



وزارة البحث العلمي والتعليم العالي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem
كلية العلوم والتكنولوجيا
Département de Génie Civil
Faculté des Sciences et de la Technologie



N° d'ordre : M2...../GC/2022

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Travaux Publics

Option: Voies et Ouvrages d'arts

Thème

Recherche sur les pathologies des chaussées aéronautiques

Présenté par

1-TAHLAITI Fayçal Abdelkader

Soutenu le 07/07/2022 devant le jury composé de :

Président :	Mr SOLTANE BENALLOU Kaddour	M.A.A	Université de Mostaganem
Examineur :	Mr ROUAM SERRIK Mohamed	M.A.A	Université de Mostaganem
Encadrant :	Mr BOUHALOUFA Ahmed	M.A.A	Université de Mostaganem
Invité d'honneur :	Mr CHERIF. M	E/Ass	Université de Mostaganem

Remerciement

Je tiens d'abord à remercier ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la foi et de m'avoir permis d'en arriver là.

Je tiens à remercier sincèrement mon encadrant de mémoire Mr. BOUHALOUFA Ahmed, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter mes réflexions.

Je tiens à remercier sincèrement les membres du jury à savoir : Mr SOLTANEBE ?ALLOU Kaddour président, ainsi que mon examinateur Mr ROUAM SERRIK Mohamed, et enfin mon invité d'honneur Mr CHERIF Mourad de m'avoir fait l'honneur de participer à mon jury de mémoire. Je les remercie pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail.

Mes vifs remerciements vont aussi aux membres de ma famille pour leur soutien constant et leurs encouragements.

Je tiens aussi à adresser mes plus sincères remerciements aux personnels et enseignants du département de Génie Civil de l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem.

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail :

- **A** ma très chère maman
- **A** mon père et mes frères que dieux les gardes.
- **A** ma famille et au corps enseignant
- **A** tous mes amis sans exception

Résumé

Les chaussées aéronautiques sont conçues et construites pour supporter le trafic aérien prévu et pour fournir une surface stable, unie, rugueuse et exempte de poussière et d'autres matériaux qui pourraient être soufflés ou aspirés par les réacteurs ou par les groupes moto-propulseurs et ce tout au long de l'année et pendant toute la durée de vie. Ces chaussées présentent souvent de nombreuses dégradations à savoir les fissures dont les causes peuvent être très variées. Selon le type de chaussées et l'origine de la fissuration, ces fissures peuvent prendre des formes diverses. Lorsqu'elles apparaissent à la surface de la chaussée, les fissures ont sur le comportement de celle-ci des conséquences très dommageables.

L'entretien des chaussées permet de maintenir la chaussée en bon état tout au long de sa durée de vie ralentissant ainsi le processus de dégradation et éviter les cas d'accidents.

Mots clés : pathologie, structure, chaussées, dégradation, fissures, entretien, indice de service.

Sommaire	
Remerciement	
Dédicace	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Résumé	

2

INTRODUCTION GENERALE

Chapitre I : Structure de chaussée aéronautique	
I.1 Introduction	5
I.2 Construction des structures de chaussée	5
I.3 Les différents types de chaussées aéronautiques	6
I.3.1 Chaussée souple	6
I.3.2 Comportement d'une chaussée souple	7
I.3.3 Chaussée rigide	8
I.3.4 Comportement d'une chaussée rigide	8
I.4 Choix du type de chaussée	9
I.5 Particularités des chaussées aéronautiques par rapport aux chaussées routières	9
I.6 Les matériaux utilisés dans les chaussées	10
I.7 L'épaisseur équivalente	11
I.8 Dimensionnement des chaussées	12
I.8.1 Facteurs importants pour le dimensionnement du corps de chaussée	13
I.8.2 Le type de dimensionnement	15
I.8.3 Dimensionnement forfaitaire des chaussées souples	17
I.8.4 Dimensionnement forfaitaire des chaussées rigides	20
I.9 Conclusion	22
Chapitre II : Pathologies des chaussées aéronautiques	
II.1 Introduction	24
II.2 Présentation des pathologies sur les chaussées souples	24
II.2.1 Les déformations	24
II.2.1.1 Les flaches	24
II.2.1.2 Les ornières	26
II.2.1.3 Les bourrelets	27
II.2.1.4 Les tassements	28
II.2.2 Les fissures	29
II.2.2.1 Les fissures de fatigues	30
II.2.2.2 Le faïençage de fatigue	31
II.2.2.3 Les fissures de joint	33
II.2.3 Les arrachements	34

II.2.3.1 Les nids de poules	34
II.2.3.2 La pelade	35
II.2.3.3 Désenrobage	36
II.3 Présentation des pathologies sur les chaussées rigides	38
II.3.1 Dégradation de structure	38
II.3.1.1 Les fissures (longitudinales, transversales et obliques)	38
II.3.1.2 Les fissures de coin	40
II.3.1.3 Les fractures	42
II.3.2 Dégradations de surface	43
II.3.2.1 Ecaillage/Faïençage	43
II.3.2.2 Dépôt de gomme	45
II.3.3 Dégradations des joints	46
II.4 Conclusion	47
Chapitre III : Méthodes d'auscultations des chaussées dégradées	
III.1 Introduction	49
III.2 Gestion des chaussées aéronautiques	49
III.2.1 Présentation de la méthode A.C.N- P.C.N	49
III.3 Détermination de l'A.C.N	50
III.3.1 Détermination théorique	50
III.3.2 Détermination pratique	51
III.3.3 Détermination des P.C.N	51
III.3.3.1 Principe et codification	51
III.3.3.2 Détermination du PCN par calcul	51
III.4 L'admissibilité d'un avion	52
III.4.1 Cas de dépassement du P.C.N	52
III.5 Les méthodes d'auscultation des chaussées aéronautiques	55
III.5.1 Suivi des chaussées aéronautiques	55
III.5.2 Processus de détérioration des chaussées	55
III.5.3 L'importance du suivi	56
III.5.5 Les chaussées et leur environnement	57
III.6 Inspection visuelle des chaussées aéronautiques	57
III.6.1 La méthode de l'indice de service	57
III.6.2 Méthodologie du relevé des dégradations	58
III.6.2.1 Renseignements préalable	58
III.6.2.2 L'échantillonnage	60
III.6.3 Matériel et personnel nécessaires a l'exécution du relevé	60
III.6.4 Exploitation du relevé des dégradations	61
III.6.5 Histogramme des dégradations	63
III.7 Contrôle des qualités de surface	64
III.7.1 Contrôle de l'uni	64
III.7.2 Contrôle l'adhérence	66
III.7.3 Evaluation de la portance	67
III.8 Le radar géologique	68
III.9 Principe généraux de l'auscultation au HWD	69
III.10 Conclusion	70
Chapitre IV : Entretien des chaussées aéronautiques	
IV.1 Introduction	73
IV.2 Différents types d'entretiens	73
IV.2.1 Entretien des chaussées souples	73
IV. 2.1.1 Reprises ponctuelles du revêtement	74

IV.2.1.2 Colmatage des fissures	74
IV.2.1.3 Coulis bitumineux et enrobés coulés à froid	75
IV.2.1.4 Enduits superficiels	75
IV.2.2 Entretien des chaussées rigides	75
IV.3 Conclusion	75
Conclusion générale	78
Bibliographie	79

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Particularités des chaussées aéronautiques par rapport aux chaussées routières	10
Tableau I.2 : Coefficients d'équivalence des matériaux selon l'OAIC	11
Tableau II.1 : niveau de gravité selon la nature de la chaussée	25
Tableau II.2 : niveau de gravité des bourrelets	28
Tableau II.3 : niveau de gravité des tassements	29
Tableau II.4 : niveau de gravité des fissures	43
Tableau III.1 : Classification par catégories des sols supports de chaussée	51
Tableau III.2 : les valeurs extrêmes de fréquences	54
Tableau III.3 : dimensions des mails et origine du relevé (méthode indice de service STBA2003)	
Tableau III.4 : différent types de dégradations (STBA2003)	62
Tableau III.5 : les caractéristiques minimales d'uni	66

Liste des figures

Figure I.1 : Corps de chaussée souple	6
Figure I.2 : Répartition de la charge d'une roue d'atterrisseur dans les différentes couches de matériau constituant une chaussée souple	7
Figure I.3 : Corps de chaussée rigide	8
Figure I.4 : Abaque pour la détermination de l'épaisseur équivalente en fonction du CBR et de la charge P du Boeing 747-400	12
Figure I.5 : Pondération des charges réelles selon la fonction des aires	14
Figure I.6 : Principe du dimensionnement forfaitaire	16
Figure I.7 : Abaque de l'épaisseur équivalente totale e d'une chaussée souple	18
Figure I.8 : Abaque permettant de déterminer l'épaisseur équivalente minimale des matériaux traités à mettre en œuvre pour une chaussée souple	19
Figure I.9 : Abaque de calcul du correction du module de réaction du sol support	21
Figure I.10 : Abaque de l'épaisseur équivalente totale h d'une chaussée rigide	22
Figure II.1 : Flaches sur voie de circulation	25
Figure II.2 : Bourrelets	27
Figure II.3 : fissure de fatigue	31
Figure II.4 : fissure de fatigue avec départ de matériaux	31
Figure II.5 : Faïençage de fatigue	32
Figure II.6 : Faïençage de fatigue	33
Figure II.7 : Fissure de joint entre deux bandes de répandage	34
Figure II.8 : nids de poules	35
Figure II.9 : pelade	36
Figure II.10 : Désenrobage	38
Figure II.11 : Fissure avec niveau de gravité élevé	40
Figure II.12 : Fissure en coin avec niveau de gravité léger	41
Figure II.13 : Fracture avec niveau de gravité élevé	43
Figure II.14 : Faïençage avec niveau de gravité léger	44
Figure II.15 : Ecaillage avec niveau de gravité léger	44
Figure II.16 : dépôt de gomme	45
Figure II.17 : défaut de joint	47
Figure III.1 : Abaques participant au calcul forfaitaire du P.C.N	52
Figure III.2 : Nombre de mouvement pouvant être autorisés en cas de dépassement du P.C.N calculé	54
Figure III.3 : degré de gravité léger	55
Figure III.3:degré élevé de gravité	55
Figure III.4 : exemple d'un découpage d'une aire de stationnement sur chaussée souple (STBA, 2003)	60
Figure III.5 : exemple de courbe de valeurs déduites (chaussées souple)	61
Figure III.6 : exemple d'histogramme de l'état d'une piste mise en évidence de deux sections homogène-(STBA ,2003)	63
Figure III.7 : principe de l'analyseur de profil en long	65
Figure III.8 : le radar géologique	68
Figure III.9 : principe de fonctionnement du HWD, exemple d'un HWD à 9 géophones en configuration << chaussés souple >>	70
Figure III.10 : configuration de l'appareil exemple d'un HWD a18 géophones	70

Introduction générale

Introduction générale

les chaussées aéronautiques sont conçues et construites pour supporter le trafic aérien prévu et pour fournir une surface stable, unie, rugueuse et exempte de poussière et d'autres matériaux qui pourraient être soufflés ou aspirés par les réacteurs ou par les groupes moto-propulseurs et ce tout au long de l'année et pendant toute la durée de vie.

Elles doivent présenter des qualités d'usage identiques à celles des chaussées routières mais elles supportent des sollicitations très variables tant en intensité qu'en nombre (selon les zones de circulation et de manœuvre, et selon l'importance des aérodromes).

En effet, les caractéristiques essentielles de ces chaussées sont différentes, cette différence de conception se traduit principalement par un choix différent des caractéristiques des constituants et de formulation, ainsi que par une adaptation des modalités de mise en œuvre et de contrôle.

On distingue principalement deux types de chaussées : les chaussées souples et les chaussées rigides. Dès leur mise en service, les ouvrages de tous types entrent dans un processus de vieillissement qui durera toute leur vie et des dégradations apparaîtront . Au cours du temps ces dégradations peuvent passer du stade faible au stade majeur, qui lorsqu'il est atteint, une intervention de réfection ou de correction devait être envisagée dans les meilleurs délais possibles.

Pour une meilleure préservation des chaussées aéronautiques, il est indispensable de connaître leur capacité portante pour les adapter à l'évolution du trafic en entreprenant les travaux voulus en temps nécessaire.

Une auscultation régulière constitue, pour le gestionnaire un outil essentiel de gestion rationnelle d'entretien d'une plateforme.

Notre travail de fin d'étude est une recherche sur les différents types de pathologies des chaussées aéronautiques, et il s'articule autour de quatre chapitres :

Après une introduction générale, le premier chapitre présente des généralités sur la structures des chaussées, Le deuxième chapitre passera en revue les différents types de pathologies des chaussées.

Introduction générale

Le troisième chapitre expose les méthodes d'auscultation des pathologies des chaussées. Le quatrième et dernier chapitre est consacré à l'entretien des chaussées aéronautiques. Le manuscrit sera finalisé par une conclusion générale.

CHAPITRE I

Chapitre I : Structure de chaussée aéronautique

I.1 Introduction

les chaussées aéronautiques sont conçues et construites pour supporter le trafic aérien prévu et pour fournir une surface stable, unie, rugueuse et exempte de poussière et d'autres matériaux qui pourraient être soufflés ou aspirés par les réacteurs ou par les groupes moto-propulseurs et ce tout au long de l'année et pendant toute la durée de vie.

La zone de l'aéroport représente tous les composants équipés pour les opérations d'atterrissage et de décollage de l'avion, leur mouvement au sol, et elle comprend également l'aire de trafic. L'aire de manœuvre comprend la partie de l'aéroport utilisée pour le décollage, l'atterrissage et les mouvements au sol des aéronefs, à l'exclusion de l'aire de trafic. Chaque type d'aire doit être conçu et aménagé pour tenir compte des pressions différentes selon sa destination et ses particularités (aires de décollage, d'atterrissage, de roulage, d'attente ou de stationnement).

Ce chapitre donne un aperçu des types de chaussées, des couches et de leurs fonctions, des matériaux utilisés ainsi que leurs dimensionnements.

I.2 Constitution des structures de chaussée

Les chaussées aéronautiques représentent l'ensemble des aires sur lesquelles circulent, manœuvrent et stationnent des avions. On distingue principalement deux types de chaussées : les chaussées souples et les chaussées rigides.

La structure des chaussées aéronautiques est constituée principalement de trois couches distinctes, de qualités croissantes de bas en haut :

- **La couche de surface ou couche de roulement :**

Elle assure un rôle fonctionnel (étanchéité, bon uni, rugosité) et un rôle structurel.

- ◆ **La couche de base:**

Elle assure essentiellement un rôle structurel en diffusant et diminuant les contraintes sur la couche de fondation et le sol support, constitue une bonne assise pour la couche de surface.

- ◆ **La couche de fondation :**

Elle assure un support à la couche de base et en particulier permet le bon compactage de cette dernière, Participe à la répartition des contraintes sur le sol support.

