

Les chaussées aéronautiques

Les chaussées aéronautiques représentent l'ensemble des aires sur lesquelles circulent, manœuvrent et stationnent des avions.

Différents types de chaussées

On distingue principalement deux types de chaussées : les chaussées souples et les chaussées rigides. Par le jeu des renforcements successifs, d'autres cas complexes se présentent (couches bitumineuses

Chaussées souples

On appelle chaussées souples, les chaussées constituées principalement de couches de matériaux traités aux liants hydrocarbonés (matériaux bitumineux) qui reposent sur des couches de matériaux non traités. Le dimensionnement de ce type de chaussées est basé sur l'hypothèse que l'endommagement de la chaussée proviendrait de la rupture du sol support.



sur dalles en béton, superposition de dalles de béton) mais dans le cadre de ce document, ils ne seront pas abordés.

Chaussées rigides

On appelle chaussées rigides, des chaussées comportant en couche supérieure des matériaux traités au liant hydraulique (béton de ciment essentiellement).

La nature du béton hydraulique fait que la rigidité des dalles qui constituent la partie supérieure de la chaussée protège le sol support des sollicitations mécaniques. La rupture de la chaussée s'amorce en premier lieu dans la dalle par excès de contraintes.



Dimensionnement des chaussées et méthode ACN/PCN

Le dimensionnement des chaussées a pour objet d'établir l'épaisseur et la nature des différentes couches nécessaires à l'accueil d'un trafic attendu.

La méthode française de dimensionnement des chaussées aéronautiques s'appuie, pour les chaussées souples, sur l'équation CBR (*Californian Bearing ratio*) et pour les chaussées en béton de ciment, sur les équations de Westergaard.

Contrairement à la méthode suivie pour dimensionner les chaussées routières, il n'existe pas d'essieu de référence dans le domaine aéronautique.

L'atterrisseur principal de chaque avion (roue simple isolée - RSI, tandem ou boggie) est ramené à une roue simple équivalente (RSE) produisant les mêmes effets sur la chaussée.

La durée de vie retenue pour une chaussée souple est de 10 ans, contrairement à une chaussée rigide qui elle, est dimensionnée pour une durée de vie de 20 ans

La méthode ACN/PCN est le système international normalisé élaboré par l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (OACI) qui vise à fournir des renseignements sur l'admissibilité d'un avion en fonction de la résistance des chaussées de la plateforme concernée. Cette méthode est applicable depuis 1983, par l'ensemble des États membres pour la gestion de leurs aéroports.

L'ACN (*Aircraft Classification Number*) est un nombre exprimant l'effet d'un avion de type donné sur une chaussée de type donné (souple ou rigide).

Le PCN (*Pavement Classification Number*) est un nombre exprimant la portance d'une chaussée donnée.

Le principe général de cette méthode est le suivant : un avion dont l'ACN est inférieur ou égal au PCN d'une chaussée peut utiliser cette chaussée sans autre restriction que celle pouvant être liée à la pression de ses pneumatiques.

Évaluation et entretien des chaussées

L'évaluation des chaussées aéronautiques doit s'intéresser à la fois à leurs caractéristiques structurelles et à leurs caractéristiques fonctionnelles.

Indice de service

Les chaussées aéronautiques doivent être régulièrement évaluées afin de suivre leur évolution. Pour cela, l'inspection visuelle permet d'apprécier rapidement d'éventuels problèmes d'intégrité de surface ou de structure.

On attribue un indice de service défini par un indicateur numérique représentatif de l'état de la chaussée. Il prend des valeurs comprises entre 0 (chaussée hors service) et 100 (chaussée neuve). Ainsi, l'indice croît avec le niveau de service offert.

La procédure utilisée pour déterminer cet indice consiste à enregistrer, pour une section donnée de chaussée, les dégradations observées et codifiées conformément aux recommandations du Catalogue des dégradations édité par le STAC. Chaque zone se voit attribuer une note fonction des dégradations relevées, elles-mêmes caractérisées à l'aide des informations suivantes :

