



L'AUSCULTATION DES AERODROMES



L'AUSCULTATION DES AERODROMES

Méthodes françaises
d'évaluation de la portance
de la glissance et de l'uni
des chaussées d'aérodromes
Septembre 1994

Le Service Technique des Bases Aériennes

Il exécute aussi des études et des consultations à l'étranger dans le cadre essentiellement des activités de Sofréavia, société exportatrice du savoir-faire français dans le domaine aéroportuaire et dont les statuts lui permettent de faire appel aux services techniques de la DGAC.

Compétent pour tout ce qui touche les infrastructures civiles et militaires, le STBA mène l'essentiel de la recherche faite en France dans ces domaines.

Le STBA apporte sa contribution à l'amélioration des méthodes utilisées au niveau international (OACI) notamment sur la résistance des chaussées et sur leur état de surface.

Répondre rapidement aux problèmes posés, élaborer les solutions, assister les gestionnaires d'aérodromes, les compagnies aériennes et les industriels constructeurs d'avions sont des objectifs constants pour lesquels le STBA met à disposition son expérience et son efficacité.

Le Service Technique des Bases Aériennes (STBA) est un service de l'administration française dépendant de la Direction Générale de l'Aviation Civile.

Il exerce en particulier le rôle d'ingénieur conseil au profit des administrations centrales des Transports (Service des Bases Aériennes), de l'Armée de l'Air (Direction Centrale de l'Infrastructure de l'Air) et de l'Aéronautique Navale (Direction Centrale des Travaux Immobiliers Maritimes).

Il est, sur leur demande, le conseiller et le bureau d'études des services extérieurs de l'Aviation Civile, des collectivités ou établissements créateurs ou gestionnaires d'aérodromes.

Sommaire

Auscouter...	4
Evaluation de la portance	6
La remorque de portance	8
Le matériel léger d'auscultation pour l'étranger et l'outre-mer	9
Les essais de portance	10
Evaluation de la glissance	12
L'IMAG	
Evaluation de l'uni	14
L'analyseur de profil en long	
Références	17

Auscouter...

Gérer son patrimoine : Auscouter ses chaussées

Les chaussées aéronautiques (pistes, voies de circulation, aires de stationnement) constituent une part importante des infrastructures opérationnelles d'un aéroport.

Afin de préserver et d'utiliser au mieux son patrimoine de chaussées aéronautiques, le gestionnaire d'un aéroport doit :

- connaître leur capacité portante pour les adapter à l'évolution du trafic en entreprenant en temps voulu les travaux nécessaires,
- contrôler les caractéristiques anti-dérapantes et la qualité du profil en long des pistes d'envol pour prévenir tout accident.

Pour satisfaire ces besoins, le STBA a conçu des méthodes et des matériels spéciaux d'auscultation des chaussées :

- la remorque de portance (matériel STBA) intervient pour en définir la portance,
- l'IMAG (Instrument de Mesure Automatique de Glissance - brevet STBA-Aéroports De Paris) mesure le coefficient de frottement longitudinal au titre de la glissance,
- l'analyseur de profil en long (mis au point par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) contrôle l'uni du profil en long des pistes.

Le STBA dispose d'équipes spécialisées capables d'intervenir en métropole et hors-métropole. Son savoir-faire lui permet également d'améliorer constamment ses matériels de mesure pour les adapter aux exigences des gestionnaires, aux particularités des chaussées, aux contraintes du trafic.

Facilité de transport, automatisation, rendement et fiabilité sont les principales qualités vers lesquelles ont tendu ses efforts de conception.

Auscouter...

Le gestionnaire peut provoquer une auscultation de ses chaussées aéronautiques :

- pour réactualiser les charges admissibles ou PCN (portance),
- pour définir des travaux de renforcement ou d'allongement (portance, uni),
- pour contrôler la qualité d'un chantier (portance, uni, glissance),

- si une compagnie aérienne souhaite mettre en service un avion plus contraignant (portance),
- si les chaussées présentent des signes de fatigue (portance, uni),
- si le climat les a soumises à rude épreuve : gel, forte chaleur, inondation... (portance, uni),
- suite à des plaintes de pilotes : piste glissante par temps de pluie, vibrations des avions... (glissance, uni).

aérienne et sont dotées des moyens radio indispensables à la sécurité des aéronefs sur les plates-formes aéronautiques.