Chapitre I : Structure de chaussée aéronautique

I.3 Les différents types de chaussées aéronautiques

Selon la nature des matériaux constituant les différentes couches de la structure d'une chaussée, on distingue les quatre types de chaussées suivantes :

- les chaussées souples ;
- les chaussées rigides ;
- les chaussées semi-rigides ;
- les chaussées composites.

I.3.1 Chaussée souple

C'est une chaussée dont la structure est constituée par une couche de roulement et d'une couche de base composée de matériaux traités aux liants hydrocarbonés et d'une couche de fondation en matériaux non traités (figure I.1). 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.

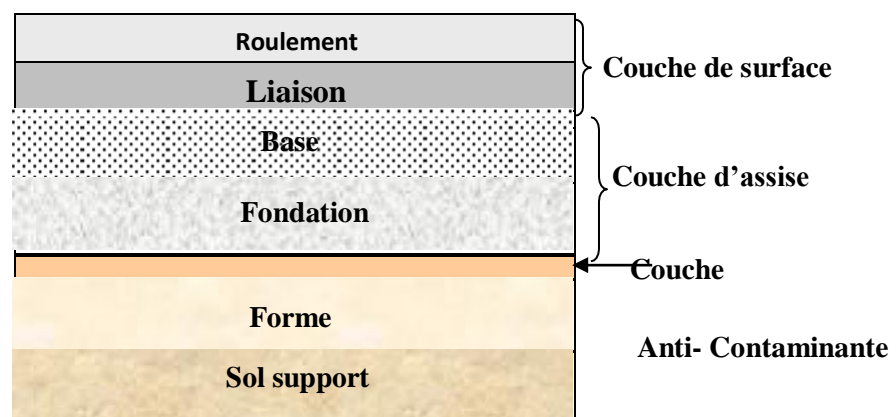


Figure I.1 : Corps de chaussée souple

- **La couche de surface :**

Constitué de béton bitumineux de granulométrie 0/10 0/14, continu ou discontinu, de très forte densité (porosité comprise entre 3 et 6%), issu de bitume riche (teneur en liant comprise entre 6 et 6,5%), choisir de préférence 50 /70 pour une sollicitation moyenne et 35/50 pour une sollicitation forte. Cette couche joue un rôle fonctionnel (étanchéité, lisse, rugueux) et un rôle structurel.

Chapitre I : Structure de chaussée aéronautique

- **La couche de base :**

Elle forme une bonne fondation pour la couche de surface et joue un rôle structurel dans la nature, elle répartit la pression sur le sol support pour maintenir ce niveau de déformation dans la limite admissible de la couche de fondation et du sol support.

- **Couche de fondation :**

Assure le support de la couche de base, permettant notamment un bon compactage de celle-ci et participant à la répartition des contraintes sur le sol support.

- **La sous couche:**

Empêche la remontée de la nappe phréatique et évite la contamination de la couche supérieure par les sols supports.

I.3.2 Comportement d'une chaussée souple

La charge, appliquée par une roue d'atterrisseur à la surface d'une chaussée souple comme le montre la figure I.2, descend dans le corps de celle-ci à l'intérieur d'une succession de surfaces réglées dont les génératrices forment avec la verticale un angle, caractéristique du matériau traversé, qui se resserre au passage de chaque couche à sa suivante.

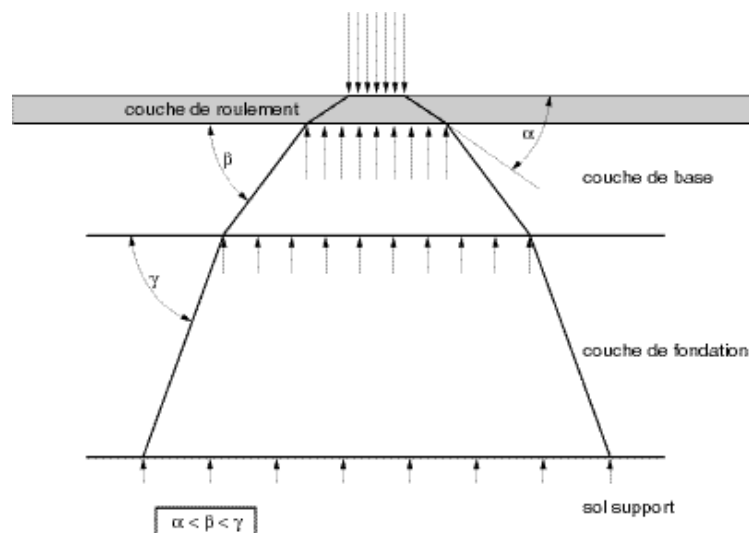


Figure I.2 : Répartition de la charge d'une roue d'atterrisseur dans les différentes couches de matériau constituant une chaussée souple

La rupture de l'équilibre intervient lorsque, le sol support ne pouvant plus exercer une réaction égale à la charge appliquée, les couches supérieures lâchent à leur tour.

Chapitre I : Structure de chaussée aéronautique

Il y aura alors poinçonnement du terrain d'assise, la figure I.4 montrant que, pour une charge donnée, il y a relation entre la réaction limite, ou **portance du sol support**, et l'épaisseur du corps de chaussée.

I.2.3 Chaussées rigides

Les chaussées rigides sont des chaussées qui contiennent des matériaux traités aux liants hydrauliques (principalement du béton de ciment) dans la couche supérieure (Figure I.3). La nature du béton hydraulique fait que la rigidité des dalles qui composent la partie supérieure de la chaussée protège le sol support des contraintes mécaniques. La rupture de la chaussée commence d'abord dans la dalle en raison de contraintes excessives.



Figure I.3 : Corps de chaussée rigide

La couche de surface est constituée de dalles de béton séparées par des joints, qui reposent sur une ou plusieurs couches de fondations et dont le rôle est avant tout de lui assurer un appui régulier et continu, lui permettant de travailler dans de nombreuses conditions différentes. Les joints longitudinaux de construction assurent le transfert des charges, et les produits utilisés pour fermer les joints doivent dans tous les cas assurer une parfaite étanchéité et adhérer au revêtement, en conservant sa souplesse et sa résistance à l'érosion par le carburant au fil des années.

I.2.4 Comportement d'une chaussée rigide

Soumise à la charge d'une roue d'atterrisseur, la dalle en béton répartit sur sa fondation et celle-ci sur le sol support la fraction de cette charge à laquelle elle n'a pas elle-même opposé réaction par déformation élastique.

Chapitre I : Structure de chaussée aéronautique

Cette répartition s'effectuant sur une large surface, on conçoit que les premiers désordres de structure se déclareront, non pas dans le sol support, mais dans la dalle de béton, lorsque sa flexion ne pourra plus suivre la déformation de son assise en restant dans le domaine élastique.

Rattachée à deux axes constituant un plan parallèle à la dalle au repos, la déformation verticale $w(x, y)$ de celle-ci, dont on cherche à déterminer la limite admissible, est fonction des caractéristiques mécaniques de la dalle (module élastique et coefficient de Poisson), de son épaisseur, de la charge qui lui est appliquée et de la réaction $p(x, y)$ qui lui est opposée par le sol support.

Égale à celle du sol support, la déformation $w(x, y)$ est fonction des caractéristiques mécaniques de ce dernier et de la répartition $|p(x, y)|$ de la charge appliquée.

I.3 Choix du type de chaussée

Le choix du type de chaussée découle de considérations techniques et économiques.

- Le renforcement des chaussées en béton est toujours difficile et coûteux, il est plus adapté aux aéroports à fort trafic où la taille de la piste doit être adaptée au trafic très lourd et il existe une seconde piste pour soulager la première piste lors des travaux de renforcement. Ce type de revêtement est également plus adapté aux zones soumises à de fortes contraintes de poinçonnement (représentant les avions gros porteurs) et à certaines zones militaires où les revêtements d'hydrocarbures risquent de brûler sous l'effet du dégagement des gaz des réacteurs d'avions militaires (phase de post-combustion en seuil de piste ou roulage à basse vitesse).
- Les chaussées souples sont plus économiques, plus faciles à renforcer et idéales pour le trafic léger : elles peuvent être conçues relativement minces pour les premières années d'exploitation de l'aéroport, puis renforcées au fur et à mesure de l'arrivée d'avions plus lourds ou de l'augmentation du trafic.

I.4 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 les méthodes de mise en place soient quasiment identiques. Le tableau

Chapitre I : Structure de chaussée aéronautique

I.1 nous présente quelques particularités

Tableau I.1 : Particularités des chaussées aéronautiques par rapport aux chaussées routières (Laura SIMPORE, 2020)

Particularités	
Chaussées routières	Chaussées aéronautiques
Route plus chère que les véhicules	Piste moins chère que les avions
Chaussée dimensionnée pour accueillir des charges de l'ordre : 30 tonnes	Chaussée pouvant accueillir des charges de l'ordre de 400 tonnes
Vitesse de circulation inférieure à 100km/h	Vitesse pouvant atteindre 300 km/h
Chaussée dimensionnée pour supporter des pneumatiques gonflés aux Pressions < 0,8 MPa	Chaussée pouvant supporter des pneumatiques gonflés aux Pressions > 1,5 MPa
Plusieurs millions de mouvements pendant la durée de vie	10 000 à 100 000 mouvements pendant la durée de vie
<p>Pourcentage des pentes très souvent élevé :</p> <ul style="list-style-type: none">- Profil en long pouvant atteindre 9%- Profil en travers (ligne droite) pouvant atteindre 2,5%- Profil en travers (courbe) pouvant atteindre 9%.	<p>Pourcentage des pentes à respecter :</p> <ul style="list-style-type: none">- Profil en long (Chiffres de code 3 et 4) $\leq 1\%$- $1\% \leq$ Profil en travers (lettres de code C, D, E et F) $\leq 1,5\%$

I.5 Les matériaux utilisés dans les chaussées

Les matériaux les plus utilisés dans une chaussée souple sont :

- Le béton bitumineux
- Le grave bitume
- Le grave concassé
- Le grave latéritique non traitée

Un coefficient d'équivalence est attribué à chaque couche de chaussée aéronautique, en fonction de sa qualité. Ces valeurs sont répertoriées dans le tableau I.2

Chapitre I : Structure de chaussée aéronautique

Tableau I.2 : Coefficients d'équivalence des matériaux selon l'OACI (Laura SIMPORE, 2020)

Matériaux neufs	Coefficient d'équivalence CE
Béton bitumineux à module élevé	2,5
Béton bitumineux aéronautique	2
Grave bitumen	1,5
Grave traitée aux liants hydrauliques	1,5
Grave non-traitée (concassée bien graduée)	1
Grave latéritique non traitée	0,67

I.6 L'épaisseur équivalente

Des abaques sont généralement utilisés pour le dimensionnement des chaussées souples (figure I.4). Chaque avion possède son propre abaque.

L'épaisseur équivalente d'une couche est égale à son épaisseur réelle, multipliée par son coefficient d'équivalence CE.

Chapitre I : Structure de chaussée aéronautique

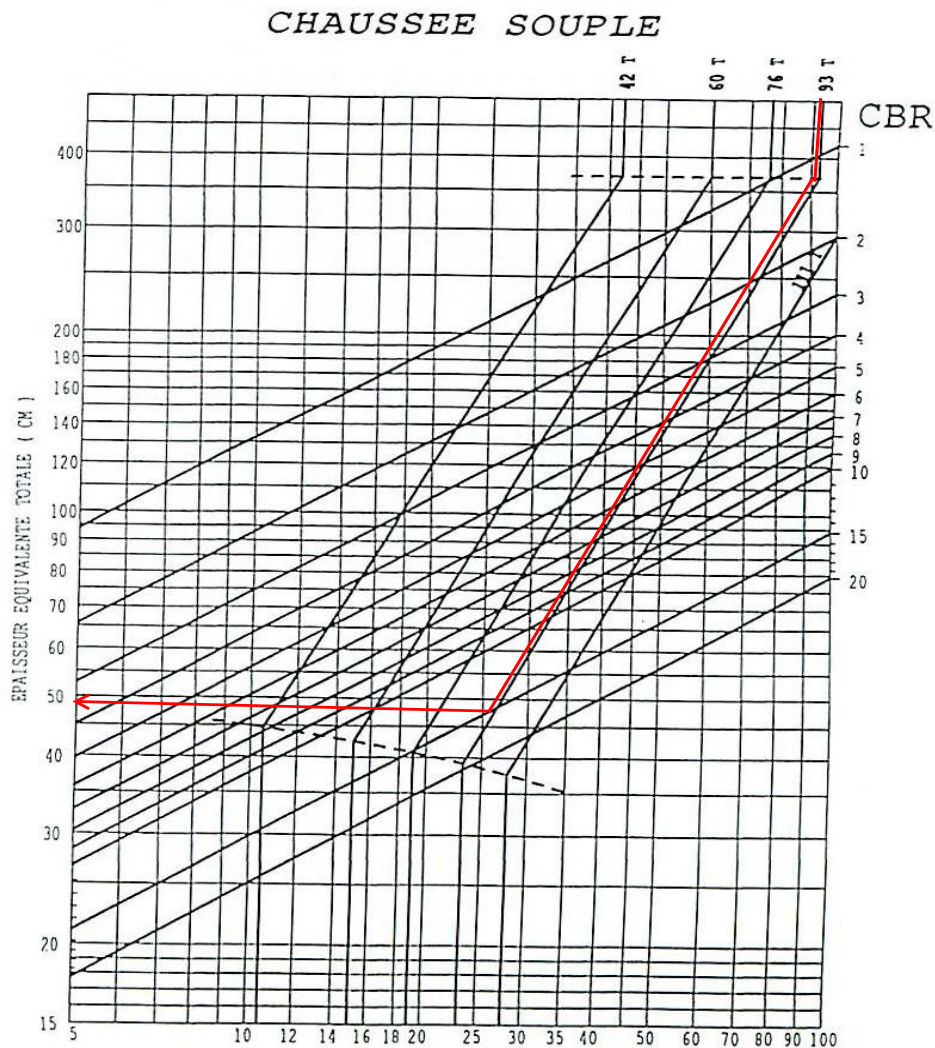


Figure I.4 : Abaque pour la détermination de l'épaisseur équivalente en fonction du CBR et de la charge P du Boeing 747-400 (Laura SIMPORE, 2020)

I.7 Dimensionnement des chaussées

Le dimensionnement des chaussées d'aérodrome par la méthode française, nécessite la connaissance préalable d'un certain nombre de paramètres dont l'influence peut être directe sur la structure de la chaussée à concevoir. Quelque soit le type de chaussée adopté (souple ou rigide) ces paramètres constituent les données à prendre en considération pour le meilleur dimensionnement possible.

- Le trafic
- Le sol support
- La charge de calcul

Chapitre I : Structure de chaussée aéronautique

I.7.1 Facteurs importants pour le dimensionnement du corps de chaussée

A. Masse des avions

Les masses importantes utilisées par les fabricant d'avions et dont la connaissance est utile pour le dimensionnement, sont :

- La masse maximale pour les évolutions au sol (ou masse maximale au roulage) **M**.
- La masse maximale au décollage **Md**.
- La masse maximale à l'atterrissage **Ma**.
- La masse à vide en ordre d'exploitation (ou masse à vide équipée) **m**.