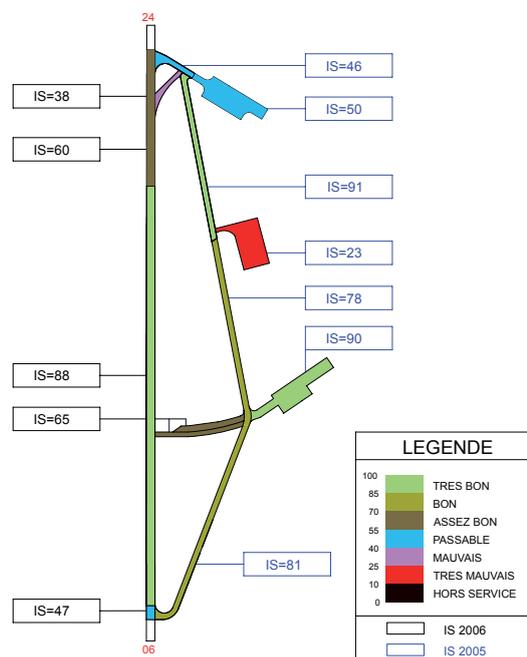
- le type de dégradation (22 types retenus pour les chaussées souples, 10 pour les chaussées rigides) ;
- le niveau de gravité : léger, moyen, ou élevé ;
- la densité de dégradation dans la zone relevée, densité mesurée par une surface caractéristique de chaque type de dégradation.

La fréquence optimale des relevés est d'une fois par an pour l'ensemble des aires. L'analyse en détail de zones homogènes permet donc de repérer celles présentant des problèmes d'intégrité de surface ou de structure, pouvant conduire à des travaux d'entretien ou à l'intervention des appareils d'auscultation des chaussées.

Entretien des chaussées

L'entretien général des chaussées aéronautiques recouvre principalement les opérations suivantes :

- le balayage,
- l'entretien des marques de balisage,
- le dégommage (enlèvement de la gomme provenant des pneumatiques des avions) par jet d'eau haute pression, sablage ou grenailage,
- réparation des dégradations superficielles,
- scellement de fissures
- réfection de joints.



Exemple de plan récapitulatif d'indices de service

Auscultations des chaussées

La portance des chaussées

La portance des chaussées peut-être mesurée à l'aide de deux types d'appareils : la remorque de portance et le HWD (Heavy Weight Deflectometer).

La remorque de portance du STAC permet une auscultation lourde, et a pour principe d'appliquer sur la chaussée, à l'aide d'un vérin, une charge comparable à celle d'une roue d'avion. La charge admissible de la chaussée est déduite directement par l'analyse de la réponse de la chaussée sous l'application répétée d'une charge.

Le matériel d'essai est constitué d'un tracteur et d'une remorque.

La remorque sert de massif de réaction pour les essais. Elle est pourvue de deux caissons de 20 m³ servant de lest qui porte sa masse à 60 tonnes.



La remorque de portance

Cas des chaussées souples

C'est le comportement à la fatigue du complexe chaussée/sol de fondation qui est étudié. La chaussée est soumise à des cycles de chargement/déchargement sous des charges croissantes en mesurant pendant chaque cycle les déformations de la chaussée.

Cas des chaussées rigides

Le principe consiste à déterminer la charge produisant une déformation à la flexion égale à la déformation admissible du béton. L'essai est réalisé à l'endroit le plus fragile, et l'expérience montre qu'il s'agit généralement du coin de dalle.

▶ **Le déflectomètre à charge tombante ou HWD (Heavy Weight Deflectometer)** est un appareil plus léger conçu pour simuler et mesurer les sollicitations d'une charge roulante sur une chaussée par application d'un chargement impulsionnel sur une plaque circulaire.

La charge dynamique, appliquée sur la chaussée et mesurée par un capteur d'effort, provoque un bassin de déflexion qui est mesuré.

La force dynamique appliquée, fixée par la hauteur de chute de la masse, est adaptée en fonction de la nature de la structure testée.



Remorque de mesure de déflexion de type HWD

L'adhérence des chaussées

L'adhérence entre les pneumatiques d'un avion et la piste est essentielle: la mise en rotation des roues lors de l'atterrissage, le contrôle de la direction au roulage et surtout le freinage, sont des facteurs importants de sécurité.

Différents facteurs interviennent sur l'adhérence d'une chaussée mouillée (mais non polluée par la présence de neige, glace), tels que la vitesse de l'avion, les caractéristiques et la pression des pneumatiques, l'épaisseur du film d'eau sur la chaussée, ou encore la rugosité du revêtement.

Le STAC et Aéroports de Paris ont développé **l'Instrument de mesure automatique de glissance (IMAG)** permettant de mesurer le coefficient de frottement longitudinal intrinsèque dit adhérence fonctionnelle.

Il s'agit d'une remorque sur laquelle est installée une troisième roue dédiée à la mesure. Le principe est relativement simple: la roue de mesure, lestée, est tractée



La remorque IRV (International reference vehicle)

à vitesse constante et freinée suivant un taux de glissement de 15 %. Des capteurs enregistrent les efforts en continu lors de l'essai.

Les mesures s'effectuent sur chaussée sèche et propre. Un système de mouillage embarqué dans le véhicule tracteur permet de réaliser des essais sous un film d'eau de 1 mm.

