

Agrément des appareils auto-mouillants de mesure continue du frottement pour un usage fonctionnel

Note d'information technique



Agrément des appareils auto- mouillants de mesure continue du frottement pour un usage fonctionnel

Note d'information technique

Service technique de l'aviation civile
Département Infrastructures aéroportuaires

Rédacteur - Jonathan GERTHOFFERT

Juillet 2012



Résumé

Les standards de l'OACI et la réglementation française imposent aux exploitants d'aéroports de mesurer régulièrement les caractéristiques de frottement intrinsèques des pistes. Cette mesure doit être réalisée au moyen d'un appareil auto-mouillant de mesure continue du frottement.

La réglementation française définit des niveaux minimaux de frottement. En dessous de ces niveaux minimaux, la piste est considérée comme glissante, des actions correctives doivent être prises et les pilotes doivent être informés de ces conditions.

Tous les appareils auto-mouillants de mesure continue du frottement utilisés pour réaliser ces mesures sur les aéroports français doivent être agréés par le STAC. Ce processus vise à assurer aux exploitants que les appareils de mesure du frottement sont fiables et répétables. Il harmonise également les mesures entre les différents équipements et garantit une compréhension uniforme des niveaux minimaux de frottement.

Ce document présente le processus d'agrément des appareils auto-mouillants de mesure continue du frottement utilisés sur les aéroports français.

Mots clés

Adhérence, auto-mouillant, piste, chaussée aéronautique, frottement, niveaux minimaux de frottement, agrément, appareil de référence

Sommaire

1. Introduction	7
2. Champs d’application	7
3. Textes de référence	7
4. Définitions et abréviations	8
4.1. Définitions	8
4.2. Abréviations	8
5 Appareils concernés par l’agrément	9
5.1. Présentation de l’appareil de référence	9
5.2. Exigences pour l’appareil de référence	10
6. Organisation d’une campagne d’agrément	11
6.1. Campagne d’agrément annuelle à date fixe	11
6.2. Campagne d’agrément à la demande	11
6.3. Formulaire d’inscription	11
6.4. Déontologie	12
7. Programme d’essais	13
7.1. Organisation des tâches	13
7.2. Choix du site d’essais	13
7.3. Surfaces d’essais	14
7.4. Vitesses d’essais	16
7.5. Répétitions	16
7.6. Conditions météorologiques	17
7.7. Déroulements des essais	17
7.8. Résultats des essais	17
7.9. Conditions de sécurité et détails pratiques	17
8. Analyse des résultats d’essais	19
8.1. Mise en forme des données	19
8.2. Pré-analyse	19
8.3. Représentation graphique	19
8.4. Détection des valeurs aberrantes	20
8.5. Régression linéaire simple	21
8.6. Analyse complémentaire	21

9. Délivrance du certificat d'agrément	22
Annexe 1	23
Annexe 2	27
Annexe 3	31
Annexe 4	35

1. Introduction

Conformément aux standards OACI, la France exige des exploitants aéroportuaires d'évaluer régulièrement (au moins une fois tous les deux ans) les caractéristiques de frottement intrinsèques de leur piste au moyen d'un appareil auto-mouillant de mesure continue du frottement.

La réglementation définit un niveau minimum de frottement pour différents types d'équipements de mesure. En dessous de ce niveau minimum de frottement, la piste est considérée comme glissante et des actions correctives doivent être mises en œuvre pour améliorer les caractéristiques de frottement et informer les pilotes de ces conditions.

La réglementation française exige également que tous les appareils de mesure du frottement, quelque soit leur type ou leur constructeur, utilisés pour un usage fonctionnel en France soient agréés par l'État.

2. Champs d'application

Ce document présente la procédure d'agrément des appareils auto-mouillants de mesure continue du frottement pour un usage fonctionnel. Seuls les appareils sont concernés par cet agrément, les opérateurs étant hors du champ.

L'agrément a pour objectif de garantir aux exploitants aéroportuaires que les appareils de mesure du frottement fonctionnent de façon fiable et cohérente. Il harmonise également les mesures de frottement entre les différents appareils et garantit une compréhension uniforme du niveau minimum de frottement.

L'agrément des appareils de mesure du frottement consiste en des essais de corrélation entre l'appareil à agréer et l'appareil de référence, détenu par le Service Technique de l'Aviation civile (STAC). Les résultats sont analysés afin :

- D'évaluer l'existence d'une relation entre l'appareil à agréer et l'appareil de référence,
- De déterminer la pertinence de cette relation,
- De vérifier les performances de l'appareil à agréer en termes de répétabilité et de cohérence des valeurs mesurées.

Un appareil atteignant les exigences de l'agrément est ensuite corrélé à l'appareil de référence du même type, conformément aux exigences de la référence 1. Un certificat est alors délivré précisant :

- La relation existant entre cet appareil et l'appareil de référence du même type,
- L'étendue des valeurs de coefficients frottement couverts par cette relation,
- Les niveaux minimaux de frottement de l'appareil de référence du même type.

Le certificat a une durée de validité de deux ans et doit être renouvelé à la fin de cette période. L'équipement doit également être entretenu et calibré pendant cette période.

3. Textes de référence

Les documents de référence relatifs à cette procédure sont les suivants :

- ✓ 1. L'arrêté du 10 juillet 2006 relatif aux caractéristiques physiques des aérodromes civils utilisés par les aéronefs à voilure fixe
- ✓ 2. Normes et pratiques recommandées internationales : Annexe 14 à la Convention relative à l'aviation civile internationale, Aérodromes
- ✓ 3. Manuel des Services d'Aéroports, Partie 2, État de la surface des chaussées

Les documents suivants contiennent des informations complémentaires à cette procédure.

- ✓ AC No. 150/5320-12C : *US Department of Transportation; Federal Aviation Administration; Advisory Circular: Measurement, construction and maintenance of skid-resistant airport pavement surfaces.*
- ✓ *CROW report 06-05: Qualification Protocol for Candidate Self-wetting Friction-measuring Devices on Dutch Airfields*
- ✓ CAP 683 – *The assessment of Runway Surface Friction Characteristics*

4. Définitions et abréviations

4.1. Définitions

Ajustement bivarié : Détermination de la relation entre deux variables.

Analyse univariée : Analyse focalisée sur un critère.

Appareil de référence : L'appareil de référence est un appareil particulier choisi en tant que référence pour la corrélation des autres appareils.

Coefficient de frottement : Le coefficient de frottement est la valeur mesurée exprimant la résistance au déplacement relatif de deux corps en contact, la force de frottement étant la force agissant tangentiellement à la zone de contact. Le coefficient de frottement est également appelé valeur de frottement ou niveau de frottement.

Étude R & r : Étude de la répétabilité et de la reproductibilité des systèmes de mesure pour déterminer et vérifier les causes de variations des mesures.

Fidélité : La précision désigne le degré de conformité de la quantité mesurée ou calculée par rapport à sa valeur vraie.

Macro-texture : La macro-texture désigne les irrégularités de la surface de la chaussée comprises entre 0,5 mm et 50 mm.

Micro-texture : La micro-texture désigne les irrégularités de la surface de la chaussée inférieures à 0,5 mm.

Mesure de frottement : La mesure de frottement réfère à la mesure du coefficient de frottement.

Repétabilité : La répétabilité est la différence maximale attendue entre deux mesures faites par la même machine, avec le même pneumatique, opérée par le même équipage sur les mêmes sections d'essais et sur une courte période de temps.

Reproductibilité : La reproductibilité est la différence maximale attendue entre deux mesures faites par différentes machines avec des équipages différents sur une même section d'essais sur une courte période de temps.

Valeur aberrante : Une valeur aberrante est une valeur qui est significativement différente des autres données du même jeu.

4.2. Abréviations

ASFT : *Airport Surface Friction Tester*

IFSTTAR : Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux

IMAG : Instrument de Mesure Automatique de Glissance

OACI : Organisation de l'Aviation Civile Internationale

STAC : Service Technique de l'Aviation civile

STFT : *Surface Trailer Friction Tester*

5. Appareils concernés par l'agrément

D'après l'arrêté du 10 juillet 2006 (référence 1), tous les appareils auto-mouillants de mesure continue du frottement utilisés pour un usage fonctionnel sur les aéroports français doivent être agréés. Les participants aux campagnes d'agrément sont :

- L'appareil de référence, détenu par le STAC,
- Au moins un appareil à agréer.

5.1. Présentation de l'appareil de référence

L'appareil de référence est un appareil de type IMAG (Instrument de Mesure Automatique de Glissance). Cet appareil a été retenu comme référence parce que sa participation à de nombreux essais internationaux d'inter-comparisons (*Tire/Runway Friction Workshop* sur le site d'essais de WALLOPS et les essais du Joint *Winter Runway Friction Measurement Programme*) a démontré :

- Qu'il est répétable,
- Que ses résultats se corrént bien avec les résultats des autres appareils.

Afin de minimiser les risques de dérive d'une campagne à une autre, cet appareil est :

- Maintenu et étalonné selon des procédures strictes élaborées au STAC,
- Utilisé strictement dans le cadre des campagnes d'agrément,
- Couplé avec son véhicule tracteur et utilisé uniquement avec ce véhicule,
- Contrôlé avant et après chaque campagne d'agrément.

La figure 1 est une photographie de l'appareil de référence et de son véhicule tracteur.



Figure 1 : Photographie de l'appareil de référence et de son véhicule tracteur.

5.2. Exigences pour l'appareil candidat à l'agrément

La participation à une campagne d'agrément implique que l'appareil présenté soit en bon état de fonctionnement d'un point de vue mécanique et métrologique. Il doit être contrôlé et étalonné conformément au manuel du constructeur, ou le cas échéant selon les procédures établies par le candidat à l'agrément. L'appareil doit être équipé d'un pneumatique neuf, rodé et gonflé à la pression spécifiée par le constructeur. Un pneumatique de rechange de caractéristiques identiques doit également être prévu en cas d'une détérioration du pneumatique principal.

Le programme d'essai prévoit des essais à 95 km/h à pleine charge. Les participants doivent s'assurer que le véhicule tracteur est en bon état de fonctionnement (freins, pneumatiques...) pour accélérer, maintenir la vitesse dans une tolérance de ± 5 km/h et décélérer en moins de 400 m.

Les opérateurs sont en dehors du champ de l'agrément. Il ne leur est donc pas demandé de justifier ni de compétence, ni de qualification et il ne leur est pas délivré de certificat. Néanmoins, il est hautement recommandé que les appareils de mesure du frottement soient opérés par des agents formés et compétents.

Pour des raisons de sécurité, la présence de deux opérateurs d'essais est exigée (un conducteur et un opérateur d'essai) pendant la réalisation de la campagne de mesures.

✓ La figure 2 présente différents appareils de mesure du frottement participant à une campagne d'agrément.



Figure 2 : Photographie de différents appareils participant à une campagne d'agrément (un appareil de type ASFT en haut et un appareil de type Sarsys SIFT à droite).



6. Organisation d'une campagne d'agrément

Le STAC organise tous les ans une campagne d'essai à date fixe. Une campagne exceptionnelle peut être organisée sur demande d'une compagnie. Les campagnes d'agrément sont conçues aussi bien pour une certification initiale que pour un renouvellement de certificat. Cette prestation est soumise à redevance.

6.1. Campagne d'agrément annuelle à date fixe

Une campagne à date fixe est organisée tous les ans, généralement vers la fin du mois d'août. Les informations concernant cette campagne sont rendues publiques en début d'année sur le site internet du STAC au lien suivant :

<http://www.stac.aviation-civile.gouv.fr/chaussee>

Tous les documents concernant la campagne d'agrément des appareils de mesure du frottement peuvent être téléchargés sur le site internet du STAC, notamment :

- Le formulaire d'inscription,
- La procédure d'inscription,
- La procédure du programme d'essai,
- La procédure pour l'analyse des résultats,
- Le modèle de formulaire des résultats,
- La procédure de délivrance du certificat.

6.2. Campagne d'agrément à la demande

Dans le cas où une société souhaiterait faire agréer un (ou plusieurs) appareil(s) sans attendre la campagne à date fixe (acquisition ou modification d'un appareil), le STAC peut organiser une campagne exceptionnelle. La planification d'une telle campagne est fonction du plan de charge du service. Elle sera programmée d'un commun accord et dans les meilleurs délais.

Pour des raisons météorologiques, aucune campagne d'agrément ne sera organisée sur la période de novembre de l'année N à avril de l'année N +1.

6.3. Formulaire d'inscription

Toutes les demandes écrites (courrier postal ou courriel) accompagnées du formulaire d'inscription feront l'objet d'un examen de recevabilité (un formulaire d'inscription par appareil à agréer).

Une version électronique du formulaire d'inscription est téléchargeable sur le site internet du STAC. Une version papier de ce document peut être envoyée sur simple demande.

L'examen du formulaire peut conduire à une demande de renseignements complémentaires. Tous les champs doivent impérativement être renseignés. Dans le cas contraire, le formulaire d'inscription est retourné au demandeur pour compléments d'informations.

La demande de renseignements complémentaires ou la décision de recevabilité de la demande est transmise au demandeur sous 15 jours maximum après réception du formulaire d'inscription.

Dans le cas où la demande est acceptée, le demandeur est invité à se présenter à la campagne d'agrément pour laquelle il est retenu. Un avis de paiement d'une redevance lui sera alors adressé.

Dans le cas contraire, l'appareil n'est pas conforme aux exigences de l'arrêté du 10 juillet 2006. Le seul recours recevable est alors de présenter le dispositif de mesure mis en conformité avec les exigences de l'arrêté, ou de présenter un nouveau dispositif de mesure.

6.4. Déontologie

Les agents participant aux agréments des appareils auto-mouillants de mesure continue du frottement sont tenus de faire preuve, quelle que soit leur qualification et quelle que soit leur fonction, d'objectivité et de neutralité dans le traitement des dossiers.

Les obligations de réserve, de discrétion professionnelle et de secret professionnel tels que définies par la loi (en particulier la loi 83-634 du 13 juillet 1983) s'imposent pleinement aux agents participant aux campagnes d'agrément des appareils auto-mouillants de mesure continue du frottement. Les agents s'interdisent en particulier de diffuser des documents de synthèse ou des rapports ainsi que de communiquer (y compris de manière orale) des informations relevant de leur activité professionnelle à des personnes physiques ou morales non habilitées à être dépositaires de ce type d'informations.

Les participants aux campagnes d'agrément des appareils auto-mouillants de mesure continue du frottement sont par ailleurs sensibilisés à l'existence d'une démarche qualité au sein du Service Technique de l'Aviation Civile et en particulier à l'existence d'un cadre défini dans lequel les dites mesures doivent avoir lieu. Ce cadre est défini par le processus de réalisation PR2 « Homologuer/Certifier des matériels et des systèmes » du Manuel Qualité du Service Technique de l'Aviation Civile.

7. Programme d'essais

La campagne d'agrément consiste en des essais de mesure du frottement et une analyse statistique des résultats.

7.1. Organisation des tâches

Le STAC est en charge de la planification, de l'organisation et de l'analyse des résultats de mesure. Chaque « laboratoire » participant assure l'exécution des mesures.

Les opérateurs d'essais sont ceux qui effectuent les mesures dans des opérations normales.

7.2. Choix du site d'essais

Les campagnes d'agrément sont organisées sur un site d'essai conçu spécialement pour tester, étalonner et agréer les appareils de mesure des caractéristiques de surface (texture, uni et adhérence).

✓ La figure 3 est une photographie aérienne du site d'essai. Il se décompose en cinq parties :

- La première partie est le point de départ,
- La seconde partie est un demi-cercle de 1400 m de long et est utilisée pour l'accélération,
- La troisième partie est longue de 500 m et inclut 11 surfaces d'essais différentes,
- La quatrième partie fait 400 m de long et est utilisée pour décélérer,
- La dernière partie est la zone d'arrivée.



Figure 3 : Piste d'essai de l'IFSTTAR.

7.3. Surfaces d'essais

La piste d'essai est composée de 11 surfaces d'essais comprenant une large étendue de niveaux de frottement. La disposition des surfaces est présentée sur la figure 4.

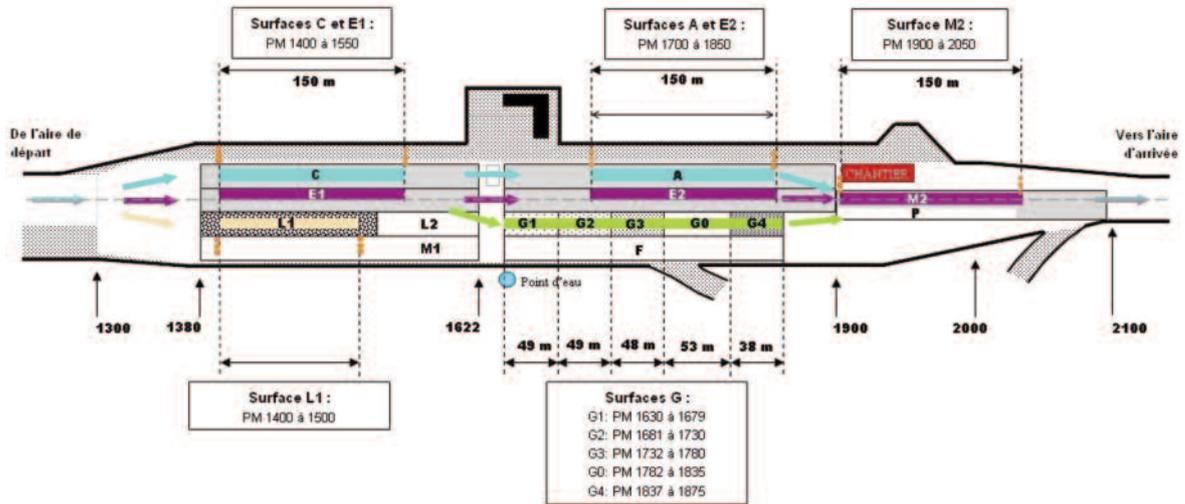


Figure 4: Disposition des surfaces d'essais.

Les surfaces A, E1, E2 et M2 font 150 m de long et 2 m de large. Elles ont des niveaux de frottement allant de niveau moyen à élevé. Les surfaces G0 à G4 font 50 m de long et 2 m de large. Elles ont été peintes de façon à présenter des niveaux bas de frottement. La surface L1 fait 100 m de long et 2 m de large. Elle est couverte d'époxy et présente des niveaux très bas de frottement. Les matériaux constituant ces surfaces sont présentés dans le tableau 1 ci-dessous :

Surface d'essai	Matériau
A	Enrobé drainant (0/6)
C	Enduit (0,8/1,5)
E1	BBSG (0/10)
E2	BBSG (0/10)
G0	Enrobé "Basse Adhérence"
G1	Peinture
G2	Peinture avec charge +
G3	Peinture avec charge ++
G4	Peinture avec charge +++
L1	Résine Epoxy
M2	BBTM (0/6)

Tableau 1: Matériaux des surfaces d'essais.

La figure 5 montre différentes surfaces du site d'essai.



Surface E1 : Béton bitumineux semi-grenu (0/10).



Surface G4 : Peinture avec charge +++.



Surface M2 : Béton bitumineux très mince (0/6).



Surface G0 : Enrobé "basse adhérence".

Figure 5 : Photographies des différentes surfaces.

L'entrée et la sortie d'une surface d'essai sont balisées par des cônes de chantier.

Pour limiter la durée des essais, des mesures sur plusieurs surfaces sont effectuées au cours d'un passage. Par exemple, les surfaces C et A (ou E1, E2 et M2, ou G1, G2, G3, G0 et G4) peuvent être testées lors d'un même passage.

7.4. Vitesses d'essais

Les mesures des coefficients de frottement peuvent être faites aux vitesses suivantes :

- 40, 65 et 95 km/h sur toutes les surfaces, excepté L1,
- 20 km/h sur la surface L1.

Une tolérance de ± 5 km/h est admise pour chacune des vitesses d'essai.

Les surfaces A et C sont constituées d'un enrobé drainant et d'un enduit. Ces matériaux ont une macro-texture élevée et ne montrent pas de variations importantes du coefficient de frottement avec la vitesse. Les enrobés drainants étant des matériaux interdits sur les aéroports, les résultats des essais sur la piste A ne sont pas exploités lors de l'analyse.

Les surfaces G sont peintes et présentent des niveaux de micro et de macro-texture très bas. Elles sont généralement testées à 65 et 95 km/h afin d'avoir des niveaux de frottements très proches des niveaux de frottement minimaux de l'appareil de référence, et sont donc d'une importance primordiale pour le succès de la campagne d'agrément. Une balayeuse est généralement utilisée afin d'aider à l'évacuation de l'eau sur ces surfaces. Cette pratique a démontré son efficacité pour améliorer la répétabilité et éviter l'apparition de conditions propices à l'aquaplanage. Les résultats ne peuvent pas être exploités en conditions d'aquaplanage.

La surface L est recouverte d'époxy et présente des coefficients de frottement extrêmement bas. Cette surface est généralement circulée à 20 km/h car des vitesses plus élevées conduisent à l'aquaplanage de la roue de mesure. Cette surface est généralement utilisée pour contrôler l'offset des appareils de mesure. Les agents du STAC définissent les vitesses et les surfaces testées afin de garantir que les objectifs de la campagne d'agrément seront atteints.

7.5. Répétitions

Une répétition est définie comme le passage d'un participant sur une surface d'essai. L'opérateur d'essai est responsable de la qualité des mesures. Celles-ci peuvent être faites à nouveau si l'opérateur juge qu'elles n'ont pas été réalisées conformément au mode opératoire.

En particulier, un essai doit être recommencé si :

- La vitesse n'a pas été maintenue (dans les tolérances spécifiées en 7.4),
- Le participant a dévié de l'axe central de la surface d'essai,
- La roue de mesure était dans des conditions d'aquaplanage,
- Pour une raison quelconque, l'essai n'a pas été réalisé conformément au mode opératoire du participant,
- Il y a des raisons de douter de la valeur mesurée.

Pour chaque combinaison (participant, surface d'essai, vitesse), un minimum de cinq répétitions valides est exigé. Ces répétitions sont nécessaires pour évaluer la répétabilité et la reproductibilité des appareils.

7.6. Conditions météorologiques

Les essais sont réalisés sur une chaussée sèche uniquement. La température doit être supérieure à 5 °C. En cas de pluie, les essais sont suspendus jusqu'à ce que la chaussée soit à nouveau sèche.

7.7. Déroulement des essais

Selon le nombre d'appareils à agréer, la durée des essais varie mais ne peut pas excéder trois jours et demi. Chaque participant reçoit un plan d'expérience spécifiant son nombre de passages, les surfaces testées et la vitesse d'essai.

Les départs et les retours sont coordonnés par les agents du STAC. Les réservoirs en eau sont remplis tous les 4 ou 5 passages selon la capacité des réservoirs des participants.

7.8. Résultats des essais

À la fin de chaque journée d'essais, chaque participant fournit au STAC ses résultats en format électronique, afin de s'assurer que suffisamment de données ont été collectées et de définir les essais à réaliser les jours suivants. Les résultats sont fournis sous la forme d'une valeur moyenne par surface et par vitesse d'essai, complétée par l'heure de la mesure.

Après la campagne d'agrément, chaque participant fournit ses résultats au STAC en utilisant le formulaire dédié aux résultats d'essais. Une copie de ce formulaire est fournie en annexe 2.

Chaque participant est responsable de la qualité des résultats communiqués au STAC. Ils peuvent être transmis par courrier, courriel ou fax. L'analyse est basée sur les données communiquées par les participants et donc ne peut commencer qu'à réception du formulaire.

7.9. Conditions de sécurité et détails pratiques

Tous les participants attendent au point de départ et au point de retour le signal du STAC avant de partir sur la piste. Pour des raisons de sécurité, un seul participant à la fois peut utiliser la piste.

Quand les participants circulent sur la piste pour d'autres raisons que les essais, ils doivent limiter leur vitesse à 40 km/h.

Les opérateurs présents sur le site doivent porter un gilet réfléchissant.

L'adresse du site est :

IFSTTAR Centre de Nantes
Route de Bouaye
BP 4 129
44 341 Bouguenais CEDEX
France

Les laboratoires peuvent être stationnés sur un parking non couvert. Le remplissage des réservoirs d'eau se fait au point d'eau sur la piste d'essai (repère bleu sur la figure 2). Pour éviter de retarder le déroulement du programme d'essais, il est demandé aux laboratoires de remplir leur réservoir avant le début d'une journée d'essais.

Une station d'essence se trouve à cinq minutes du site d'essai. Pour éviter de retarder le déroulement du programme d'essais, il est demandé aux laboratoires de remplir leur réservoir avant le début d'une journée d'essais.

8. Analyse des résultats d'essais

L'analyse des résultats est basée sur les coefficients de frottement mesurés durant la campagne d'agrément. Elle consiste en une analyse statistique, réalisée avec le logiciel de traitement statistique JMP.

Les explications relatives à la validation de l'application JMP sont disponibles sur :

<http://www.jmp.com/software/qualitystatement.shtml>

8.1. Mise en forme des données

Les données sont mises en forme de manière à mettre en correspondance les données mesurées par l'appareil à agréer avec celles de l'appareil de référence, pour les conditions d'essais similaires et sur une courte période de temps.

8.2. Pré-analyse

Une analyse préliminaire est réalisée afin de détecter les valeurs incohérentes. Ces valeurs peuvent être la conséquence d'une variation non-contrôlée de l'un des paramètres d'essais ou des conditions météorologiques.

Les valeurs incohérentes sont systématiquement retirées de l'analyse statistique. Le rapport d'agrément justifie le retrait de ces valeurs.

8.3. Représentation graphique

Pour le candidat à l'agrément et l'appareil de référence, les coefficients de frottement et les écarts-types sont représentés sur deux graphiques en fonction des surfaces d'essais et des vitesses d'essais.

Ces graphiques permettent d'observer toutes les mesures par appareil et d'évaluer leur fidélité.

✓ Les figures 6 et 7 sont des exemples de représentation des valeurs individuelles et des écarts-types.

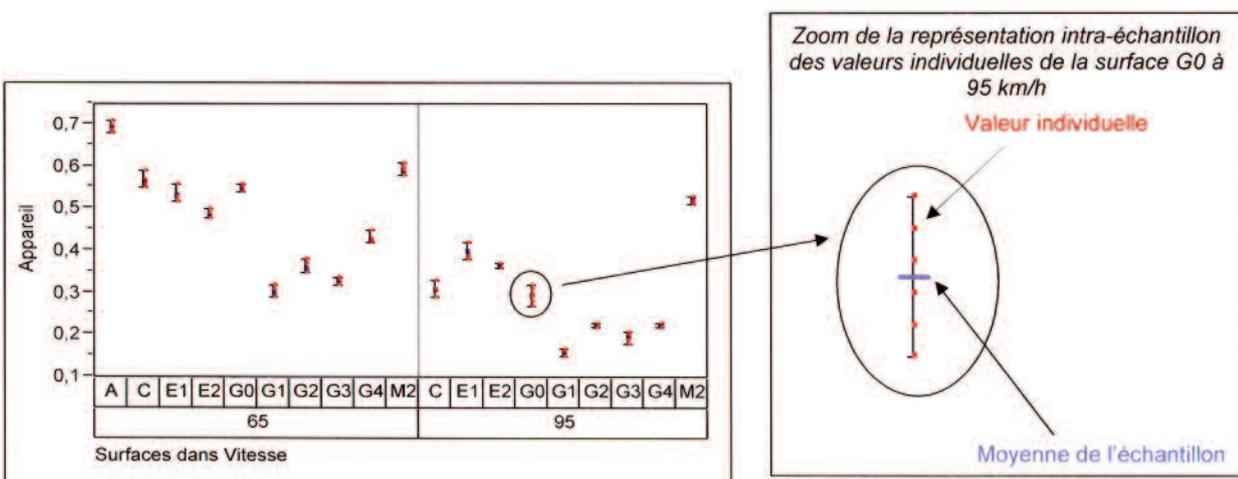


Figure 6 : Représentation graphique des valeurs individuelles du frottement en fonction de la vitesse et des surfaces d'essai pour un appareil.

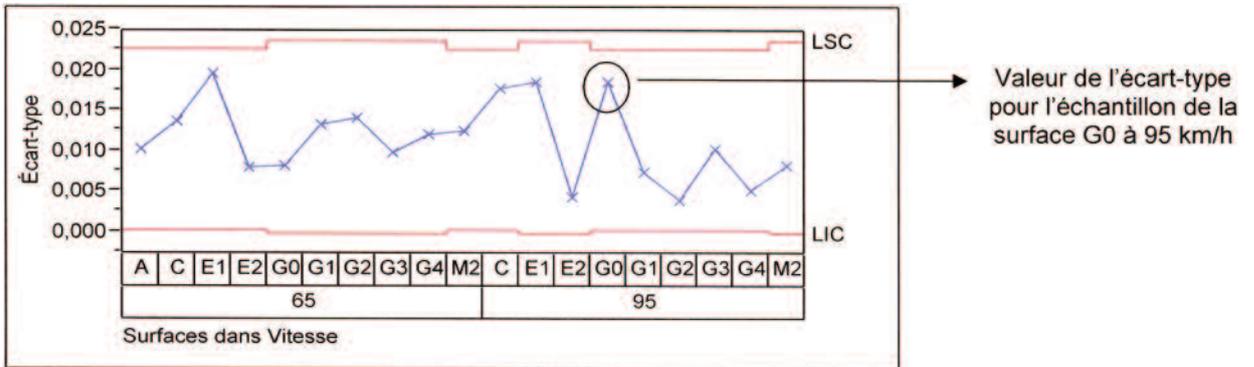


Figure 7 : Représentation graphique des écarts-types et limites de l'intervalle de confiance à 95 % (Limite Supérieure de Contrôle et Limite Inférieure de Contrôle) en fonction de la vitesse et des surfaces d'essai pour un appareil.

Le graphique des valeurs de coefficient de frottement permet d'observer l'étendue des variations individuelles des équipements.

Le graphique des écarts-types, avec les limites de l'intervalle de confiance à 95 %, permet de détecter les situations de fortes variabilités des mesures, par rapport aux autres conditions d'essais. Les valeurs correspondantes sont identifiées pour la suite de l'analyse.

Aucune valeur n'est retirée de l'analyse à cette étape de l'analyse.

8.4. Détection des valeurs aberrantes

Une régression linéaire simple ($Y = aX + b$) est réalisée sur la totalité du jeu de données, épuré des valeurs incohérentes identifiées dans la partie 8.2. Les données de l'appareil de référence sont considérées comme la variable explicative (X) et sont représentées sur l'axe des abscisses. Les données de l'appareil à agréer sont considérées comme la réponse (Y) et sont représentées sur l'axe des ordonnées.

L'intervalle de confiance à 95 % des valeurs individuelles est calculé. Cet intervalle signifie que, si l'appareil de référence mesure un coefficient de frottement x , les valeurs de l'appareil à agréer se trouvent dans cet intervalle, avec un risque de se tromper de 5 %.

Toutes les valeurs en dehors de cet intervalle sont donc considérées comme des valeurs aberrantes et sont retirées de la suite de l'analyse. Les causes pour ces retraits sont recherchées afin de s'assurer qu'ils ne sont pas abusifs.

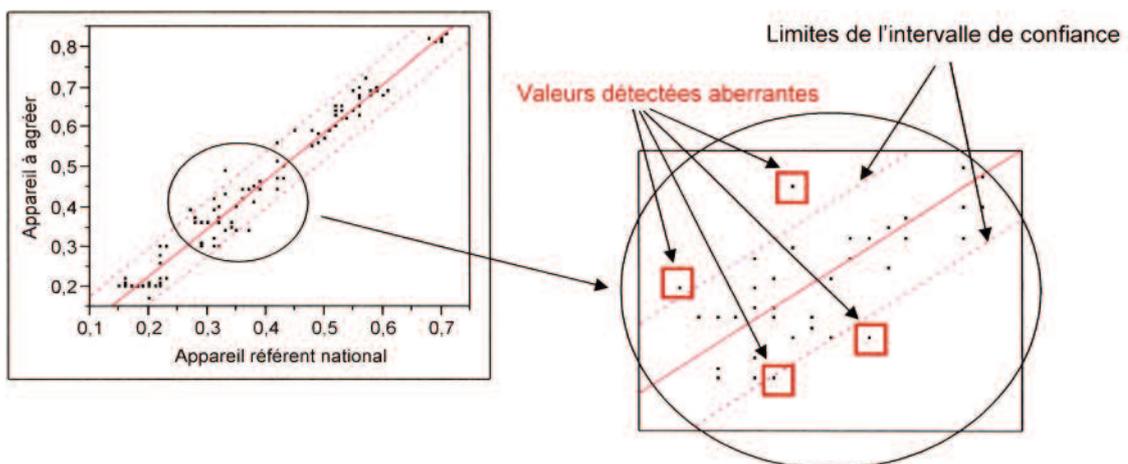


Figure 8 : Régression linéaire simple et identification des valeurs aberrantes.

8.5. Régression linéaire simple

Finalement, une régression linéaire simple est réalisée sur le nouveau jeu de données (épuré des valeurs incohérentes et aberrantes). Elle permet de déterminer la relation existant entre les mesures de l'appareil de référence et celle de l'appareil à agréer. Le coefficient de détermination (R^2) est utilisé pour estimer la qualité de la régression établie entre les mesures des deux appareils. L'allure du graphique des résidus est également étudiée.

La qualité de la régression est bonne lorsque R^2 est proche de 1 et faible lorsque R^2 est proche de 0. La valeur de 0,90 est considérée comme acceptable.

Quand ce critère est atteint, une analyse complémentaire est réalisée pour contrôler la pertinence des coefficients a et b de la régression. Cette analyse complémentaire est expliquée partie 8.6. Autrement, une régression linéaire est déterminée par vitesse. Le critère d'acceptation dans ce cas est relevé à 0,95. Quand ce critère est atteint, l'analyse se poursuit comme décrit partie 8.6.

Si aucun de ces critères n'est atteint, l'appareil ne peut pas être agréé.

8.6. Analyse complémentaire

Une analyse complémentaire est réalisée pour contrôler la pertinence des coefficients a et b de la relation entre les mesures de l'appareil à agréer et celles de l'appareil de référence.

L'outil retenu pour cette analyse complémentaire est le R & r (répétabilité et reproductibilité). Cette méthode calcule la part de la variabilité due au système de mesure et la compare à la variation totale observée. Cet outil détermine la viabilité du système de mesure.

La régression linéaire déterminée partie 8.5 est appliquée aux valeurs individuelles (après retrait des valeurs incohérentes et aberrantes) de l'appareil à agréer, afin de les ramener à la même échelle de mesure que l'appareil de référence. Les valeurs de l'appareil à agréer peuvent alors être comparées aux valeurs de l'appareil de référence.

Les critères d'acceptation sont résumés dans le tableau suivant :

Valeurs R & r	Signification	Conclusion
$R \& r \leq 30 \%$	Les deux appareils ont un comportement significativement proche pour les niveaux de frottements considérés.	L'appareil est agréé.
$R \& r > 30 \%$	L'appareil à agréer a un comportement significativement différent de l'appareil de référence pour les niveaux de frottement considérés.	L'appareil n'est pas agréé.

Tableau 2: Critères d'acceptation pour l'étude R & r.

Si le R & r est inférieur ou égal à 30 %, l'appareil est agréé. Un certificat d'agrément est alors délivré à l'appareil. Si le R & r est supérieur à 30 %, l'appareil est refusé. Un contrôle de répétabilité est alors réalisé sur les deux appareils afin de s'assurer que l'appareil de référence a une meilleure répétabilité que l'appareil à agréer.

9. Délivrance du certificat d'agrément

Le certificat d'agrément peut être délivré à un appareil si les exigences explicitées ci-dessus sont satisfaites. Le certificat contient les informations suivantes :

- Référence du certificat,
- Nom et adresse du candidat,
- Identification de l'appareil,
- Relation existant entre l'appareil à agréer et l'appareil de référence du même type,
- Domaine de validité de cette relation,
- Le niveau minimum de frottement pour l'appareil de référence du même type.

Ce certificat a une durée de validité de deux ans et doit être renouvelé à la fin de cette période.

Le modèle de certificat est présenté en annexe 4.

ANNEXE 1

Modèle de formulaire d'inscription



Formulaire d'inscription Campagne d'agrément d'appareil auto-mouillant de mesure continue du frottement

Cadre réservé à l'administration
Référence :
FOR/STAC/IA/DEI/SECA/Campagne
...../.....-Agr/.....-.....

Veuillez nous adresser un formulaire par appareil à agréer.

Demandeur :

Nom de la société : _____
Adresse : _____

fi

Votre demande concerne :

Campagne d'agrément à date fixe Campagne d'agrément isolée
Date(s) souhaitée(s) : _____

Motif de la demande :

Agrément initial Renouvellement de l'agrément
(Précisez la référence du dernier certificat valide)

Pour le compte de :

Du demandeur Autre société
Nom : _____
Adresse : _____

Appareil auto-mouillant de mesure continue du frottement

Cadre réservé à l'administration	
Recevabilité administrative	Identification du produit
Version Remorquée <input type="checkbox"/> Précisez le modèle du véhicule : _____	
Version Embarquée <input type="checkbox"/> Précisez le modèle du véhicule : _____	
Nom Commercial : _____ Type (ou modèle) : _____ N° de série : _____ Année de mise en circulation : _____	
Dispositif de mouillage : <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non Type de pneumatique d'essais : _____ Pression de gonflage : _____ Taux de glissement : _____ % Incertitude de l'appareil donnée par le constructeur (ou fabricant) ou estimée * : _____	

* champ facultatif

Ressources, territoires et habitats
 Développement durable
 Énergie et climat
 Préparation des risques
 Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
l'avenir**

TSPV →







Formulaire d'inscription

Campagne d'agrément
d'appareil auto-mouillant de mesure continue
du frottement

Procédure(s) ou manuel(s) appliqué(s) pour le suivi métrologique de l'appareil présenté

Document(s) fourni(s) par le constructeur (fabricant) :

Document(s) élaboré(s) par la société :

Contrôle(s)/étalonnage(s)/vérification(s) qui seront effectué(s) avant la campagne d'agrément :

**Le STAC se laisse la possibilité de demander une copie de ces documents.
Conformément au chapitre 8 de son dossier d'inscription (PRO/STAC/IA/DEI/SECA/PR2/057), le STAC
s'engage à respecter la confidentialité des informations lui étant transmises**

Cadre réservé à l'administration

**Enregistrement(s) associé(s) au(x) contrôle(s)/étalonnage(s)/vérification(s) énoncé(s) ci-dessus et
présenté(s) lors de la campagne d'agrément :**

A cet effet le postulant déclare connaître et accepter, les textes réglementaires applicables aux gestionnaires d'aérodromes ainsi que les procédures du Service Technique de l'Aviation Civile mises en place dans le cadre des campagnes d'agrément d'appareils auto-mouillants de mesure continue du frottement disponibles à l'adresse inscrite en bas à droite du présent formulaire, et s'engage à les respecter.

Date et signature du représentant légal de la société :

**Présent
pour
l'avenir**

www.developpement-durable.gouv.fr

Modèle version v3 du 14/12/2011
Disponible sur T:\a\104-DEI\SECA\Documents de référence\Docs internes\Agr

Page 2/2

31, avenue du Maréchal Leclerc
94381 Bonneuil-sur-Marne CEDEX
Tél: 01 49 56 80 00 - Fax: 01 49 56 82 19
www.stac.aviation-civile.gouv.fr

Ressources, territoires et habitats
Énergie et climat
Prévention des risques
Développement durable
Infrastructures, transports et mer





Ce document est la propriété du STAC et ne peut être reproduit sans accord préalable écrit du STAC

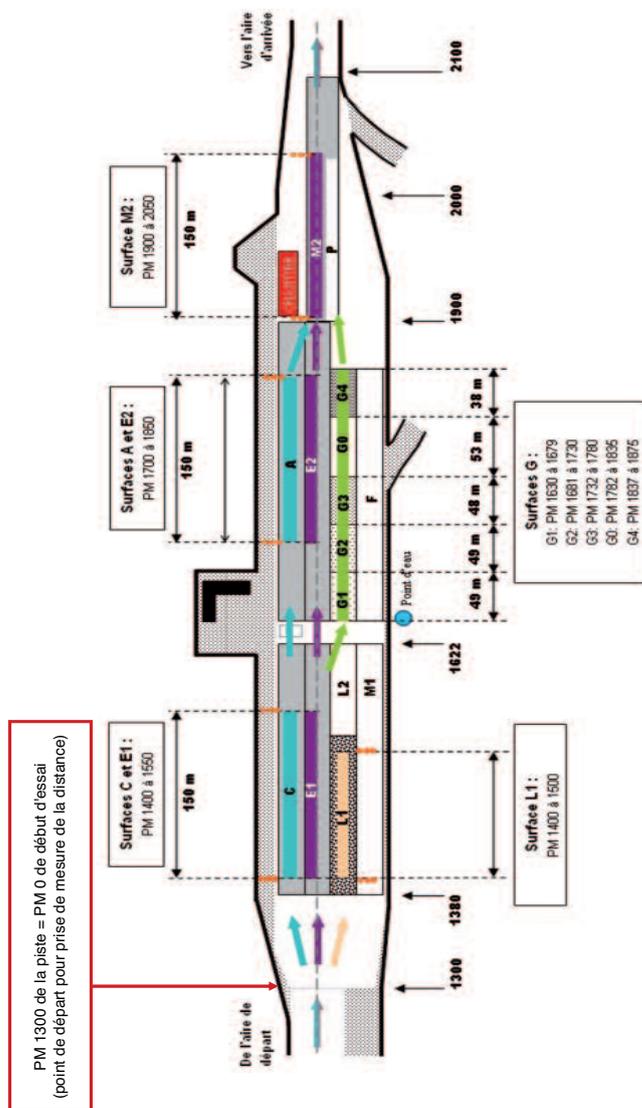
ANNEXE 2

Modèle de formulaire de résultats

LEGENDE :

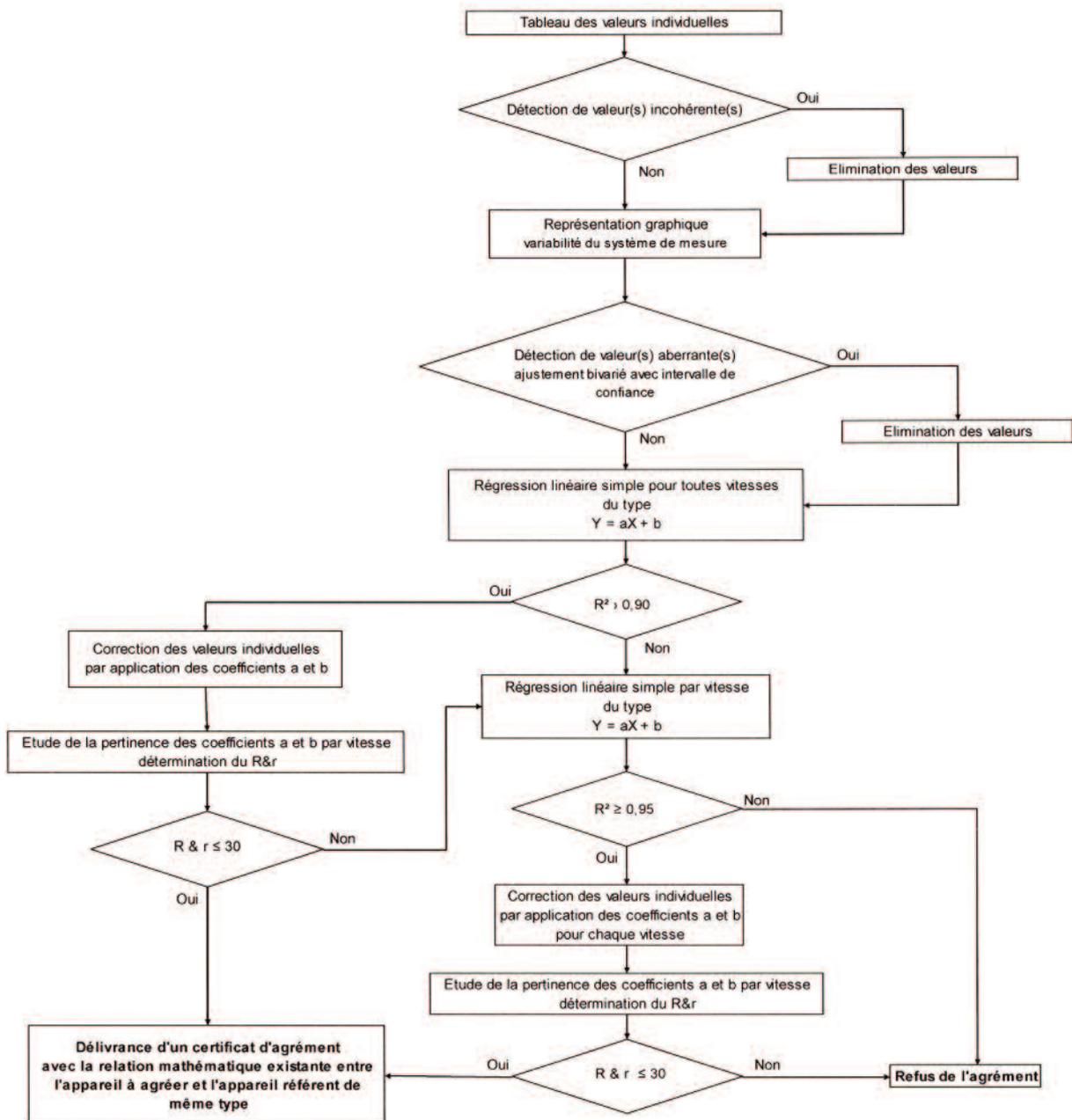
- | | |
|--|--|
| <u>PM début :</u>
Point métrique de début d'exploitation | <u>PM fin :</u>
Point métrique de fin d'exploitation |
| <u>Vitesse moy :</u>
Vitesse moyenne sur la longueur de la surface mesurée | <u>Vitesse :</u>
Ecart-type de la vitesse sur la longueur de la surface mesurée |
| <u>Débit moy :</u>
Débit moyen sur la longueur de la surface mesurée | <u>Débit :</u>
Ecart-type du débit sur la longueur de la surface mesurée |
| <u>G% moy :</u>
Taux de glissement moyen sur la longueur de la surface mesurée | <u>G% :</u>
Ecart-type du taux de glissement sur la longueur de la surface mesurée |
| <u>CFL moy :</u>
Coefficient de frottement longitudinal moyen sur la longueur de la surface mesurée | <u>CFL :</u>
Ecart-type du coefficient de frottement longitudinal sur la longueur de la surface mesurée |

Plan des surfaces d'essais



ANNEXE 3

Logigramme de l'analyse des résultats des essais



ANNEXE 4

Modèle de certificat d'agrément



AGREMENT D'APPAREIL DE MESURE DE L'ADHERENCE

Réf : DAD/STAC/IA/xxx/xxx/xx-xxx

ministère
de l'Écologie
de l'Énergie
du Développement
durable
et de la Mer
en charge des
technologies vertes et
des Négociations sur
le climat



**AUTORITÉ DE
SURVEILLANCE**

direction générale
de l'Aviation civile

**service technique
de l'Aviation civile**

Le présent agrément, établi en application de l'arrêté du 10 juillet 2006 relatif aux caractéristiques techniques de certains aérodromes terrestres utilisés par les aéronefs à voilure fixe (arrêté TAC) et délivré à

[SOCIÉTÉ]
[Adresse Société]

atteste que l'appareil de mesure identifié ci-après

[Identification de l'appareil agréé]

[type de pneumatique]

est certifié conforme aux exigences techniques applicables et que les coefficients de corrélation avec le dispositif de mesure [Appareil générique de même type]¹ sont les suivants :

[Relation mathématique]

Ces coefficients de corrélation permettent de comparer les valeurs obtenues avec le [Appareil agréé] avec celles du dispositif de mesure [Appareil générique de même type]. Les niveaux minimaux de frottements admissibles du [Appareil générique de même type] sont rappelés ci-dessous :

Dispositif de mesure	Pneu d'essai		Vitesse durant l'essai (km/h)	Épaisseur d'eau durant l'essai (mm)	Niveau minimal de frottement
	Type	Pression (kPa)			
[Appareil générique de même type]	X	X	65	1,0	X
	X	X	95	1,0	X

Cet agrément est valide jusqu'au JJ/MM/AAAA.

Délivré le :

Le Directeur du Service Technique de l'Aviation Civile

Ressources, territoires et habitats
Énergie et climat
Prévention des risques
Développement durable
Infrastructures, transports et mer

**Présent
pour
l'avenir**

¹ Tableau 1 de l'annexe technique n°1 relative aux caractéristiques physiques des aérodromes civils utilisés par les aéronefs à voilure fixe

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

Couverture © Photo STAC

Photos intérieures : © Photothèque STAC/Richard METZGER page 10

Autre source : © IFSTTAR

Illustrations/Dessins : © Documents STAC

Juillet 2012



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 Grynfolgel - 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