La masse **m** représente la masse de l'avion à vide avec ses équipements permanents, un aménagement de cabine et un équipage de référence.

Il faut noter que, la masse effective d'un avion est toujours comprise entre **m** et **M** : elle est égale à la masse à vide en ordre d'exploitation augmentée de la masse de carburant (consommation de route plus réserve pour attente et déroutement) et de la charge marchande (passagers, fret, poste).

La masse maximale au décollage **Md** peut être pratiquement confondue avec la masse maximale pour les évolutions au sol **M** dont elle ne diffère que de la quantité de carburant consommée entre l'aire de stationnement et l'extrémité de piste.

La masse à l'atterrissage **Ma** diffère de la masse au décollage **Md** de la quantité de carburant consommée pendant le vol qui représente pour des étapes longues une fraction importante de la masse totale.

B. Les atterrisseurs

L'atterrisseur est constitué de l'ensemble des roues montées sur une même jambe. L'ensemble des atterrisseurs constitue le train d'atterrissage.

◆ Répartition de la masse sur les atterrisseurs

La répartition des masses totales de l'avion entre le train auxiliaire (avant) et le train principal (arrière) dépend du centre de gravité de l'avion, c'est-à-dire de l'emplacement du centre de gravité, en supposant généralement que 93 % à 95 % du poids de l'avion est réparti sur le train d'atterrissage principal.

Chapitre I : Structure de chaussée aéronautique

La charge réelle à considérer dans les calculs est définie par la formule suivante :

$$P = M \times V$$

M : Masse au roulage de l'avion.

V : Pourcentage de la masse supportée par chaque atterrisseur du train principal.

◆ Pondération des charges réelles selon la fonction des aires.

La masse des avions intervient dans les calculs sous forme d'une charge par atterrisseur. La distinction doit être faite selon la zone active, car si dans une certaine partie de cette zone, le passage de l'avion est inattendu (partie latérale de la piste, prolongement de l'arrêt), l'avion a besoin de matériau de chaussée à différentes vitesses selon la zone. Lorsque l'avion est à l'arrêt (aire de stationnement), la sollicitation est plus importante qu'en roulage à faible vitesse (couloir, bout de piste), sans compter qu'en déplacement rapide (piste lors des phases de décollage et d'atterrissage), alors la charge est réduite par la portance des ailes. Les charges sont pondérées, dans les différentes zones selon les indications portées sur la figure I.5

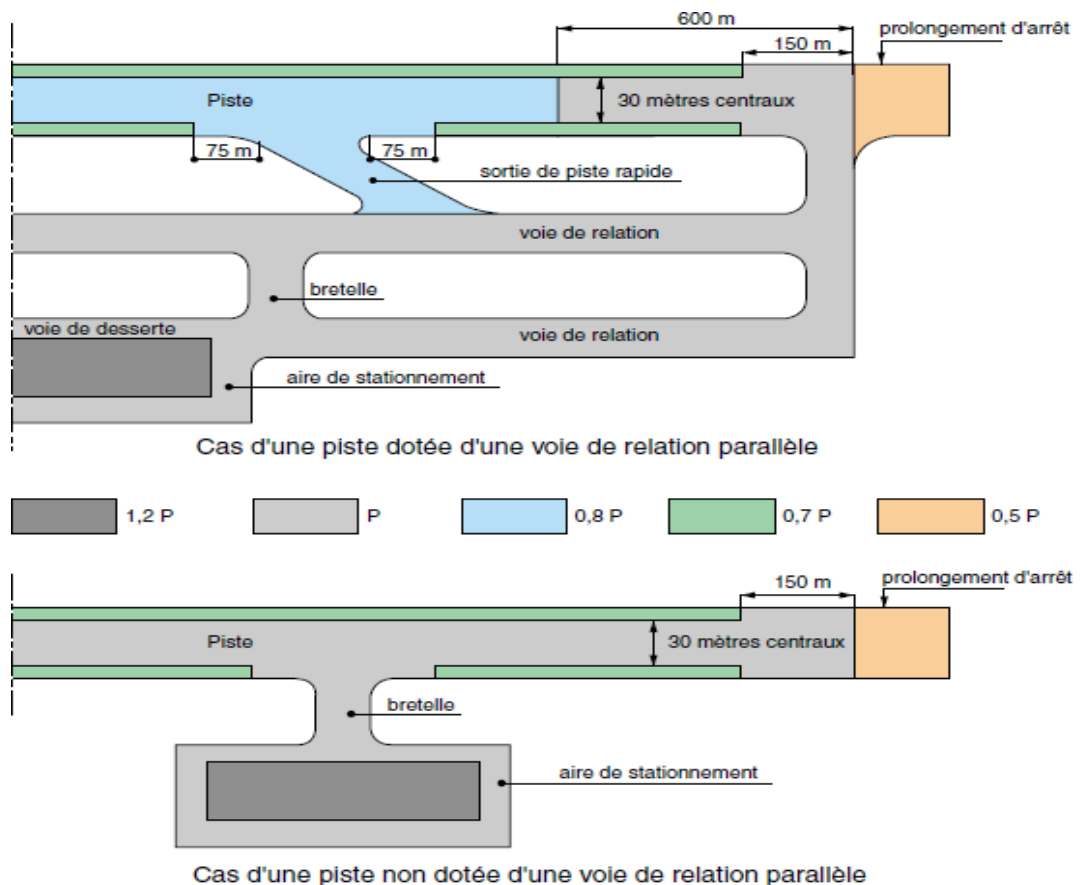


Figure I.5 : Pondération des charges réelles selon la fonction des aires.

Chapitre I : Structure de chaussée aéronautique

C. Portance du sol support – Essai CBR

L'essai CBR (California Bearing Ratio) ou indice portant californien est un essai de la capacité portante d'un remblai, d'une couche de compactage, d'un ouvrage routier ou d'une chaussée aérienne (capacité d'un matériau à supporter une charge).

L'essai CBR est réalisé sur des échantillons de sol compactés à différentes teneurs en eau, puis immergés pendant quatre jours (sol placé à saturation, situation analogue à celle qu'ils atteindront sous la chaussée).

I.7.2 Le type de dimensionnement.

Le dimensionnement de chaussée par la méthode française s'appuie sur deux hypothèses à savoir :

- La durée de vie de la chaussée fixée à 10 ans ;
- Le trafic normal fixé à 10 mouvements par jour.

Ces deux hypothèses ont servi à établir les abaques de dimensionnement.

❖ Le dimensionnement forfaitaire ou méthode de dimensionnement forfaitaire :

✚ Principe de la méthode:

Le dimensionnement forfaitaire permet de calculer une chaussée en fonction d'une charge de référence correspondant à la charge maximum de l'avion réputé le plus contraignant. Le dimensionnement est calculé dans les conditions de trafic normal, soit dix mouvements par jour pendant dix ans de la charge de calcul.

Cette méthode est beaucoup plus recommandée dans les cas suivants:

- Étude d'un aéroport sur lequel évolue un type d'avion nettement plus contraignant que les autres ;
- Étude préliminaire en l'absence de prévisions fiables de trafic.
- Étude d'une chaussée rigide (la précision de la méthode est généralement suffisante) ;

L'application de la méthode nécessite les données suivantes:

- La charge normale de calcul P'' correspondant au trafic normal (charge appliquée 10 fois par jour pendant 10 ans).
- Le CBR du sol support (pour le dimensionnement des chaussées souples).
- Le module de réaction K de la fondation.
- La contrainte admissible de flexion par traction du béton (pour le dimensionnement des chaussées rigides).

Chapitre I : Structure de chaussée aéronautique

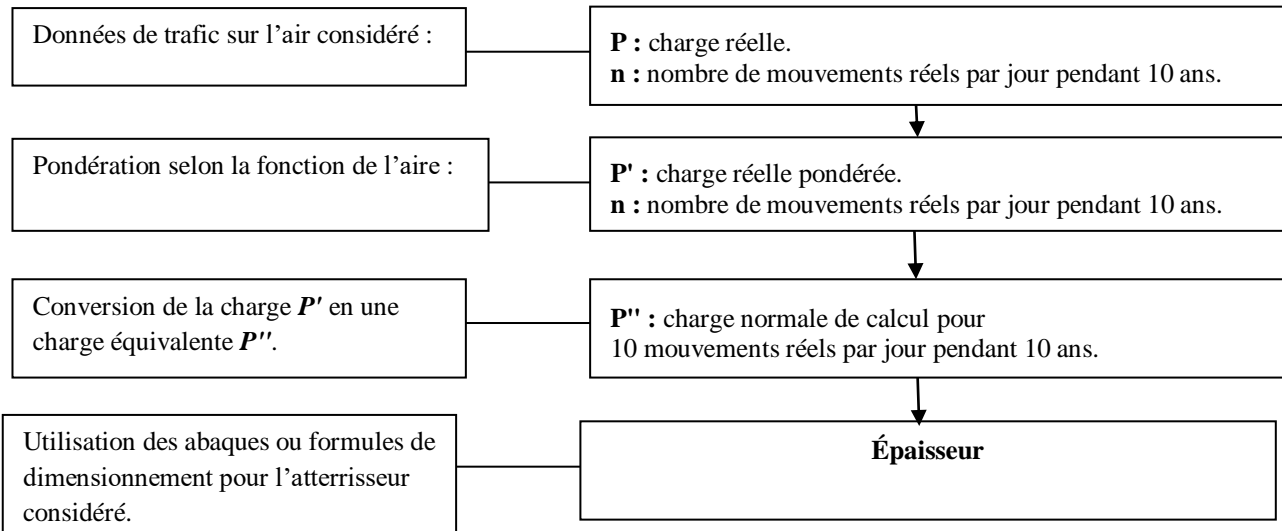


Figure I.6 : Principe du dimensionnement forfaitaire

❖ Le dimensionnement optimisé ou méthode de dimensionnement optimisée

✚ Principe de la méthode:

Le dimensionnement optimisé permet de calculer une chaussée en prenant en compte plusieurs types d'avions à fréquences différentes. L'avantage de cette méthode est dans la conversion des mouvements réels de chacune des charges réelles considérées en mouvements équivalents d'une charge de référence.

Cette méthode est recommandée dans les cas suivants:

- Lorsqu'on considère plusieurs types d'avion presque aussi contraignants les uns que les autres (cas des aéroports importants).
- Lorsqu'on dispose de prévisions de trafic suffisamment fiables et précises sur toute la durée de vie envisagée pour la chaussée.
- Lorsqu'on veut comparer l'action de différents avions sur la chaussée.

Le dimensionnement optimisé prend en compte le nombre exact de mouvements réels de chaque avion pour la durée de vie envisagée. Contrairement au dimensionnement forfaitaire il n'y a pas d'hypothèse minimale (1 mouvement par jour pendant 10 ans): la chaussée calculée est plus sensible aux variations du trafic.

La méthode nécessite les données suivantes :

Chapitre I : Structure de chaussée aéronautique

- La masse au décollage et la masse à l'atterrissage pour chaque avion considéré.
- Les prévisions du trafic pour chaque avion considéré.
- Le CBR du sol support (pour le dimensionnement des chaussées souples).
- Le module de réaction K de la fondation et la contrainte admissible de flexion du béton (Pour le dimensionnement des chaussées rigides).

I.7.3 Dimensionnement forfaitaire des chaussées souples

La durée de vie retenue pour une chaussée souple est de 10 ans. Le sol support est caractérisé par son indice *CBR* (*Californian bearing ratio*). L'épaisseur équivalente (e) de la chaussée est donnée par la formule établie par le US Corps of Engineers ou par les abaques. La méthode décrite ci-après repose sur l'utilisation des abaques.

L'épaisseur équivalente totale est définie comme la somme pondérée par un coefficient d'équivalence des épaisseurs réelles des différentes couches constituant la chaussée. (Tableau I.2).

La méthode de dimensionnement des chaussées souples peut se mettre en œuvre en utilisant deux abaques :

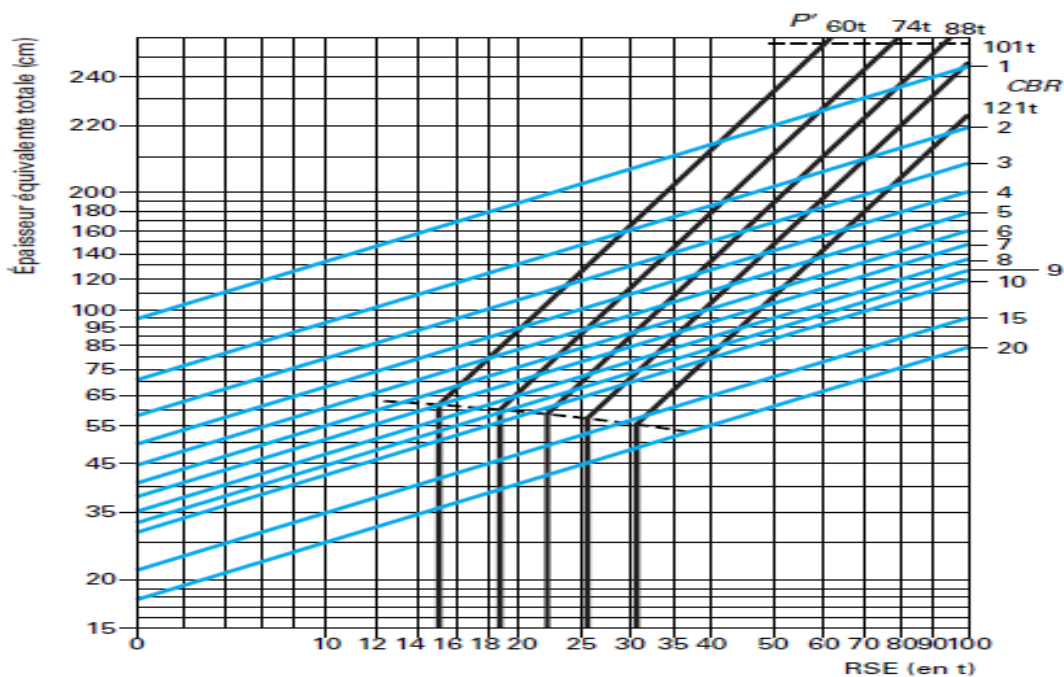
- ✚ Le premier donne l'épaisseur équivalente totale (e) ; les paramètres d'entrée sont la charge et l'indice *CBR*. L'abaque s'utilise comme indiqué figure I.6 ;
- ✚ Ensuite, il faut déterminer l'épaisseur équivalente minimale de matériaux traités à mettre en œuvre, à l'aide de l'abaque représenté en figure I.6 (les paramètres d'entrée sont l'épaisseur équivalente totale (e) précédemment déterminée et le *CBR* du sol support).

Chapitre I : Structure de chaussée aéronautique

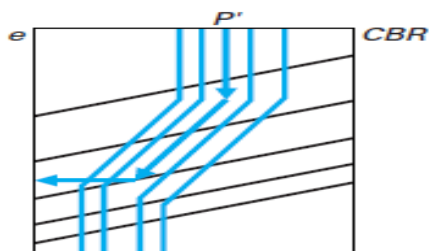
Ces paramètres représentent les caractéristiques de l'atterrisseur de l'avion considéré et sont utilisés pour construire l'abaque

AIRBUS A330-300
ATTERRISEUR PRINCIPAL
 BOOGIE
CHAUSSÉE SOUPLE

Pression = 1,31 MPa
 Voie = 1,397 m
 Empattement = 1,981 m
 SD = 2,424 m



(a) exemple d'abaque



(b) utilisation de l'abaque

Figure I.7 : Abaque de l'épaisseur équivalente totale e d'une chaussée souple.

Chapitre I : Structure de chaussée aéronautique

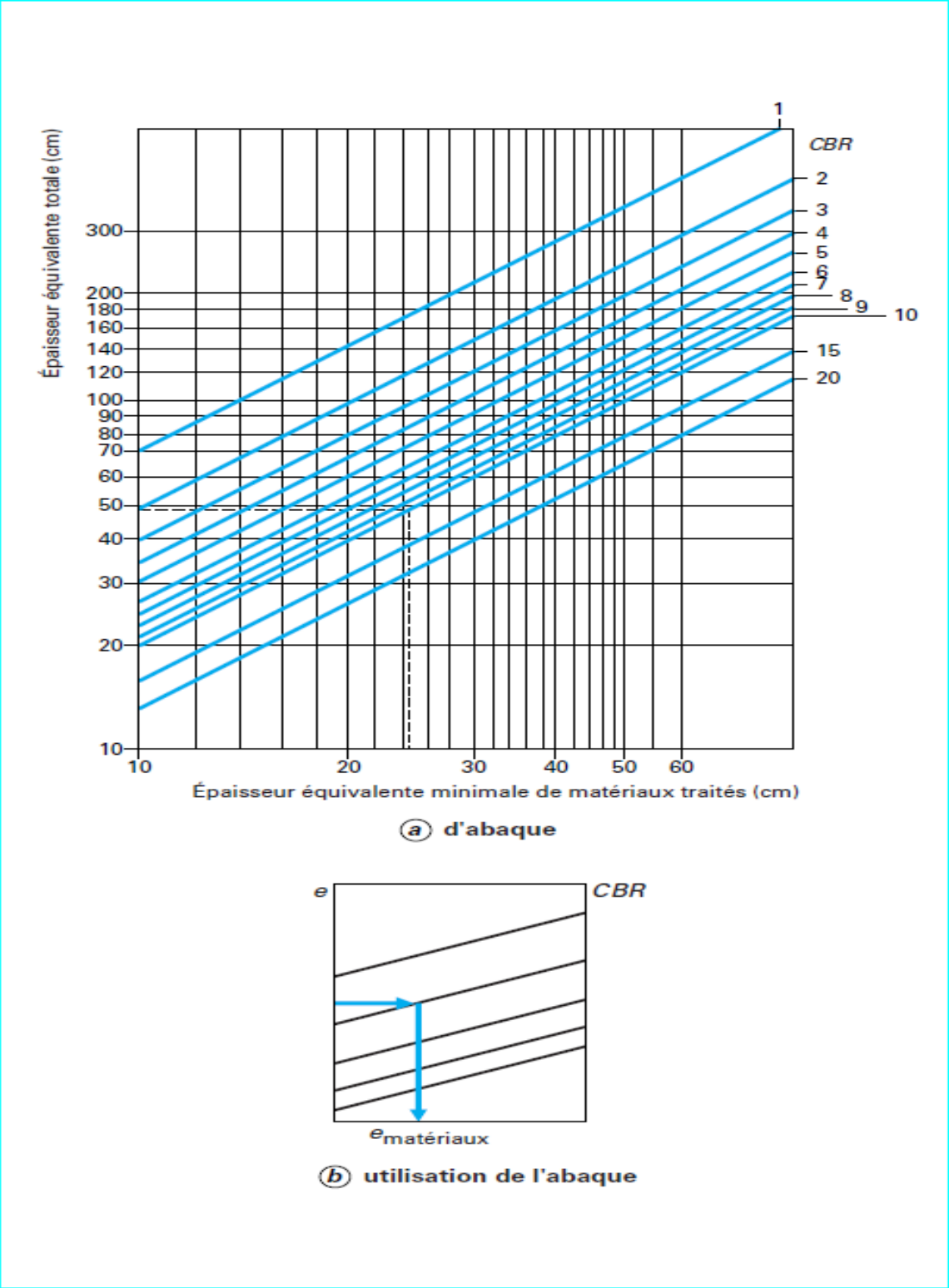


Figure I.8 : Abaque permettant de déterminer l'épaisseur équivalente minimale des matériaux traités à mettre en œuvre pour une chaussée souple

Chapitre I : Structure de chaussée aéronautique

I.7.4 Dimensionnement forfaitaire d'une chaussée rigide

Le dimensionnement d'une chaussée rigide se fait selon les étapes suivantes:

- Supposition d'une épaisseur de fondation en béton maigre qui varie de 15 à 20 cm.
- Calcul de l'épaisseur équivalente de la couche de fondation en multipliant son épaisseur réelle par le coefficient d'équivalence du matériau considéré.
- Correction du module de réaction du sol support qui est faite en fonction l'épaisseur équivalente de la couche de fondation en utilisant l'abaque ci- dessous (figure I.9).
- Correction de la contrainte admissible de traction par flexion du béton de ciment en utilisant la formule :

$$\sigma_{bt} = \frac{f_{t90}}{CS}$$

Avec f_{t90} : Contrainte de traction par flexion à la rupture du béton de ciment mesuré à 90j
CS : Coefficient de sécurité qui change en fonction du type de la chaussée rigide.

Le sol support est caractérisé par son module de réaction K_0 qui est évalué à l'aide d'un essai de plaque effectué in situ, sur le sol compacté à 95% de l'Optimum Proctor Modifié.

La détermination de l'épaisseur de la dalle se fait en fonction de la charge normale de calcul P'' , du module de réaction corrigé du sol support et de la contrainte admissible de traction par Flexion, en utilisant l'abaque de dimensionnement des chaussées rigides selon le type d'avion(figure I.9).

Chapitre I : Structure de chaussée aéronautique

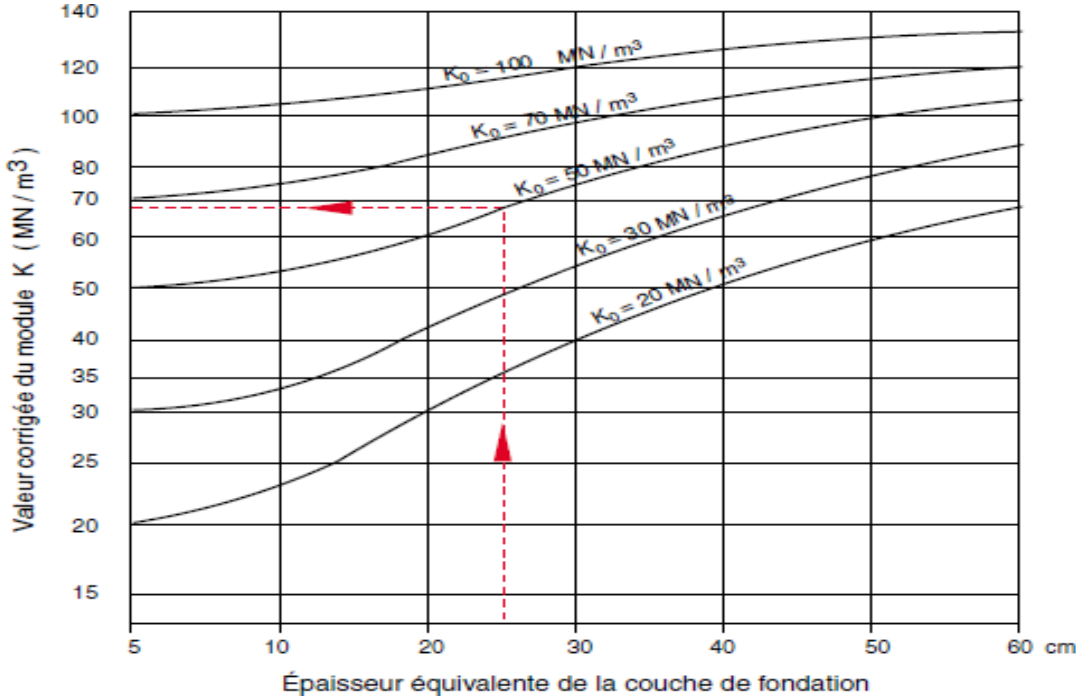


Figure I.9 : abaque de calcul du Correction du module de réaction du sol support

Chapitre I : Structure de chaussée aéronautique

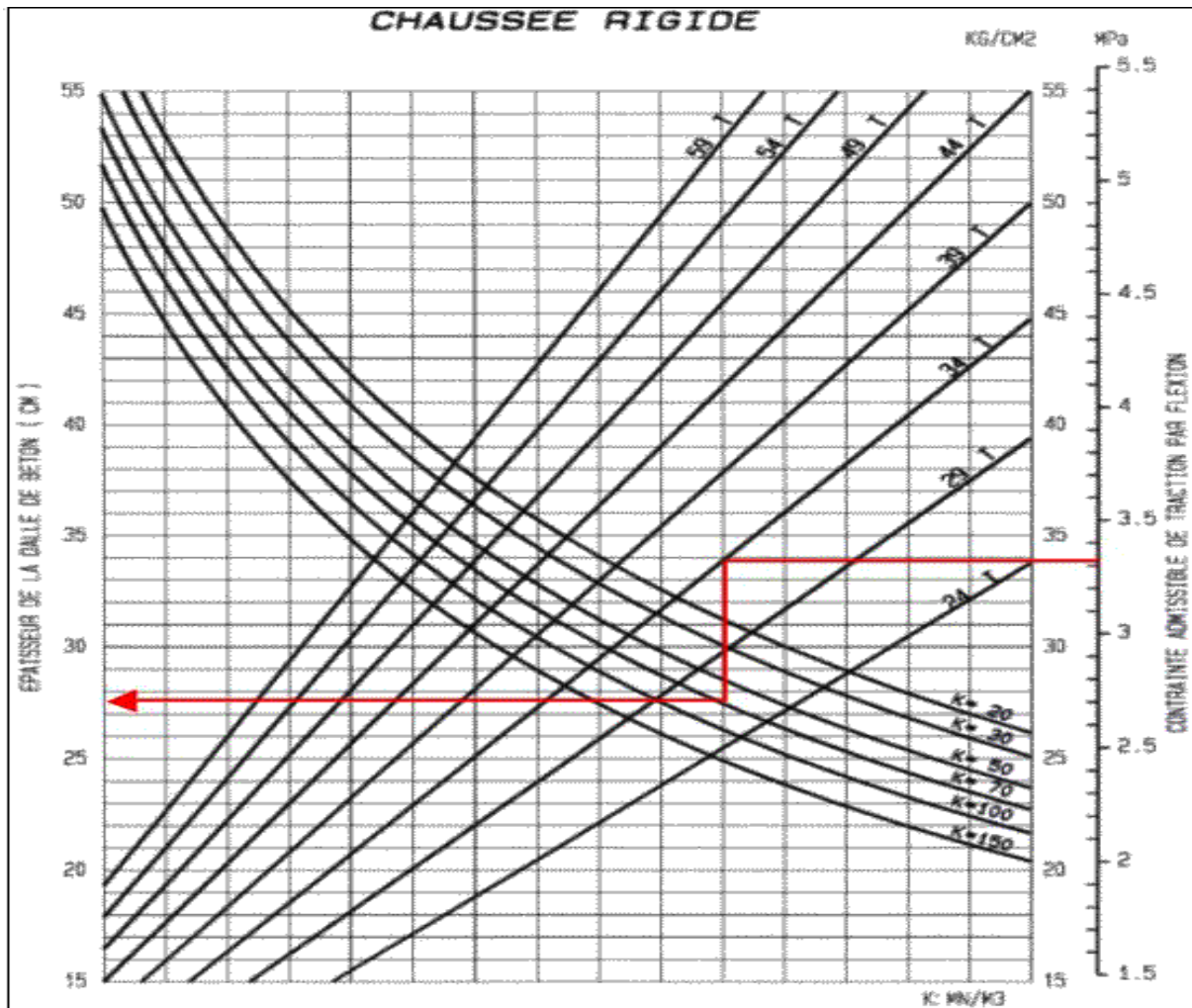


Figure I.10: Abaque de l'épaisseur équivalente totale h d'une chaussée rigide

I.8 Conclusion

Les chaussées aéronautiques doivent présenter des qualités d'usage identiques à celles des chaussées routières mais elles supportent des sollicitations très variables tant en intensité qu'en nombre (selon les zones de circulation et de manœuvre, et selon l'importance des aérodromes). Cette différence de conception se traduit principalement par un choix différent des caractéristiques des constituants et de formulation, ainsi que par une adaptation des modalités de mise en œuvre et de contrôle.

CHAPITRE II

Chapitre II : Pathologies des chaussées aéronautiques

II.1 Introduction

Dès leur mise en service, les ouvrages de tous types entrent dans un processus de vieillissement qui durera toute leur vie. Les routes en particulier, peuvent connaître des désordres de gravité très variable dont les causes sont multiples. Ces désordres, qui apparaissent au niveau des matériaux et de la structure, ont des conséquences sur la stabilité et la longévité de notre chaussée. Connaître l'origine de ces désordres permettra non seulement de mieux concevoir et construire les chaussées, mais aussi de trouver des solutions adéquates pour y remédier.

II.2 Présentation des pathologies sur les chaussées souples

Sur ces chaussées, Les dégradations sont réparties selon les familles suivantes :

- ❖ Les déformations ;
- ❖ Les fissures ;
- ❖ Les arrachements

II.2.1 Les déformations

Elles sont généralement caractérisées par : les flaches, les affaissements, les bourrelets et les ornières. Leur gravité est souvent appréciée par rapport à la profondeur.

II.2.1.1 les flaches

Dépression localisée de la surface de la chaussée, généralement de forme elliptique en plan et de longueur inférieure à 5 m

Chapitre II : Pathologies des chaussées aéronautiques



Figure II.1 : Flaches sur voie de circulation (STAC, 2007)

- **Causes possibles**
 - ✓ défaut de surfacage lors de la mise en œuvre de la couche de roulement ;
 - ✓ compacité de la couche de roulement ou de la couche de base ponctuellement insuffisante ;
 - ✓ tassement des couches inférieures ou du sol support ;
 - ✓ pollution du corps de chaussée ;
 - ✓ drainage déficient.

- **Relevé qualitatif (niveaux de gravité)**

Les niveaux de gravité dépendent de la nature de la chaussée (tableau II.1). Ils s'établissent en fonction de la profondeur maximale p mesurée sous la règle de 3 mètres.

Tableau II.1 : niveau de gravité selon la nature de la chaussée (STAC, 2007)

Niveau de gravité	Piste ou bretelle grande vitesse	Voie de circulation ou aire de stationnement
L	$0,3 \text{ cm} < p \leq 1 \text{ cm}$	$1 \text{ cm} < p \leq 2 \text{ cm}$
M	$1 \text{ cm} < p < 2 \text{ cm}$	$2 \text{ cm} < p \leq 4 \text{ cm}$
E	$p > 2 \text{ cm}$	$p > 4 \text{ cm}$

- **Relevé quantitatif**

Le paramètre à mesurer est la surface (en m^2) du rectangle qui encadre la dépression. Il est préférable de profiter d'une pluie pour localiser cette dégradation.

Chapitre II : Pathologies des chaussées aéronautiques

- **Conséquences et évolution**

- ✓ altération de l'uni ;
- ✓ rétention d'eau pouvant entraîner une diminution de l'adhérence et un risque d'aquaplanage (cas des pistes) ;
- ✓ infiltration d'eau dans le corps de chaussée ;
- ✓ désenrobage.

- **Intervention possible**

- ✓ découpage soigné de la section endommagée avec coupe verticale ;
- ✓ rabotage de l'enveloppe de la flache ;
- ✓ reprofilage en enrobé à chaud (couche d'accrochage ou d'imprégnation au préalable).

II.2.1.2 les ornières

Dépression longitudinale de faible rayon transversal, apparaissant dans les traces des atterrisseurs et éventuellement accompagnée d'un fluage des enrobés se matérialisant par un bourrelet en bordure de la déformation. Elle se rencontre généralement sur les postes de stationnement « nez dedans » et sur les voies de circulation.

- **Causes possibles**

- ✓ instabilité des matériaux de la couche de base ou de la couche de roulement ;
- ✓ sous-dimensionnement du corps de chaussée ou fatigue excessive de la chaussée.

- **Relevé qualitatif (niveaux de gravité)**

Les niveaux de gravité sont fonction de la profondeur maximale sous la règle de 3 mètres posée transversalement sur la dégradation, indépendamment de la nature de la chaussée.

Niveau léger : profondeur inférieure ou égale à 1 cm

Niveau moyen : profondeur supérieure à 1 cm et inférieure ou égale à 2 cm

Niveau élevé : profondeur supérieure à 2 cm

- **Relevé quantitatif**

Le paramètre à mesurer est la surface (en m²) du rectangle qui encadre la dégradation. Il est préférable de profiter d'une pluie pour localiser cette dégradation.

Chapitre II : Pathologies des chaussées aéronautiques

- **Conséquences et évolution**

- ✓ altération de l'uni ;
- ✓ rétention d'eau pouvant entraîner une diminution de l'adhérence et un risque d'aquaplanage (cas des pistes) ;
- ✓ infiltration d'eau dans le corps de chaussée ;
- ✓ désenrobage ;
- ✓ fissuration et faïençage de fatigue.

- **Intervention possible**

- ✓ même nature de travaux que pour la reprise de flache ;
- ✓ si dégradation plus prononcée, reprise de la structure.

II.2.1.3 les bourrelets

Renflement de la structure dans le profil en long ou le profil en travers. (figure II.2)



Figure II.2 : Bourrelets

- **Causes possibles**

- ✓ fluage des enrobés sous des efforts tangentiels importants (freinage ou impact des avions) ;
- ✓ gélivité ou propriétés gonflantes du sol support ;
- ✓ dilatation thermique des couches sous-jacentes (dalles en béton hydraulique, assises traitées...) avec pénétration de matériaux incompressibles dans les joints ou les fissures empêchant tout retour à l'état initial ;
- ✓ effets thermiques sur des couches de surface aux raccords de structures de natures différentes (poussée de dalles en béton hydraulique sur couche de roulement en enrobés...).

Chapitre II : Pathologies des chaussées aéronautiques

- **Relevé qualitatif (niveaux de gravité)**

Les niveaux de gravité dépendent de la nature de la chaussée (tableau II.2). Ils s'établissent en fonction de la hauteur maximale h mesurée sous la règle de 3 m centrée sur la dégradation. La règle se place perpendiculairement à la direction générale de celle-ci et parallèlement à la pente moyenne de la chaussée.

Tableau II.2 : niveau de gravité des bourrelets (STAC, 2007)

Niveau de gravité	Piste ou bretelle grande vitesse	Voie de circulation ou aire de stationnement
L	$h \leq 1$ cm	$1 \text{ cm} < h \leq 2$ cm
M	$1 \text{ cm} < h \leq 2$ cm	$2 \text{ cm} < h \leq 4$ cm
E	$h > 2$ cm	$h > 4$ cm

- **Relevé quantitatif**

Le paramètre à mesurer est la surface (en m²) qui encadre le gonflement. Les gonflements apparaissent plus nettement par lumière rasante.

- **Conséquences et évolution**

- ✓ altération de l'uni ;
- ✓ décollement des couches avec accumulation d'eau et risque de dégradation par le gel ;
- ✓ perte de cohésion des couches de chaussée ;
- ✓ fissuration.

- **Intervention possible**

- ✓ découpage soigné de la zone à traiter ;
- ✓ rabotage ;
- ✓ mise en œuvre d'une nouvelle couche d'enrobé à chaud (couche d'accrochage au préalable).

II.2.1.4 les tassements

Ce sont des dénivellations, généralement transversale, liée aux dispositions constructives.

- **Causes possibles**

- ✓ discontinuité de construction ou de structure (notamment jonction chaussée souple -

Chapitre II : Pathologies des chaussées aéronautiques

chaussée rigide) ;

- ✓ non-homogénéité du sol support (notamment à la limite remblai déblai) ;
- ✓ ouvrage sous chaussée (buse, ponceau...).

- **Relevé qualitatif (niveaux de gravité)**

Les niveaux de gravité dépendent de la nature de la chaussée (tableau II.3). Ils s'établissent en fonction de la hauteur de la dénivellation h mesurée au droit de la dégradation.

Tableau II.3 : niveau de gravité des tassements (STAC, 2007)

Niveau de gravité	Piste ou bretelle grande vitesse	Voie de circulation ou aire de stationnement
L	$h \leq 1 \text{ cm}$	$1 \text{ cm} < h \leq 2 \text{ cm}$
M	$1 \text{ cm} < h \leq 2 \text{ cm}$	$2 \text{ cm} < h \leq 4 \text{ cm}$
E	$h > 2 \text{ cm}$	$h > 4 \text{ cm}$

- **Relevé quantitatif**

Le paramètre à mesurer est la longueur (en m) du cheminement apparent pour chaque niveau de gravité.

- **Conséquence et évolution**

- ✓ altération de l'uni.

- **Intervention possible**

- ✓ rabotage ;
- ✓ reprofilage en enrobé à chaud.

II.2.2 Les fissures

Ce sont des fentes de degré plus ou moins important de la piste qui affectent la couche de roulement et/ou même tout le corps de chaussée. On distingue les fissures longitudinales, les fissures transversales et les faïençages.

Les structures des pistes, en général, sont composées de matériaux dont la nature et les propriétés des matériaux constitutants varient fortement (graves non traitées, béton bitumineux, graves traitées aux liants hydrauliques...). Toutes ces structures ont en commun des problèmes de fissuration d'origines. Généralement, le trafic ou les causes environnementales sont à l'origine des problèmes, mais la

Chapitre II : Pathologies des chaussées aéronautiques

nature de ces derniers varie en fonction de la structure.

Le contrôle de la fissuration au travers de la couche de roulement est donc une tâche qui s'avère difficile du fait de la diversité des phénomènes. Il apparaît donc important de diagnostiquer la nature et la cause des fissures afin de lutter efficacement contre la remontée de fissure.

Elles sont organisées en plusieurs types : les fissures de fatigue, le faïençage de fatigue (peau de crocodile), les fissures de joint et les fissures de retrait, fissure par déformation excessive.

II.2.2.1 les fissures de fatigue

C'est une fissure longitudinale qui apparaît généralement dans les traces des atterrisseurs. Elle est souvent accompagnée de fissures transversales à intervalle aléatoire de dépressions.(voir figure II.3, figure II.4)

- Parmi les causes possibles on cite :
 - ✓ fatigue avancée de la chaussée ou sous-dimensionnement d'une ou de plusieurs couches ;
 - ✓ diminution de portance du sol support (drainage déficient, défaut d'étanchéité de la surface)
 - ✓ mauvais mode de fonctionnement, matériaux.
 - ✓ Les niveaux de gravité sont fonction de :
 - ✓ l'ouverture de la fissure ;
 - ✓ la présence ou non de ramifications ;
 - ✓ l'existence ou non de départ de matériaux de la structure (couches décollées...) ;
 - ✓ qualité médiocre de certains niveaux à savoir :
 - **Niveau léger:** fissure simple d'ouverture inférieure à 5 mm ou fissure bien réparée
 - **Niveau moyen:** fissure simple d'ouverture supérieure à 5 mm ou fissure avec ramifications sans départ de matériaux
 - **Niveau élevé:** fissure avec départ de matériaux
- **Conséquences et évolution :**
 - ✓ Infiltration d'eau dans le corps de chaussée

Chapitre II : Pathologies des chaussées aéronautiques

- ✓ départ de matériaux ;
- ✓ faïençage de fatigue
- Intervention possible
 - ✓ Nettoyage des bords de la fissure ou découpage selon sa gravité
 - ✓ remplissage par mastic avec ou sans primaire d'accrochage.



Figure II.3 : Fissure de fatigue (niveau de gravité léger) (STAC, 2007)



Figure II.4 : Fissure de fatigue avec départ de matériaux (niveau de gravité élevé)

II.2.2.2 Le faïençage de fatigue

Ensemble de fissures formant un maillage, les mailles ayant la forme de polygones dont la plus grande diagonale ne dépasse pas 60 cm. Généralement cette dégradation est située dans les traces des atterrisseurs et est accompagnée d'une dépression.(voir la figure II.5, figure II.6)

▪ Causes possibles :

- fatigue excessive de la chaussée (répétition de charges avoisinant ou dépassant la limite admissible) ou sous-dimensionnement du corps de chaussée ;
- mauvaise qualité de certaines couches de la chaussée
- évolution d'un faïençage de retrait.

▪ niveaux de gravité :

Chapitre II : Pathologies des chaussées aéronautiques

Le niveau de gravité évalué à partir de la fissure constitutive la plus grave, à savoir :

Niveau léger : fissure simple d'ouverture inférieure à 5 mm ou fissure bien réparée

Niveau moyen: fissure simple d'ouverture supérieure à 5 mm ou fissure avec ramifications sans départ de matériaux

Niveau élevé: fissure avec départ de matériaux

▪ **Conséquences et évolution:**

- infiltration d'eau dans le corps de chaussée.
- Nid de poule

▪ **Intervention possible**

Après avoir délimité la zone à traiter et selon le niveau de gravité et le type de trafic reçu :

- mise en œuvre d'un enduit superficiel avec balayage des rejets par aspiratrice ou pontage des fissures.
- ou reprise de la couche de roulement après rabotage (purge éventuelle de la structure).



Figure II.5 : Faiçonnage de fatigue (niveau de gravité moyen)(STAC,2007).

Chapitre II : Pathologies des chaussées aéronautiques



Figure II.6 : Faiençage de fatigue (niveau de gravité élevé)(STAC,2007).

II.2.2.3 les fissures de joint

Le Joint désigne la liaison longitudinale entre deux bandes d'expansion du processus d'usure, ou de récupération transversale aux bandes. Par extension, cela peut également spécifier des frontières entre des régions de structures différentes. (Figure II.7)

- **Raison possible :**

- Absence de mise en œuvre du processus d'usure (bords trop froids du premier ruban, compactage insuffisant des joints, surtout mauvais collage entre rubans lors de la reprise de l'épandage)
- Discontinuités structurelles (souples et rigides).

- **Niveau de gravité**

Son évaluation est en fonction de :

- la présence ou non de ramifications ;
- l'existence ou non de départ de matériaux.

Niveau léger: fissure simple d'ouverture inférieure à 5 mm ou fissure bien réparée

Niveau moyen: fissure simple d'ouverture supérieure à 5 mm ou fissure avec ramifications sans départ de matériaux

Niveau élevé: fissure avec départ de matériaux

Le dépistage de cette dégradation se trouve facilité après une averse.

Chapitre II : Pathologies des chaussées aéronautiques

- **Relevé quantitatif**

Le paramètre à mesurer est la longueur (en m) du cheminement apparent pour chaque niveau de gravité. Une fissure ne présentant pas le même niveau de gravité sur toute sa longueur sera découpée en tronçons.

Par exemple, une fissure ayant 25 m de long peut avoir 5 m classés en niveau élevé, 10 m en niveau moyen et 10 m en niveau léger. Les trois tronçons ainsi définis seront enregistrés séparément.

- **Conséquences et évolution**

- ✓ infiltration d'eau dans le corps de chaussée ;
- ✓ départ de matériaux.

- **Intervention possible**

- ✓ nettoyage de la surface à traiter ;
- ✓ pontage des fissures par mastic.



Figure II.7 : Fissure de joint entre deux bandes de répannage (niveau de gravité léger).

II.2.3 Les Arrachements

On distingue dans cette famille : les nids de poules, la pelade et le désenrobage.

II.2.3.1 les nids de poules

Cavité de la surface de la chaussée due à des départs de matériaux. (figure II.8)

Chapitre II : Pathologies des chaussées aéronautiques

- **Causes possibles**
 - ✓ stade ultime de dégradation (notamment le faïençage) ;
 - ✓ défaut localisé de la couche de roulement ou de base lors de la fabrication ou de la mise en œuvre des matériaux.

- **Conséquences et évolution**
 - ✓ atteinte à la sécurité des vols en phase de roulage ;
 - ✓ infiltration d'eau massive dans le corps de chaussée.

Compte tenu des conséquences sur la sécurité des vols, ce type de dégradation nécessite un colmatage urgent. Sa présence, seule, sera relevée.

- **Intervention possible**
 - ✓ découpage soigné du contour du nid-de-poule ;
 - ✓ enlèvement des produits ;
 - ✓ mise en œuvre d'enrobé à chaud (couche d'accrochage préalable).



Figure II.8 : nids de poule

II.2.3.2 la pelade

C'est un arrachement de la couche de roulement par plaques. (figure II.9)

- **Causes possibles**
 - ✓ épaisseur insuffisante de la couche de roulement ;
 - ✓ défaut d'accrochage de la couche de roulement (nettoyage insuffisant avant la mise en œuvre de la couche de roulement, absence de couche d'accrochage, présence d'eau à l'interface).

Chapitre II : Pathologies des chaussées aéronautiques

- **Relevé qualitatif (niveau de gravité)**

Le niveau de gravité est systématiquement considéré élevé.