D'autres appareils auto-mouillants de mesure continue du frottement existent pour effectuer des mesures de même type.

L'uni longitudinal des chaussées

Au sens routier du terme, l'uni longitudinal est l'ensemble des irrégularités de surface que va rencontrer un véhicule sur une chaussée. Dans le domaine aéronautique, ces irrégularités longitudinales sont également ressenties par les avions au roulage mais certaines différences peuvent apparaître par rapport à la route.

Ainsi, compte tenu des configurations des trains d'atterrissage et des vitesses pratiquées par les avions lors des phases de décollage et d'atterrissage, des longueurs d'onde de défauts plus importantes (jusqu'à 100 m) peuvent s'avérer préjudiciables à la bonne tenue des avions sur leur trajectoire optimale, notamment par des phénomènes vibratoires.

En France, on utilise « **l'analyseur de profil en long** » (APL) pour effectuer le contrôle de l'uni longitudinal des chaussées aéronautiques.

D'autres méthodes existent également en particulier la « méthode des bosses » (*Bump method*) développée par Boeing.



Analyseur de profil en long

direction générale
de l'Aviation civile

service technique
de l'Aviation civile

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

ISBN 2-11-094294-0

Conséquences d'un mauvais uni :

- les vibrations et secousses influent sur le confort des passagers;
- les défauts d'uni créent des difficultés de pilotage (vibrations du cockpit, lecture des instruments difficile, difficultés de freinage, contrôle du tangage);
- le roulage à grande vitesse des avions sur des défauts d'uni provoque localement des sur-

charges dynamiques sur la chaussée. Ce phénomène tend à accentuer le défaut d'uni, et dans certains cas, entraîne un processus de dégradation locale sur la chaussée;

- ces défauts d'uni peuvent aussi créer des surcharges dynamiques sur la structure des avions.

Annexe - Particularités des chaussées aéronautiques par rapport aux chaussées routières

Les chaussées aéronautiques ont des spécificités qui les différencient des chaussées routières bien que les matériaux et méthodes de mise en place soient quasiment identiques.

Chaussées routières	Chaussées aéronautiques
Charges appliquées	
La réglementation française limite à 130 kN (13 t) la charge à l'essieu pour les essieux isolés et à 210 kN (21 t) pour les essieux multiples.	Pas de limitation de charges, pouvant aller jusqu'à 25-30 tonnes à la roue.
La pression des pneumatiques ne doit pas dépasser 0,8 MPa (8 bars). L'application des charges présente une très faible dispersion latérale sur une voie de circulation dont la largeur ne dépasse pas 3,5 m en ligne droite.	Les pressions des pneumatiques peuvent atteindre plus de 1,5 MPa (15 bars) pour certains types d'aéronefs. Sur les pistes, dont la largeur peut atteindre plus de 45 m, le trafic est dispersé et la configuration des atterrisseurs variables d'un avion à l'autre. Sur les voies de dégagement ou de manœuvres les charges sont moins dispersées.
Les charges les plus agressives ne sont pas appliquées à une vitesse de plus de 80 à 90 km/h.	Vitesses variables : - très faibles, générant des phénomènes de poinçonnement important sur la couche superficielle - très élevées, notamment au décollage et à l'atterrissage (supérieures à 300 km/h)
Très grande circulation de charges relativement peu élevées qui engendre une fatigue principalement due à la répétition importante de charges (de l'ordre d'un million de mouvements) entraînant de faibles déformations.	Très faible circulation de charges diverses qui induit une fatigue due à une répétition restreinte de charges lourdes (de l'ordre de 10 000 répétitions) engendrant de grandes déformations.
Particularités	
Uni (défauts de surface) lié au confort des usagers	Uni de surface lié en majeure partie à la sécurité des avions lors du roulage à grande vitesse
Rugosité évoluant essentiellement par le polissage des granulats au cours du temps	Rugosité beaucoup plus évolutive due au dépôt de gomme
Déviations et interruption du trafic en cas d'interventions sur la chaussée	Trafic dont les contraintes d'exploitation et de sécurité ne permettent généralement pas son interruption ni même son aménagement sans de grandes difficultés, en vue d'entretenir les couches de roulement
Pourcentage des pentes à respecter : - Profil en long $\leq 9 \%$ - Profil en travers (ligne droite) $\leq 2,5 \%$ - Profil en travers (courbe) $\leq 7,5$ ou 9%	Pourcentage des pentes à respecter : - Profil en long piste $\leq 1,5 \%$ - Profil en travers piste $\leq 1,5 \%$ - Pente transversale voies de relation $\leq 1,5 \%$ - Pente poste de stationnement $\leq 1 \%$ dans toutes les directions