Ces matériels peuvent libérer la piste en moins de 20 minutes.

A moindre coût

Le coût d'une auscultation est très variable : il dépend de la nature de l'intervention, du lieu (France métropolitaine, outre-mer, étranger), du site, du type des chaussées (souples ou rigides), des sujétions dues au trafic, etc.

Dans tous les cas, l'auscultation ne représente qu'un faible pourcentage du coût total d'entretien ou de remise en état des chaussées mais surtout permet de fournir au gestionnaire des indications précises sur le montant et l'échéance optimale des travaux : le coût d'une auscultation est toujours largement rentabilisé.

Avec de faibles contraintes

Intervenir sur un aéroport pose toujours des problèmes de gêne et de sécurité pour le trafic.

Les matériels décrits dans ce document servent à réaliser des essais non destructifs. Les équipes spécialisées du STBA sont habituées aux procédures de la navigation

Evaluation de la portance

Le STBA a mis au point une méthode d'évaluation de la portance (décrite dans le Manuel de Conception des Aéroports de l'OACI, 3e partie - Chaussées). Cette méthode fait appel à des matériels différents pour la métropole et l'outre-mer ou l'étranger. Elle comporte, en général, pour un aéroport moyen, les étapes suivantes :

Etude préliminaire

- étude du site et du climat (hydro-métrie, possibilité de gel ou de forte chaleur, etc.),
- inspection du système de drainage,
- classement des chaussées en zones homogènes en structures d'après l'historique des ouvrages

(étude des archives techniques de l'aéroport),

- classement des chaussées en zones homogènes en état de surface d'après le relevé des dégradations.

On peut alors faire intervenir les appareils de mesure à grand rendement.

Selon l'importance des installations, l'auscultation complète dure de 2 à 3 semaines. Elle comprend :

- des essais non destructifs de chargements de plaque (essais ponctuels) (photo 1),
- le classement des chaussées en zones homogènes en comportement.

On attribue à chaque zone homogène une charge admissible "Roue Simple Isolée". Le calcul des charges sous jumelage et boggie et la détermination du PCN (Pavement Classification Number) nécessitent une connaissance exacte des structures de chaussée et des caractéristiques du sol de fondation que l'historique des ouvrages ne donne pas en général. Toutefois, lorsque les travaux ont été récemment effectués et suivis avec rigueur on peut se contenter de cette "auscultation partielle". L'auscultation complète comprend de plus :

- des essais complémentaires de chargement de plaque,
- la réalisation de sondages (photo 2) de 1,5 m² de section aux points représentatifs des zones homogènes (environ 6 sondages par piste),



photo1



photo2

- et le contrôle des caractéristiques géotechniques des couches de chaussées et du sol de fondation (essais in situ, CBR ou module de réaction, et en laboratoire, sur échantillons intacts ou remaniés).

La remorque de portance

Description

La remorque de portance comprend :

- un véhicule tracteur de 220 KW,
- une cabine laboratoire équipée de micro-ordinateurs permettant le pilotage automatique des essais, la saisie, le prétraitement et l'enregistrement des mesures,
- une remorque de 200 KN respectant les normes routières françaises (charge par essieu et dimensions) et comprenant :
 - une citerne de 40m³ permettant de disposer d'un massif de réaction de 600 KN,
 - un vérin hydraulique, un capteur d'efforts et une plaque de 42 cm ou 65 cm de diamètre placés sous son centre de gravité,
 - quatre vérins d'angle abaissés pendant les essais,
 - un groupe électrogène de 16 kVA,
 - une poutre de référence de 10 m de portée en alliage métallique léger,
 - des capteurs de déformation verticale et d'élongation horizontale, précis respectivement au centième et au millième de mm.