- **Relevé quantitatif**

Le paramètre à mesurer est la surface (en m²) du rectangle qui encadre la dégradation.

- **Conséquences et évolution**

- ✓ altération de l'étanchéité ;
- ✓ altération de l'uni ;
- ✓ nid-de-poule.

- **Intervention possible**

- ✓ découpage soigné de la section endommagée avec découpe verticale ;
- ✓ rabotage des rives ;
- ✓ reprofilage en enrobé à chaud (couche d'accrochage).



Figure II.9 : pelade

II.2.3.3 Désenrobage

Séparation du mastic (liant ± fines) et des granulats avec éventuellement départs de ces derniers.(figure II.10)

- **Causes possibles**

- ✓ vieillissement du liant ;

Chapitre II : Pathologies des chaussées aéronautiques

- ✓ mise en œuvre sous conditions météorologiques défavorables ;
- ✓ actions physico-chimiques dues aux méthodes de déglçage (produits chimiques, thermosoufflage) ou aux méthodes de dégommege ;
- ✓ stagnation d'eau sur la chaussée ;
- ✓ brûlures dues au souffle des réacteurs.

- **Relevé qualitatif (niveaux de gravité)**

Niveau léger : déchaussement de granulats avec départs légers

Niveau moyen : départ important de granulats

Niveau élevé : départ massif de granulats

Cette dégradation est mieux mise en évidence lorsque le revêtement est humide.

- **Relevé quantitatif**

Le paramètre à mesurer est la surface (en m²) du rectangle qui encadre la dégradation.

- **Conséquences et évolution**

- ✓ altération de l'étanchéité ;
- ✓ nid-de-poule.

- **Intervention possible**

- ✓ balayage et nettoyage de la surface ;
- ✓ rabotage de la couche de roulement et mise en œuvre d'enrobé à chaud (après couche d'accrochage).

Chapitre II : Pathologies des chaussées aéronautiques

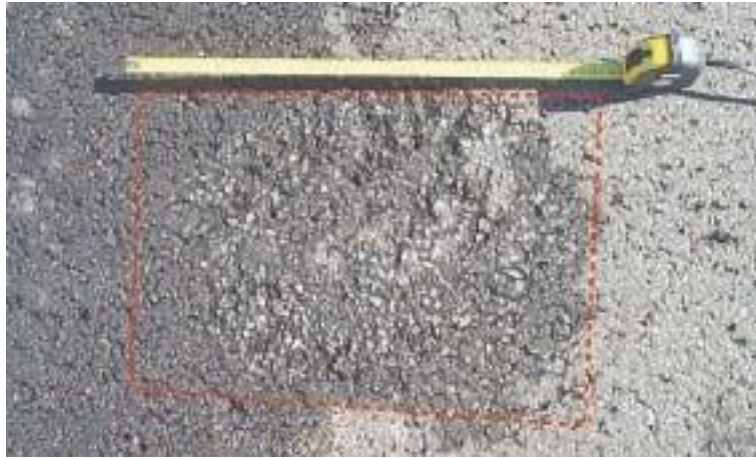


Figure II.10 : Désenrobage (niveau de gravité léger)

II.3 Présentation des pathologies sur les chaussées rigides

Pour ce type de chaussée les dégradations sont classées selon leur origine :

- ❖ Dégradations de structure ;
- ❖ Dégradations de surface ;
- ❖ Dégradations de joints.

II.3.1 Dégradations de structure

Nous distinguons : les fissures (longitudinales, transversales et obliques), les fissures en coin et les fractures.

II.3.1.1 les fissures (longitudinales, transversales et obliques)

Rupture de la dalle en deux morceaux sauf si celle-ci concerne un coin de dalle (figure II.11)

- **Causes possibles**
 - ✓ portance insuffisante (épaisseur trop faible de la dalle, résistance insuffisante du béton à la traction...);
 - ✓ dégradation des conditions d'appui de la dalle (tassement ou érosion du sol de fondation);
 - ✓ sciage trop tardif des joints à la mise en œuvre (fissure transversale);
 - ✓ saignée pour balisage axial favorisant l'effet d'entaille sous fortes

Chapitre II : Pathologies des chaussées aéronautiques

sollicitations, telles celles exercées par le B747 (fissure longitudinale) ;

- ✓ dimensions excessives de la dalle par rapport à son épaisseur donnant lieu à des contraintes thermiques importantes.

- **Relevé qualitatif (niveaux de gravité)**

Les niveaux de gravité sont fonction de :

- ✓ l'ouverture de la fissure ;
- ✓ la présence ou non d'épaufrures ;
- ✓ l'existence ou non de départ de matériaux.

Niveau léger : fissure non épaufrée d'ouverture inférieure ou égale à 2 mm ou fissure bien réparée

Niveau moyen : fissure non épaufrée d'ouverture supérieure à 2 mm ou fissure épaufrée sans départ de matériaux

Niveau élevé : fissure avec départ de matériaux

Le dépistage de cette dégradation se trouve facilité après une averse.

- **Relevé quantitatif**

L'unité de relevé est la dalle. Une dalle est comptée fissurée même si la fissure ne concerne pas toute la longueur (ou largeur) de la dalle.

- **Conséquences et évolution**

- ✓ infiltration d'eau dans le corps de chaussée ;
- ✓ modification des conditions de fonctionnement de la dalle (perte de portance) ;
- ✓ altération de l'uni (fissure transversale) ;

Chapitre II : Pathologies des chaussées aéronautiques

- ✓ départ de matériaux ;
- ✓ fracture.



Figure II.11 : fissure avec niveau de gravité élevé

II.3.1.2 les fissures en coin

Rupture de la dalle en deux morceaux, les intersections de la fissure avec les bords de la dalle étant situées dans le quart de dalle adjacent au coin considéré. (Fissure II.12)

▪ Cause

- ✓ mauvaises conditions d'appui de la dalle et de transfert de charge combinées à la répétition des charges.

▪ Relevé qualitatif (niveaux de gravité)

Les niveaux de gravité sont fonction de :

- ✓ l'ouverture de la fissure ;
- ✓ la présence ou non d'épaufrures ;
- ✓ l'existence ou non de départ de matériaux.

Niveau léger : fissure non épaufrée d'ouverture inférieure ou égale à 2 mm ou fissure bien réparée

Niveau moyen : fissure non épaufrée d'ouverture supérieure à 2 mm ou

Chapitre II : Pathologies des chaussées aéronautiques

fissure épaufrée sans départ de matériaux

Niveau élevé: fissure avec départ de matériaux

Le dépistage de cette dégradation se trouve facilité après une averse.

- **Relevé quantitatif**

L'unité de relevé est la dalle.

Une dalle qui présente à la fois une fissure (longitudinale, transversale ou oblique) ou même plusieurs fissures (voir « fracture ») et une ou plusieurs cassures en coin, sont comptées à la fois en dalle fissurée ou fracturée et en dalle cassée en coin.

- **Conséquences et évolution**

- ✓ infiltration d'eau dans le corps de chaussée ;
- ✓ modification des conditions de fonctionnement de la dalle (transfert de charge) ;
- ✓ affaissement localisé, d'où altération de l'uni et de l'adhérence (rétention d'eau) ;
- ✓ départ de matériaux.



Chapitre II : Pathologies des chaussées aéronautiques

Figure II.12 : fissure en coin avec niveau de gravité léger



II.3.1.3 les fractures

Rupture de la dalle en plus de deux morceaux, les fissures étant longitudinales, transversales ou obliques. Les cassures d'angle ne sont pas à prendre en compte dans le dénombrement des morceaux de dalle.(figure II.13)

- **Causes possibles**

- ✓ portance insuffisante (épaisseur trop faible de la dalle, résistance insuffisante du béton à la traction...);
- ✓ dégradation des conditions d'appui de la dalle (tassement ou érosion du sol de fondation).

- **Relevé qualitatif (niveaux de gravité)**

Les niveaux de gravité sont fonction à la fois du degré de fragmentation de la dalle et du niveau de gravité le plus élevé rencontré pour les fissures à la surface de celle-ci.(tableau II.4)

Ils sont déterminés de la façon suivante :

Le dénombrement des morceaux de dalle doit être effectué en faisant abstraction de la fragmentation due aux fissures en coin.

Tableau II.4 : niveau de gravité des fissures

Chapitre II : Pathologies des chaussées aéronautiques

Nombre de morceaux de la dalle n	Niveaux de gravité des fissures		
	Léger	Moyen	Élevé
n = 3	L	M	E
n > 3	M	E	E

- **Relevé quantitatif**

L'unité de relevé est la dalle.

- **Conséquences et évolution**

- ✓ infiltration d'eau dans le corps de chaussée;
- ✓ modification des conditions de fonctionnement de la dalle (transfert de charge) ;
- ✓ affaissement localisé, d'où altération de l'uni et de l'adhérence (rétention d'eau) ;
- ✓ départ de matériaux.



Figure II.13 : fracture avec niveau de gravité élevé

II.3.2 Dégradations de surface

Comme dégradations de surface nous avons : l'écaillage, le faïençage et le dépôt de gomme.

II.3.2.1 Ecaillage /faïençage

Le faïençage est un ensemble de petites fissures formant un maillage serré affectant la surface de la dalle pouvant évoluer vers l'écaillage.(figure II.14)

L'écaillage c'est le départ par petites plaques (écailles) de la pellicule de laitance en surface de la dalle. (figure II.15)

- **Causes possibles**

- ✓ défaut de mise en œuvre (remontées de laitance) ;

Chapitre II : Pathologies des chaussées aéronautiques

- ✓ effets thermiques (variation de température, gel dégel) ;
- ✓ chocs thermiques (thermosoufflante, réacteurs) ;
- ✓ produits déverglaçants.

- **Relevé qualitatif (niveaux de gravité)**

Niveau léger : faïencage

Niveau moyen : écaillage sur une surface totale inférieure ou égale à 1 m²

Niveau élevé : écaillage sur une surface totale supérieure à 1 m²

- **Relevé quantitatif**

L'unité de relevé est la dalle.

Dans le cas où la dalle comporte plusieurs zones « faïencées » ou « écaillées » de niveaux de gravité différents, celle-ci est comptée une seule fois avec le niveau de gravité le plus élevé d'entre eux.

- **Conséquences et évolution**

- ✓ porosité du béton néfaste dans les régions soumises au gel ;
- ✓ altération de l'uni ;
- ✓ départ de matériaux.



Figure II.14 : Faïencage avec un niveau de gravité léger



Figure II.15 : écaillage avec un niveau de gravité léger

Chapitre II : Pathologies des chaussées aéronautiques

II.3.2.2 dépôt de gomme

C'est le Dépôt de caoutchouc localisé dans la zone de toucher des roues.(figure II.16)

- **Cause**
 - ✓ usure des pneumatiques des avions lors de la mise en rotation des roues aux atterrissages.

- **Relevé qualitatif (niveaux de gravité)**

Le niveau de gravité est fonction du nombre de dalles affectées par la dégradation rapportée au nombre total de dalles par maille de relevé. Il sera apprécié lors de l'exploitation du relevé.

- **Relevé quantitatif**

L'unité de relevé est la dalle. La dalle est comptée si elle est recouverte sur au moins 1 m².

- **Conséquence et évolution**

- ✓ altération de l'adhérence;
- ✓ altération de la visibilité du balisage diurne et nocturne.

Chapitre II : Pathologies des chaussées aéronautiques



Figure II.16 : dépôt de gomme

II.3.3 Dégradations des joints

Elles sont centrées sur le défaut de joint. Le joint est défectueux lorsqu'il n'assure plus la fonction d'étanchéité.(figure II.17)

- **Causes possibles**
 - ✓ défaut du produit pour joint (vieillessement, durcissement, mauvaise adhérence, décollement, incompatibilité entre produits...)
 - ✓ défaut de mise en œuvre (nettoyage insuffisant du corps de joint avant application du produit, rapport incorrect entre la largeur et la profondeur du joint, absence de fond de joint) ;
 - ✓ actions thermiques, chimiques et mécaniques diverses (souffle des réacteurs d'avions, thermo soufflage, kérosène, acides...);
 - ✓ arrachement du produit pour joint.

- **Relevé qualitatif (niveaux de gravité)**

Il n'est considéré que deux joints par dalle (pour éviter de relever le même joint sur deux dalles adjacentes). Ces deux joints sont consécutifs sur le périmètre de la dalle observée.

Les niveaux de gravité sont établis de la façon suivante :

Niveau léger : quelques défauts ponctuels (tels que vieillissement ou décollement) sur moins de la moitié de la longueur de joint

Niveau moyen : quelques défauts ponctuels (tels que vieillissement ou décollement) sur plus de la

Chapitre II : Pathologies des chaussées aéronautiques

moitié de la longueur de joint

Niveau élevé : fissuration ou décollement systématique, arrachements

- **Relevé quantitatif**

L'unité de relevé est la dalle.

- **Conséquences et évolution**

- ✓ infiltration d'eau dans le corps de chaussée ;
- ✓ accumulation de cailloux, de terre ou de végétation;
- ✓ risque d'épaufrures.



Figure II.17 : Défaut de joint (mauvaise adhérence révélée par la présence de végétation).

II.4 Conclusion

Les structures de chaussée se dégradent sous l'action de plusieurs facteurs. Pour un bon diagnostic, il est important de connaître les différents types de pathologies et désordres pouvant affecter les structures de chaussée, les processus de dégradation pour chaque type de chaussée ainsi que les facteurs d'influence associés.

Chapitre III : Méthodes d'osculation des chaussées dégradées

CHAPITRE III

Chapitre III : Méthodes d'oscultations des chaussées dégradées

III.1 Introduction

Les chaussées aéronautiques (pistes, voies de circulation, aires de stationnements) constituent une part importante des infrastructures opérationnelle des aérodromes.

Pour une meilleure préservation des chaussées aéronautiques, il est indispensable de connaître leur capacité portante pour les adapter à l'évolution du trafic en entreprenant les travaux voulus en temps nécessaire. Contrôler les caractéristiques antidérapantes et la qualité du profil en long des pistes d'envols pour prévenir tout accident.

L'auscultation structurelle d'une chaussée consiste à évaluer, par des moyens externes, et non destructifs, contrairement à une campagne de sondages, sa capacité résiduelle à supporter un trafic d'aéronefs donné. Les résultats d'une étude d'auscultation peuvent se traduire soit en termes de capacité portante ou « portance », traduite en termes de charge admissible d'un aéronef pour un trafic donné, de portance RSI (Roue Simple Isolée) ou de PCN (Pavement Classification Number), soit en termes de durée de vie résiduelle.

Dans le premier cas, la capacité structurelle de la chaussée est définie par sa capacité à accueillir un trafic. Dans le second cas, une durée de vie de la chaussée est estimée sur la base du trafic prévisionnel que la chaussée sera amenée à recevoir dans les prochaines années.

L'étude de l'évolution de la capacité portante de la chaussée, ou de sa durée de vie résiduelle, permet, en corrélation avec des relevés de dégradation, de vérifier que le trafic actuel et/ou prévisionnel est acceptable, de déceler un comportement anormal de la plateforme, et au besoin d'anticiper des travaux d'entretien et/ou de rénovation.

Une auscultation régulière constitue donc pour le gestionnaire un outil essentiel de gestion rationnelle d'entretien d'une plateforme.

III.2 Gestion des chaussées aéronautiques

III.2.1 Présentation de la méthode A.C.N. - P.C.N

Elaborée par l'Organisation de l'Aviation Civile Internationale (O.A.C.I), la méthode A.C.N. - P.C.N. est un système international normalisé de communication de renseignements permettant de déterminer l'admissibilité d'un avion sur un aérodrome en fonction de la résistance des chaussées de la plate-forme concernée.

L'A.C.N. (Aircraft Classification Number) est un nombre exprimant l'effet d'un avion de

Chapitre III : Méthodes d'oscultations des chaussées dégradées

type donné sur une chaussée de type également donné (souple ou rigide) pour une catégorie spécifiée de sol support.

Le P.C.N. (Pavement Classification Number) est un nombre exprimant la portance d'une chaussée donnée.

La méthode A.C.N. - P.C.N., dont les conditions d'application sont développées par la suite, peut se résumer par le principe général suivant:

Le P.C.N. d'une chaussée indique qu'un avion dont l'A.C.N. est inférieur ou égal à ce P.C.N. peut utiliser cette chaussée sans autre restriction que celle pouvant être liée à la pression des pneumatiques.

Ainsi, un avion peut utiliser sans restriction une chaussée si deux conditions sont simultanément vérifiées, à savoir que :

- l'A.C.N. de l'avion - déterminé pour le type de chaussée (souple ou rigide) et la catégorie de son sol support - soit inférieur ou égal au P.C.N. de cette chaussée,
- la pression des pneumatiques de l'avion n'excède pas la pression maximale admissible publiée pour la chaussée.
- Si l'une au moins de ces conditions n'est pas respectée, l'admissibilité de l'avion est soumise aux règles de la procédure de dérogation.

III.3 Détermination de L'A.C.N

III.3.1 Détermination théorique

L'A.C.N. d'un avion est un nombre qui, par définition, est égal à deux fois la charge, calculée en tonnes, sur une roue simple, gonflée à 1,25 MPa, équivalente (R.S.E.) à l'atterrisseur principal de l'avion considéré dont les pneus sont gonflés à la pression standard q donnée par le constructeur.

Sa détermination, pour un type de chaussée et pour une catégorie de sol support, résulte donc de deux étapes successives, à savoir :

- détermination, par la méthode américaine adaptée, de l'épaisseur équivalente du corps de chaussée (pour une chaussée souple) ou de celle de la dalle de béton (pour une chaussée rigide) qui devrait être associée à telle catégorie de sol support pour supporter l'atterrisseur à la pression q ,
- détermination de la charge en tonnes sur roue simple gonflée à 1,25 MPa correspondant à cette épaisseur.

L'A.C.N. ainsi obtenu n'est associé qu'à la pression q , au type de chaussée (souple ou rigide), et à la catégorie

Chapitre III : Méthodes d'oscultations des chaussées dégradées

de solsupport.

III.3.2 Détermination pratique

Les A.C.N. des principaux avions existants sont fournis, à vide et à pleine charge, pour chacun des deux types de chaussées et pour quatre catégories de sol support - défini lui-même, soit par son C.B.R., pour les chaussées souples, soit par son module de réaction, pour les chaussées rigides comme indiqué dans le tableau III.1:

Tableau III.1 : Classification par catégories des sols supports de chaussée

	<i>Catégorie du sol support</i>	<i>Valeurs du CBR ou du K (a)</i>
<i>A</i>	<i>Résistance élevée</i>	$CBR > 13$ $K > 120$ MN/m^3
<i>B</i>	<i>Résistance moyenne</i>	$8 < CBR < 13$ $60 < K < 120$ MN/m^3
<i>C</i>	<i>Résistance faible</i>	$4 < CBR < 8$ $25 < K < 60$ MN/m^3
<i>D</i>	<i>Résistance ultra-faible</i>	$CBR < 4$ $K < 25$ MN/m^3

a) module de réaction K corrigé

III.3.3 Détermination des P.C.N.

III.3.3.1 Principe et codification

Le P.C.N. représentant la force portante d'une chaussée donnée, sa valeur est dépendante des caractéristiques de son sol support et des matériaux constituant son corps de chaussée.

Un P.C.N. déterminé « par expérience » à partir du trafic reçu par l'aérodrome peut également être publié lorsque les caractéristiques géotechniques déterminantes sont mal connues, soit parce qu'elles n'ont jamais fait l'objet d'une évaluation, soit parce que cette dernière est trop ancienne pour être valablement prise en compte.

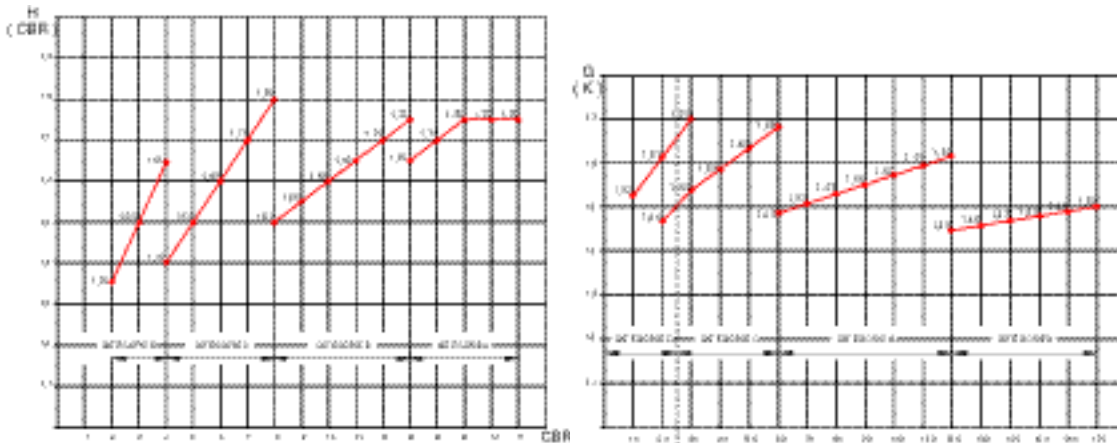
La méthode d'évaluation du P.C.N. d'une chaussée est laissée à l'initiative de chaque pays membres de l'O.A.C.I.,

III.3.3.2 Détermination du PCN par calcul

Le calcul forfaitaire du P.C.N. permet de déterminer ce dernier à partir des seules caractéristiques de la chaussée, sans qu'il soit par conséquent fait référence au trafic qu'elle

Chapitre III : Méthodes d'oscultations des chaussées dégradées

reçoit. Il passe par la détermination, à l'aide de l'abaque de dimensionnement, de la charge maximale admissible RSI pouvant lui être appliquée par une roue simple isolée gonflée à 0,6 MPa, charge maximale dont la valeur est ensuite majorée par un coefficient fonction lui-même de la catégorie du sol support. (Figure III.1)



Abaque 1 Valeurs du coefficient H (CBR) pour le calcul du P.C.N. approché des chaussées souples

Abaque 2 Valeurs du coefficient G(k) pour le calcul du P.C.N. approché des chaussées rigides

Figure III.1 : Abaqués participant au calcul forfaitaire du P.C.N

III.4 L'admissibilité d'un avion

La méthode A.C.N. - P.C.N. est utilisée pour connaître les conditions de recevabilité sur une plate-forme d'un avion à sa charge réelle. Elle consiste en la comparaison de l'A.C.N. de l'avion au P.C.N. de la chaussée:

- si $A.C.N. \leq P.C.N.$: l'avion est admissible
- si $A.C.N. > P.C.N.$: on applique la procédure réservée à cette situation

III.4.1 Cas de dépassement du P.C.N.

Deux cas sont à considérer :

Cas 1 : $P.C.N. \leq A.C.N. \leq 1,1 P.C.N.$ pour les chaussées souples

$P.C.N. \leq A.C.N. \leq 1,05 P.C.N.$ pour les chaussées rigides

Dans ce cas, l'avion peut être autorisé sous réserve que le nombre annuel n de mouvements réels en surcharge n'excède pas 5 % du total annuel des mouvements réels contenus dans le trafic de référence N_r .

Chapitre III : Méthodes d'osculation des chaussées dégradées

$$n \leq 0,05 N_r$$

Si d'autres avions ont auparavant subi la même procédure, il convient d'inclure dans n leur nombre de mouvements réels.

Si la règle des 5% n'est plus respectée, il convient de calculer le trafic équivalent total et de suivre alors la procédure du cas 2.

❖ **Cas 2:** A.C.N. > 1,1 P.C.N. pour les chaussées souples

A.C.N. > 1,05 P.C.N. pour les chaussées rigides

Ou condition précédente non respectée

- Si le P.C.N. est affecté du code U, la méconnaissance des caractéristiques de la chaussée devrait, sauf atterrissage d'urgence, inciter à refuser l'avion.
- Si le P.C.N. est affecté du code T, il convient de ramener à la charge admissible P_0 du type d'avion considéré pour la chaussée, charge admissible donnée par la relation :

$$P_0 = m + (M - n) \times \left[\frac{(PCN - ACN_{min})}{(ACN_{max} - ACN_{min})} \right]$$

Où :

M : est la masse maximale au roulage

m : est la masse à vide en ordre d'exploitation.

On compare alors cette charge admissible P_0 à la charge réelle prévue pondérée P' pour chaque aire concernée:

- Si $P' < \text{ou égal à } 1,1.P_0$: l'avion peut, toujours sur l'aire concernée, être accepté sous réserve de respecter la règle des 5%,
- Si $1,1.P_0 < P' < 1,5.P_0$: dans ce cas, il convient de calculer le trafic équivalent total journalier T' que supporte la chaussée:
- Si $T' > 10$ mouvements équivalents par jour, l'atterrissage doit être refusé à moins d'admettre une usure rapide des chaussées.
- Si $T' < \text{ou égal à } 10$ mouvements équivalents par jour, l'avion peut être autorisé à sa

Chapitre III : Méthodes d'oscultations des chaussées dégradées

charge réelle P , mais en limitant sa fréquence aux valeurs indiquées par la figure III.2 dont le tableau III.2 donne les extrêmes.

- Si enfin $P' > 1,5 P_0$: l'autorisation d'atterrissage doit être impérativement refusée sauf urgence.

Tableau III.2 : les valeurs extrêmes des fréquences

P' / P_0	Nombre limite de mouvements à la charge réelle P	Suivi des chaussées
1,1 - 1,2	entre 1 et 3 par jour	Recommandé
1,2 - 1,3	entre 1 / j et 1 / semaine	obligatoire, régulier et fréquent
1,3 - 1,4	entre 1 / semaine et 2 / mois	id .
1,4 - 1,5	entre 1 / mois et 2 / mois	id .

Chapitre III : Méthodes d'oscultations des chaussées dégradées

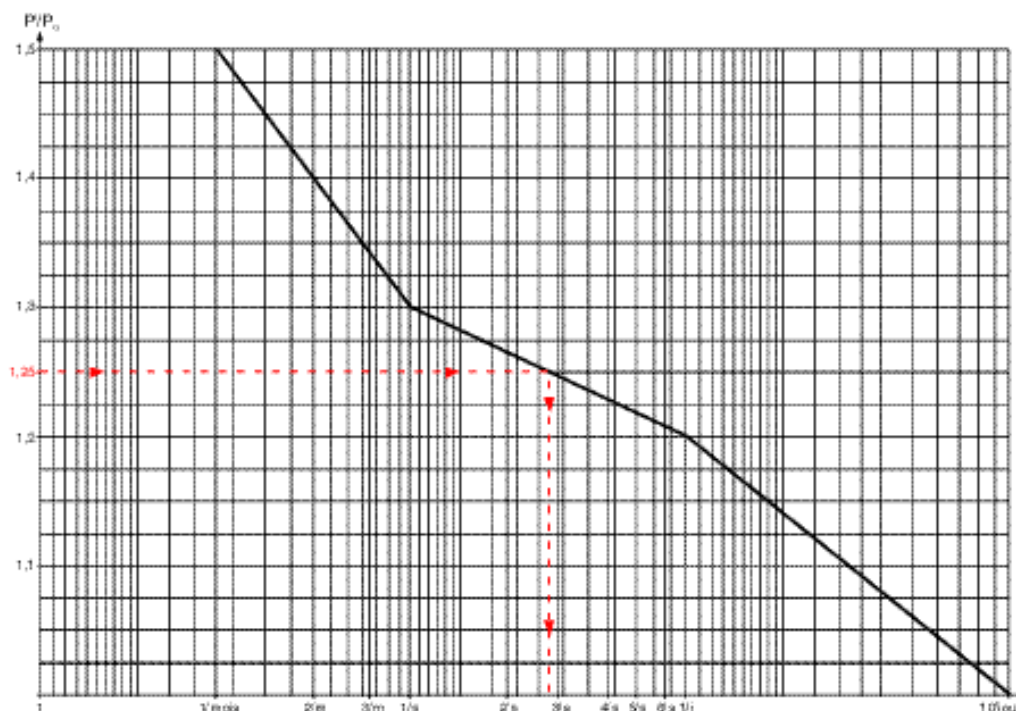


Figure III.2 : Nombre de mouvements pouvant être autorisés en cas de dépassement du P.C.N. calculé

III.5 les méthodes d'auscultation des chaussées aéronautiques

III.5.1 Suivi des chaussées aéronautiques

Le suivi des chaussées aéronautiques consiste à évaluer périodiquement des indicateurs d'état qui caractérisent notamment la portance, l'uni, l'adhérence, l'état de surface,...

Parmi ceux-ci, il est intéressant de constater que celui se rapportant à l'état de surface occupe une place privilégiée dans la mesure où les dégradations en ce domaine peuvent être facilement reliées aux autres indicateurs. C'est ainsi, par exemple, qu'une fissure de fatigue du revêtement d'une chaussée souple ou une fracture de dalle en béton dénote généralement un affaiblissement de la portance.

Cette constatation a incité le S.T.B.A., après les techniciens américains, à s'orienter vers une utilisation approfondie d'un indicateur de l'état de surface : l'**indice de service**.

Chapitre III : Méthodes d'oscultations des chaussées dégradées

III.5.2 Processus de détérioration des chaussées

Afin de mieux comprendre le système de suivi qui va être développé par la suite, il n'apparaît pas inutile de distinguer les étapes pouvant être observées dans le **processus de détérioration des chaussées** convenablement dimensionnées.

La première de celles-ci correspond aux premières années de vie de la chaussée, durant lesquelles seules ne devraient apparaître que des dégradations très ponctuelles et de degré de gravité léger (figure III.2). Sans **entretien**, ces dégradations vont se multiplier et perdre leur caractère ponctuel pour s'étendre sur des zones de plus en plus grandes et atteindre **en certains points** le niveau de gravité **élevé**. (Figure III.3)



Figure III.2 : Degré de gravité léger



Figure III.3 : Degré élevé de gravité

On peut considérer que l'on a alors franchi un **seuil critique**, à partir duquel la chaussée nécessite un suivi plus fréquent eu égard aux contraintes de sécurité liées à son exploitation.

Sauf entretien encore, le développement des dégradations va s'accroître jusqu'à atteindre un nouveau seuil, dit **seuil d'alarme**, qui correspond au début d'une chute **irréversible** des qualités structurelles de la chaussée. On peut en effet considérer que la présence de nombreuses dégradations, initialement de surface et ne portant de ce fait atteinte qu'aux qualités fonctionnelles de la chaussée, a fini par générer, sous l'action destructrice des eaux d'infiltration, des désordres affectant le corps de la chaussée dans la majeure partie de son épaisseur. Tous travaux se bornant à rétablir une

Chapitre III : Méthodes d'oscultations des chaussées dégradées

parfaite étanchéité de la couche de roulement sont désormais insuffisants.

On entre dans une troisième étape où seuls des travaux de **réfection** peuvent permettre une amélioration durable du niveau de service.

Enfin, si on laisse se poursuivre ce processus de détérioration, l'utilisation de la chaussée va présenter à court terme un risque portant atteinte à la sécurité des aéronefs.

Est alors atteint le **seuil limite de réfection**.

III.5.3 L'importance du suivi

Le suivi des chaussées aéronautiques est une obligation faite aux gestionnaires d'aérodromes ouverts à la circulation aérienne publique. Il doit leur permettre de se rendre compte de l'évolution, sous le trafic réel, des ouvrages dont ils ont la charge et d'être en mesure d'intervenir à temps pour les maintenir en bon état ou, à défaut, d'en modifier les charges admissibles déclarées.

L'examen des chaussées doit porter à la fois sur les caractéristiques de surface, c'est à dire sur celles qui ont trait à son intégrité, à son uni et à son adhérence, ainsi que sur les caractéristiques structurelles dont dépend la portance de l'ensemble chaussée - sol support.

Lorsque les caractéristiques de surface deviennent insuffisantes (usure de la chaussée par exemple), il y a lieu de procéder à la rénovation de la chaussée en intervenant sur sa couche de roulement.

Lorsque les caractéristiques structurelles deviendront à leurs tours insuffisantes, il conviendra de procéder à un renforcement de la chaussée.

III.5. 5 Les chaussées et leur environnement

L'évaluation des chaussées est une opération très complexe qui nécessite la synthèse des éléments suivants :

- ✓ données climatologiques (pluviométrie, gel,...),
- ✓ données géotechniques et hydrogéologiques (nappe phréatique),
- ✓ informations sur la construction de la chaussée ainsi que sur les éventuels travaux ultérieurs(entretien, renforcement, etc...),
- ✓ observations de l'état de surface de la chaussée (relevé des dégradations) et examen du système de drainage,

Chapitre III : Méthodes d'osculations des chaussées dégradées

- ✓ mesures non destructrices permettant de déterminer certains paramètres en rapport avec les caractéristiques de la chaussée (uni, glissance, portance),
- ✓ résultats des sondages permettant de mesurer l'épaisseur des couches et d'évaluer les caractéristiques géotechniques du corps de chaussée et de son sol support.

III.6 Inspection visuelle des chaussées aéronautiques

La méthode de l'indice de service, qui est développée ci-après, constitue l'outil de référence pour la majorité des aérodromes français.

De mise en œuvre rapide, peu onéreuse, peu pénalisante pour la circulation aérienne, elle fournit une masse importante d'informations sur l'état des chaussées et son évolution dans le temps, masse d'informations qui constitue une aide à la décision précieuse en matière d'entretien, de réfection, d'auscultation lourde et d'adéquation de la portance déclarée à la capacité réelle de la chaussée.

Sur les aéroports les plus importants, qui ne tolèrent aucune interruption de trafic, on leur préfère une auscultation à grand rendement (visualisation vidéo, analyse d'images, repérage G.P.S., cartographie S.I.G.) privilégiant la détection des signes précurseurs permettant elle-même de programmer un entretien préventif.

III.6.1 La méthode de l'indice de service

La méthode indice de service (IS) est basée sur l'analyse de relevés visuels de différents indicateurs d'état permettant d'apprécier le niveau de qualité d'une chaussée.

Cette méthode constitue l'outil de référence pour la majorité des aérodromes français. De mise en œuvre rapide, peu onéreuse, peu pénalisante pour la circulation aérienne, elle fournit une masse importante d'informations sur l'état des chaussées et son évolution dans le temps. Elle constitue en cela une aide à la décision précieuse en matière d'entretien, de réfection, d'auscultation lourde et d'adéquation de la portance déclarée à la capacité réelle de la chaussée (ITAC, 1999).

Cette méthode permet d'aboutir à la définition de l'IS qui est un indicateur numérique représentatif de l'état de la chaussée. Il peut prendre des valeurs comprises entre 0 (chaussée hors service) et 100 (chaussée neuve). Ainsi sa valeur croît-elle avec le niveau de service offert par la chaussée.

Le relevé visuel consiste à partager les aires de mouvements de l'aérodrome en mailles de

Chapitre III : Méthodes d'oscultations des chaussées dégradées

même surface de 500 m².

La procédure utilisée consiste à enregistrer, maille par maille, les dégradations observées conformément aux recommandations du catalogue de dégradations STBA, chaque dégradation est répertoriée à l'aide du triplet d'information suivant :

- le type de la dégradation : selon les types cités auparavant,
- le niveau de gravité : Léger (L), Moyen (M) ou élevé (E),
- la densité de dégradation dans la maille considérée, celle-ci est mesurée par une surface caractéristique de chaque type de dégradation.

L'intérêt d'une utilisation approfondie des relevés visuels a alors conduit à l'élaboration d'une méthode permettant de définir un indicateur numérique appelé « indice de service ». L'Indice de Service est un nombre compris entre 0 et 100 qui caractérise l'état d'une chaussée à un instant donné (IS = 100 □ pas de dégradation, IS = 10 □ fermeture de la piste).

Sa valeur est établie à la suite d'un relevé de dégradations aussi exhaustif que possible (type de dégradation et niveau de gravité de cette dernière) dont le traitement est ensuite assuré au moyen d'un logiciel mis au point par le Service Technique des Bases Aériennes.

III.6.2 METHODOLOGIE DU RELEVÉ DES DEGRADATIONS

III.6.2.1 Renseignements préalables

Avant l'intervention sur le site, il est nécessaire de se procurer un plan général des infrastructures ainsi que l'historique des chaussées pour la détermination des zones homogènes et l'interprétation de certaines dégradations.

Chapitre III : Méthodes d'oscultations des chaussées dégradées

Tableau III.3 : Dimensions des mailles et origine du relevé (Méthode Indice de service, STBA 2003)

	Piste	Bretelle ou voie de relation	Aire de trafic
Origine des relevés	à partir du QFU ¹ le plus faible	à partir de la piste	à partir d'un coin de l'aire
Largeur de la maille	2/3 centraux *	pleine largeur	□ 20 m *
Longueur de la maille	<i>Structure souple</i> : telle que la surface d'une maille soit la plus proche possible de 500 m ² .		
	<i>Structure rigide</i> : relevé de toutes les dalles.		

* Les limites extérieures de la maille peuvent être matérialisées par un joint de construction pour les chaussées souples ou par un joint de construction longitudinal pour les structures rigides.

¹ Quick Fly Usual : direction magnétique de la piste.

Chapitre III : Méthodes d'oscultations des chaussées dégradées

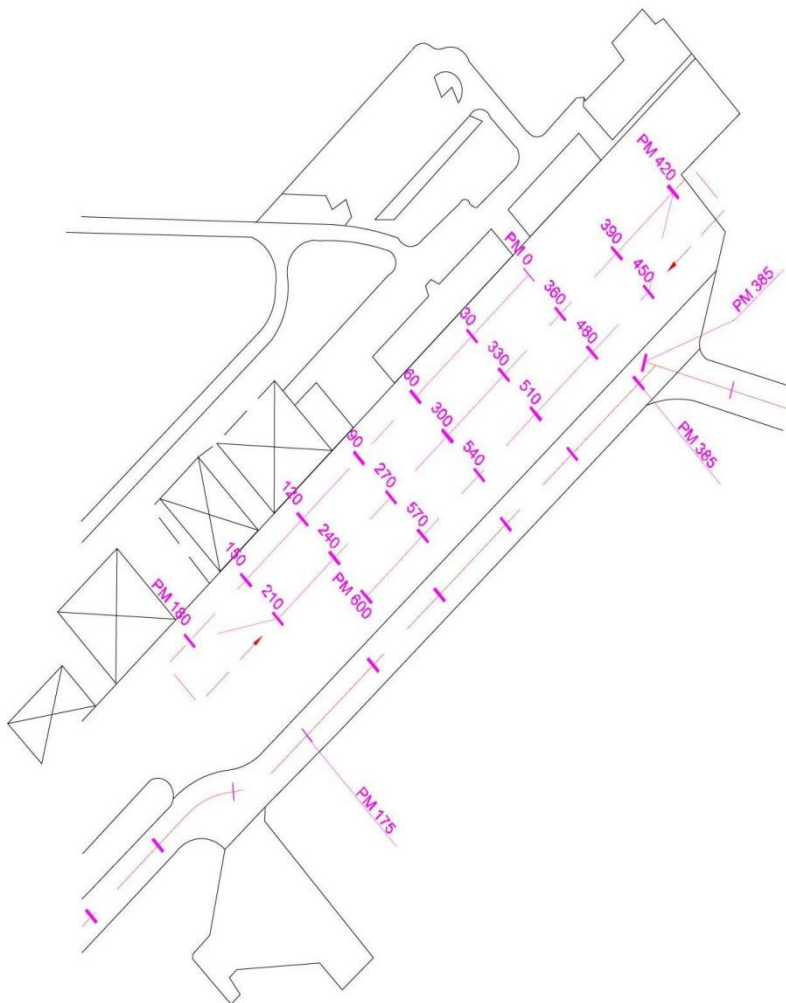


Figure III.4 : Exemple d'un découpage d'une aire de stationnement sur chaussée souple (STBA, 2003)

III.6.2.2 l'échantillonnage

Une fois que le relevé global finaliser, il sera utiliser la méthode dite d'échantillonnage, et donc faut satisfaire la condition de représentativité de l'échantillon.

III.6.3 MATERIEL ET PERSONNEL NECESSAIRES A L'EXECUTION DU RELEVÉ

L'exécution du relevé des dégradations exige de disposer :

- d'une radio VHF, pour contact avec la tour de l'aérodrome considéré ;
- d'un cyclomètre pour la mesure des dimensions des mailles ou des dalles en béton ;
- d'une bombe de peinture routière pour repérer les mailles en longueur ;
- du catalogue des dégradations ;

Chapitre III : Méthodes d'oscultations des chaussées dégradées

- de feuilles de relevé de dégradations en nombre suffisant ;
- une règle de 3 mètres ;
- une corde de 7 mètres ;
- d'un appareil photographique.

Les relevés exécutés par le Service Technique des Bases Aériennes ont mis en évidence que l'exécution optimale d'un relevé nécessite la présence minimum de deux personnes (trois semble constituer le nombre idéal).

III.6.4 EXPLOITATION DU RELEVÉ DES DÉGRADATIONS

La méthode repose sur le passage de chaque triplet (type de dégradation relevée, niveau de gravité, densité) pour une chaussée souple ou sur le passage de chaque doublet (type de dégradation relevée, niveau de gravité) pour une chaussée rigide à une valeur numérique significative de l'influence de cette dégradation sur les qualités de la chaussée (voir figure III.5). Elle sera communément appelée "valeur déduite" (VD).

La "valeur déduite" (VD) peut être interprétée comme un malus applicable sur le niveau de service de la chaussée, pris par définition à la valeur 100 pour une chaussée neuve.

Chapitre III : Méthodes d'osculation des chaussées dégradées

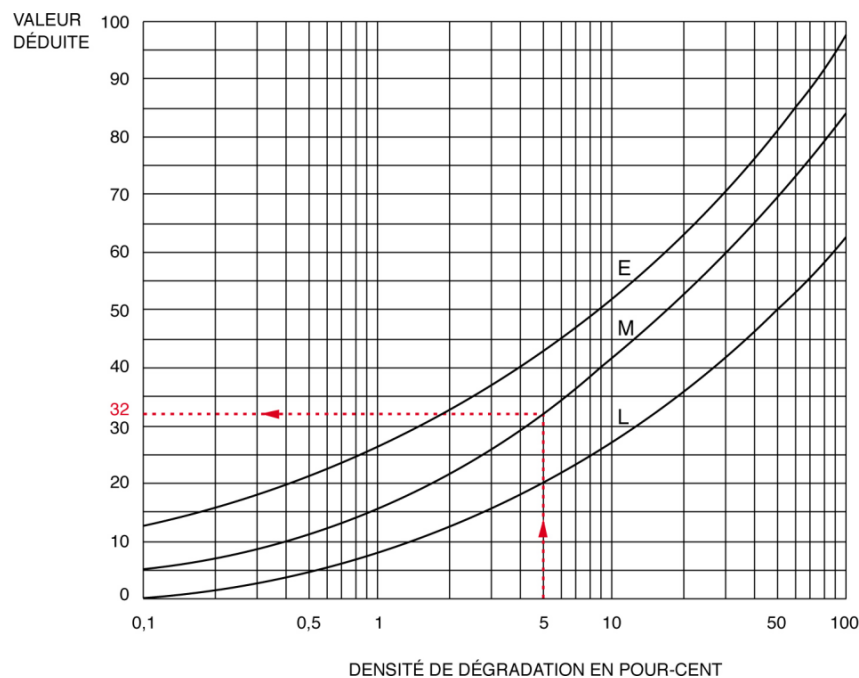


Figure III.5: Exemple de courbes de valeurs déduites (chaussées souples)

Surface du rectangle enveloppe de la flache

Densité de dégradation en %=

Surface de la maille du relevé

L= niveau léger

M= niveau moyen

E=niveau élevé

Il existe deux autres indices de service à caractère plus spécifique qui apportent des enseignements complémentaires très utiles dans l'analyse des besoins d'une chaussée :

l'IS structurel calculé uniquement à partir des dégradations révélant un défaut de portance ;

l'IS superficiel calculé uniquement à partir des dégradations révélant un défaut de surface (ensemble des dégradations autres que celles de structure).

Le classement des dégradations se résume comme illustré sur le tableau III.4 :

Chapitre III : Méthodes d'oscultations des chaussées dégradées

Tableau III.4 : différents types de dégradations (STBA, 2003)

	Dégradations de structure	Dégradations de surface
Chaussée souple	<ul style="list-style-type: none"> - Flache - Ornière - Fissure de fatigue - Faiençage de fatigue - Déformation en W - Gonflement - Tassement différentiel - