat de la mesure, afin de mieux les maîtriser.

La démarche a consisté à :

- décomposer et identifier les tâches critiques du processus de mesure,
- identifier les compétences nécessaires pour remplir ces tâches critiques,
- définir des critères d'obtention, de maintien et de suppression ou suspension d'une qualification.

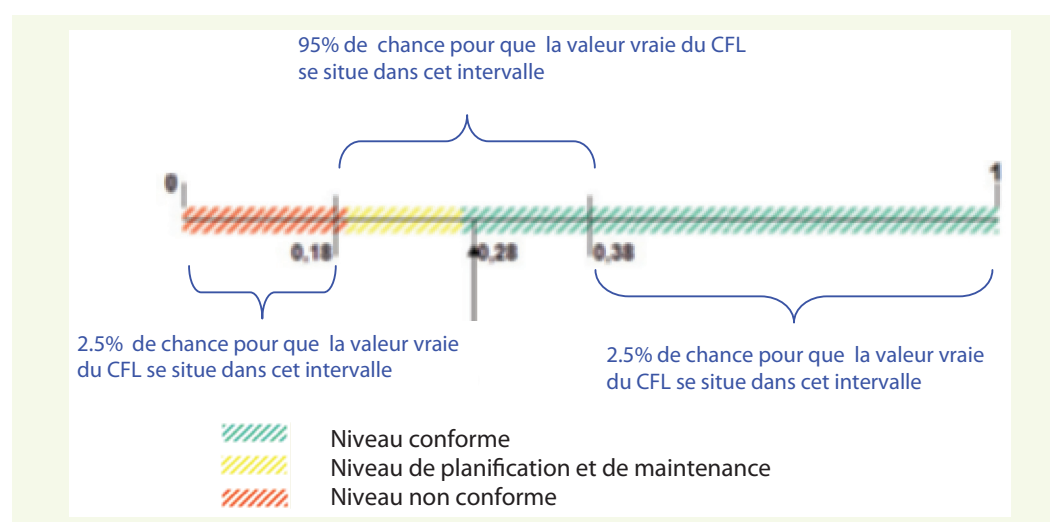
La **figure 6** présente l'ensemble des tâches du processus de mesure d'adhérence et identifie celles qui sont critiques.

Pour chaque tâche, les sources potentielles de non-conformité ont été identifiées et une attention particulière a été portée aux tâches critiques. Ces dernières incluent l'exploitation et l'analyse des résultats ainsi que la validation et l'approbation des rapports d'essais, car des erreurs humaines peuvent survenir, notamment lors de l'exploitation et l'analyse des données.

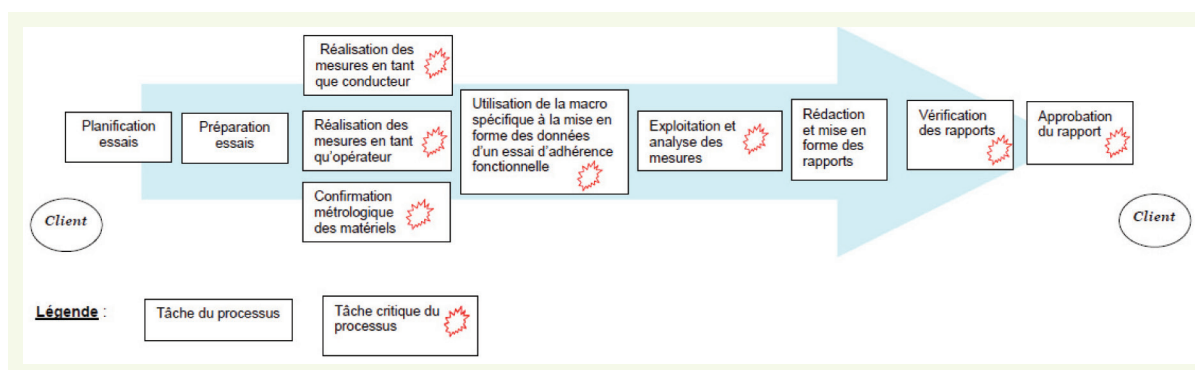
Ainsi, pour chaque tâche critique, des critères pertinents ont été identifiés afin d'évaluer les compétences des opérateurs. Cette évaluation permet d'établir, pour chaque opérateur, un plan de formation qui comprend des formations théoriques et/ou pratiques dispensées soit en interne par des agents qualifiés du laboratoire d'auscultation des chaussées, soit en externe par des organismes formateurs extérieurs.

Le **tableau 1** indique pour la tâche critique "réalisation des mesures en tant qu'opérateur", les compétences requises et les critères de qualification, de maintien et de suspension associés.

Une qualification permet à un agent d'effectuer les tâches critiques dont il a la charge pour une période de deux ans, sachant que ses compétences sont validées annuellement sur la base d'une appréciation de résultat sur les opérations qu'il a menées au cours de l'année. Si celle-ci est



**figure 5**  
Interprétation des valeurs  
du coefficient de frottement  
longitudinal mesuré  
par l'IMAG.



**figure 6**

*Tâches critiques du processus de mesure d'adhérence fonctionnelle. (Source : Laboratoire d'auscultation des chaussées du STAC)*

conforme aux critères de maintien des compétences (par exemple, le tableau 1), la qualification de l'agent est renouvelée.

Pour assurer les tâches opérationnelles, organisationnelles et décisionnelles, le laboratoire d'auscultation des chaussées a défini les rôles principaux suivants:

- assistant technique : assiste le contrôleur technique dans ses tâches ;
- contrôleur technique : réalise l'essai d'adhérence fonctionnelle et établit le rapport ;
- correspondant métrologique : gère et assure la confirmation métrologique des instruments de mesure du laboratoire ;
- responsable technique : organise les missions de mesure d'adhérence ;
- expert réglementaire : représente le laboratoire dans les groupes de travail internationaux ;
- expert technique : gère les compétences et est responsable du système de management de la qualité du laboratoire ;
- directeur du laboratoire : approuve les rapports d'essais.

#### 4. VERS UNE RECONNAISSANCE EUROPÉENNE DE LA PRATIQUE FRANÇAISE...

La maîtrise du processus de mesure d'adhérence fonctionnelle sur chaussée aéronautique est complexe et exige des connaissances et des compétences maîtrisées. Le STAC, fort de son riche retour d'expérience sur ce sujet, s'est investi il y a près de trois ans, dans une démarche volontariste d'accréditation pour faire reconnaître auprès de ses clients la qualité de ses prestations. L'obtention par le laboratoire d'auscultation des chaussées d'une accréditation COFRAC pour la mesure d'adhérence fonctionnelle et sa participation à de nombreuses campagnes de comparaison inter-laboratoires ont contribué à améliorer la qualité de ses prestations.

**tableau 1**

*Compétences exigées pour la qualification d'un agent à la réalisation des mesures en tant qu'opérateur. (Source : Laboratoire d'auscultation des chaussées du STAC).*

Compétences requises	Critères de qualification	Critères de maintien de qualification	Critères de suspension de l'habilitation
Connaissance des fonctionnalités de l'équipement et de son utilisation	- Lecture de la procédure référencée PRO/STAC/IA/DEI/SECA/PR5-A/085 - Réalisation d'un essai d'adhérence fonctionnelle - Note au QCM $\geq 8/10$	Avoir réalisé une campagne dans l'année précédente en tant qu'opérateur	Mesures d'adhérence rapportées non valides sur au moins un essai
Connaissance des fonctionnalités du logiciel de l'équipement			
Connaissance des paramètres du contrôle en service	- Note au QCM $\geq 8/10$		



Ce niveau de qualité doit être diffusé aux prestataires de service qui exercent une activité de mesure d'adhérence fonctionnelle car, comme on a pu le démontrer, les études d'estimation de l'incertitude sur la valeur du CFL ont mis en évidence l'influence significative de la maîtrise du processus de mesure sur le résultat. L'un des moyens retenus pour répondre à cet objectif est la mise en place d'une accréditation COFRAC essai, selon la norme ISO/CEI 17025, qui contribuera à terme à améliorer la sécurité de l'aviation civile.

À l'heure où l'Europe cherche à harmoniser les pratiques de ses états membres, notamment dans le domaine de la certification des aéroports, notre action passe également par la reconnaissance de la pratique française en matière d'essai d'aptitude pour la certification des appareils automoteurs de mesure continue du frottement auprès de l'Agence Européenne de la Sécurité Aérienne (EASA) et des groupes de travail internationaux attachés à l'OACI. À cette fin, le STAC s'est engagé dans une démarche volontariste d'accréditation COFRAC selon le référentiel ISO/CEI 17043 (Évaluation de la conformité, exigences générales concernant les essais d'aptitude).

## 7. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Manuel des services d'aéroport.** Organisation de l'aviation civile internationale (OACI), 2<sup>e</sup> Partie « État de la surface des chaussées », Quatrième édition — 2002, 138 p.

**Arrêté du 10 juillet 2006 relatif aux caractéristiques** physiques des aéroports civils utilisés par les aéronefs à voilure fixe, annexe technique n°1, Ministère des transports, de l'équipement, du tourisme et de la mer, <http://www.legifrance.gouv.fr/> - 11 juillet 2006

**Norme ISO/CEI 17025** édictée par l'ISO et par la CEI en 2005 qui spécifie les exigences de qualité et de compétence propres aux laboratoires d'essais et d'analyses, (c) AFNOR 2005 - ISSN 0335-3931 Septembre 2005