L'appareil est destiné à l'auscultation des chaussées aéronautiques.

La portance d'une chaussée est évaluée pour une roue simple par analogie avec son comportement sous chargements répétés d'une plaque.

La charge de service d'une chaussée est la charge admissible pour un trafic de référence de 10 mouvements par jour pendant 10 ans. Ces 36 500 mouvements correspondent à peu près à 10 000 applications de charges en un point compte-tenu de la dispersion des passages d'atterrisseurs sur la largeur de la piste.

Les points d'essais sont réalisés tous les 50 m en quinconce, à 4 m environ de l'axe de cheminement des avions (exemple axe de piste).

Performances

Chaque essai dure environ 30 minutes. La mise en oeuvre du dispositif d'essai ou son démontage pour les déplacements routiers nécessite 2 heures.

La remorque peut libérer une piste d'aviation avec un préavis de moins de 20 minutes.

Ce matériel peut réaliser plus de 5 000 cycles chargement-déchargement consécutifs.

La remorque fonctionne avec un technicien opérateur et un chauffeur opérateur.



Le matériel léger d'auscultation

L'évaluation de la portance d'un aérodrome situé outre-mer ou à l'étranger reste basée sur les essais de chargements de plaque.

Les modalités d'exécution de ces essais sont différentes. Un équipement de mesure apporté par le STBA est complété par du matériel courant trouvé localement.

Matériel apporté par le STBA

- pompe hydraulique et vérin
- groupe électrogène de 1 kVA de puissance
- plaque d'essai
- poutre servant de référence pour la mesure des déformations
- instruments électroniques de mesure et d'enregistrement :
 - capteurs d'efforts et de déformations
 - système d'acquisition des mesures
 - imprimante
 - table traçante.

Matériel à trouver sur place

- engin lourd (300 à 500 KN) pour servir de massif de réaction (exemple : grue, camion pétrolier, véhicule incendie, porte-chars)
- véhicule utilitaire.

Transport

Le matériel apporté par le STBA loge dans six caisses, transportables par voie aérienne ou maritime, d'un poids total de 15 KN pour un volume total de 5 m³ environ.

Personnel

L'auscultation des chaussées dans les pays étrangers et outre-mer nécessite quatre techniciens du STBA et trois ou quatre personnes locales, deux chauffeurs et un opérateur non qualifié.

Les essais de portance

Chaque cycle est programmé et contrôlé par micro-processeur (photo 1). Il comprend :

- la mise en charge à vitesse constante, en général 20 KN/s,
- un palier à charge d'essai pendant 10 s,
- le déchargement rapide,
- un palier à effort nul pendant 10 s.

Les déformations verticales sont mesurées par des capteurs disposés l'un au travers de la plaque, les autres à des distances de 30, 60 et 90 cm de son bord (photo 2). Elles sont enregistrées graphiquement et numériquement.

Exploitation des mesures

Les tassements résiduels en fin de cycle, sous la plaque, sont extrapolés à 10 000 cycles pour chaque charge, suivant une loi logarithmique expérimentale de la forme : $y = a + b \log n$, où y est le tassement résiduel au bout d'un nombre n de cycles, et $a + b$ des coefficients définissant la loi d'évolution des tassements de la chaussée.

La charge de service de la chaussée est alors celle qui produit après 10 000 applications un tassement résiduel admissible choisi selon le type de chaussée et la forme de la courbe : $\text{tassement} = f(\text{charge répétée } 10\,000 \text{ fois})$. Ce tassement maximal est en général de l'ordre de 5 mm pour une chaussée souple.

Chaussées souples et semi-rigides

Principe de l'essai

L'essai consiste à tester le complexe sol/chaussée à la fatigue sous chargement répété.

Mode opératoire

La chaussée est soumise à 10 cycles de chargement-déchargement.



photo 1



photo 2

Chaussées rigides

Principe de l'essai

L'essai consiste à déterminer la charge qui produit, dans le béton, la contrainte de traction admissible. On obtient ainsi la charge de service.

Mode opératoire

La partie la plus sensible de la dalle est en général en coin de dalle. La contrainte maximale de traction est alors obtenue sur la bissectrice de l'angle.

La dalle est soumise à des cycles de chargement-déchargement croissants, tendant vers la charge admissible.

Les élongations horizontales sont mesurées par cinq jauges disposées

de 30 cm en 30 cm à partir du bord de la plaque (photo 3).

Quatre capteurs de déformations verticales sont placés au droit du coin de la dalle chargée et des trois coins de dalles adjacents et permettent d'apprécier la déformabilité de la dalle et les transferts de charges.

Exploitation des mesures

Les mesures d'élongations en fonction des charges sont interpolées après enregistrement et traitement.

La charge de service est déterminée en fonction du critère le plus pénalisant entre les déformations verticales et l'élongation horizontale.



photo 3

Evaluation de la glissance L'IMAG

ficient de frottement longitudinal (CFL).

Ce dernier permet d'estimer les performances de freinage des avions sur piste mouillée avec 1 mm d'eau.

Description

L'IMAG se présente sous la forme d'une remorque tractée constituée :

-d'un châssis à 2 roues porteuses supportant :

- un bras de mesure articulé équipé d'une roue de mesure,

- une roue de référence de vitesse (et mesure de distance),

- un module électronique et un micro-ordinateur permettant le contrôle du processus d'essais, l'acquisition, le traitement, l'enregistrement et la restitution instantanée des mesures,

- un système électronique intégré de contrôle du système hydraulique de freinage de la roue de mesure,

- d'un véhicule tracteur (vitesse de mesure jusqu'à 130 km/h),

- des équipement optionnels :

- système de mouillage automatique,

- module de transmission des mesures en temps réel à la tour de contrôle par voie hertzienne.

L'IMAG

L'Instrument de Mesure Automatique de Glissance - IMAG - (brevet STBA/Aéroports De Paris) est destiné à la mesure des caractéristiques de frottement des chaussées aéronautiques.

L'essai consiste à mesurer le coef-



photo 1

Mode opératoire :

Le procédé de mesure consiste à freiner la roue de mesure afin de lui imposer un taux de glissement constant, à vitesse stabilisée du véhicule tracteur.



photo 2

La mesure en continu du couple de freinage et de la charge appliquée à la roue de mesure permet une conversion automatique en coefficient de frottement.

Dans le cadre d'une surveillance programmée de la glissance, un film d'eau d'épaisseur constante est répandu devant la roue de mesure, à l'aide d'un système de mouillage asservi à la vitesse du véhicule tracteur.

L'appareil est également utilisable, sans ce dernier dispositif, pour la mesure en temps réel du CFL sur piste contaminée.

Performances :

1 Les mesures de l'IMAG sont peu coûteuses et fournissent des résultats immédiatement exploitables par la navigation aérienne.

1 Le contrôle instantané du système de freinage permet d'initier ou d'interrompre l'acquisition des mesures, sans relevage de la roue de mesure.

1 Le dispositif de freinage hydraulique confère à l'IMAG une maîtrise parfaite des paramètres d'essais.

1 La conception géométrique de l'appareil permet des mesures en virage sans affecter leur fiabilité ni leur précision.

1 Pour des essais expérimentaux sur chaussée humide, le véhicule-tracteur est équipé d'un système de mouillage qui peut assurer un mouillage jusqu'à 1 mm d'épaisseur sous la roue de mesure (autonomie de 5 000 m).

1 Les programmes informatiques d'exploitation de cet appareil permettent une adaptation très simple à toutes les configurations aéroportuaires (nombre, orientation, longueur de pistes, etc.).

Evaluation de l'uni L'analyseur de profil en long

- deux remorques APL intégrant les systèmes de captage des irrégularités de surface,
- un système d'enregistrement des informations provenant des remorques APL, de la vitesse et de la distance.

Exploitation des mesures

Les mesures sont exploitées sous 2 formes :

- en note d'uni, qui consiste à calculer par tronçon de 200 m, trois notes de qualité d'uni (de 1 à 10) après filtrage du signal profil dans 3 bandes de longueurs d'ondes (1 à 3,3 m, 3,3 à 13 m, 13 à 40 m), puis calcul d'énergie dans chaque bande.

L'exploitation en notes permet une interprétation générale des mesures d'uni.

- en sortie graphique, qui consiste à visualiser sur papier le signal profil qui contient les composantes de 0,70 m à 70 m de longueur d'onde du profil en long, de façon à permettre une appréciation détaillée des défauts d'uni et une application directe au choix des travaux.

On notera que le signal APL 72 se prête bien à diverses recherches : analyse spectrale ou introduction dans des dispositifs de simulation ou dans des modèles mathématiques.

L'analyseur de profil en long

L'appareil est destiné à l'étude de l'uni des pistes en liaison avec le confort et la sécurité des aéronefs et les techniques de mise en œuvre des matériaux.

Il a été conçu et est mis en œuvre par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC).

Le principe de l'essai consiste à relever puis analyser plusieurs profils en long de manière à caractériser et localiser les défauts d'uni.

Description

L'APL 72 utilisé sur piste comporte :

- un véhicule tracteur : Citroën XM Break,

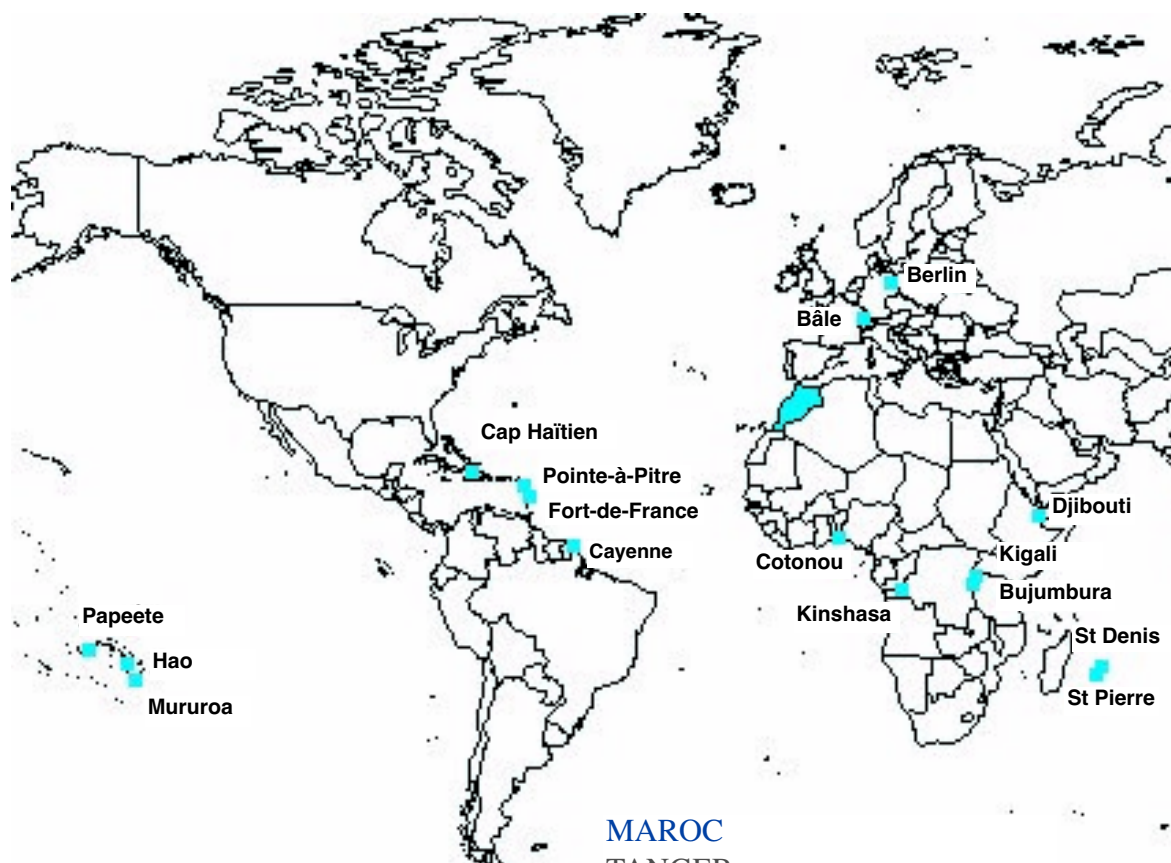
Performances

- la vitesse de mesure est de 72 km/h,



- l'APL 72 ausculte une piste en 2 heures mais peut dégager la piste en moins de 3 minutes, si le trafic aérien l'exige.

Interventions du STBA oultre-mer et à l'étranger



MAROC
TANGER
RABAT
AGADIR
MARRAKECH
CASABLANCA
FES
MEKNES
KENITRA

Références

Ces cinq dernières années, le Service Technique des Bases Aériennes a réalisé au total :

- 33 interventions pour l'évaluation de la portance en France Métropolitaine :

Ajaccio. Aix-les Milles. Avignon. Avord. Belfort. Bordeaux. Cambrai. Clermont-Ferrand. Colmar. Cuers. Creil. Dijon. Figari. Hyères. Istres. Lille. Luxeuil. Mont-de-Marsan. Metz. Nancy. Nice. Nîmes. Orange. Périgueux. Perpignan. Propriano. Saint-Dizier. Saint-Nazaire. Solenzara. Toul. Toulouse. Tours. Villacoublay.

- 9 interventions pour l'évaluation de la glissance :

Carcassonne. Colmar. Istres. Lyon. Marseille. Metz. Paris (Orly et Roissy). Toulouse.

Pour tous renseignements sur les auscultations, adressez-vous :

Pour la France

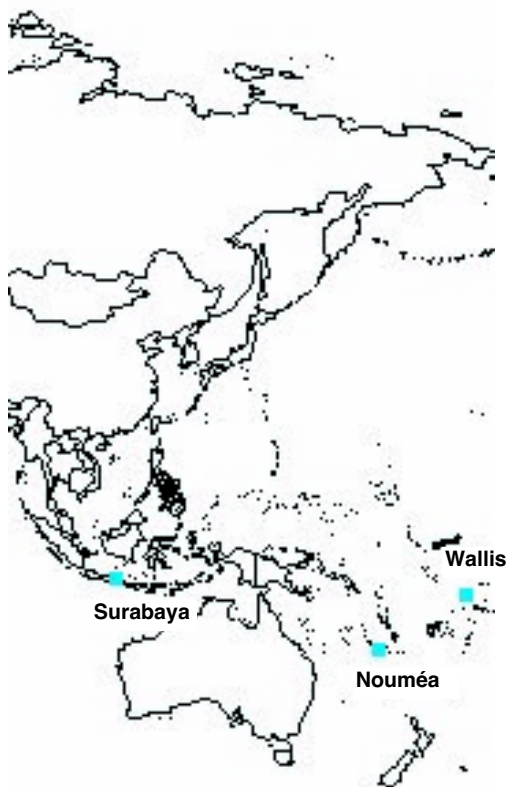
SERVICE TECHNIQUE DES BASES AERIENNES

31, avenue du Maréchal Leclerc
94381 BONNEUIL SURMARNE CEDEX
Tél : 49.56.80.00 Fax : 49 56 82 19
Télex : 262 481 F

Pour l'étranger

SOFREAVIA

3, carrefour de Weiden BP5
92130 ISSY LES MOULINEAUX
Tél : 41.23.46.00
Télex : 634 328





**DIRECTION GENERALE DE L'AVIATION CIVILE
SERVICE TECHNIQUE DES BASES AERIENNES**

31 avenue du Maréchal Leclerc
94381 BONNEUIL-SUR-MARNE CEDEX

Tél. 49 56 80 00 - Fax 49 56 82 19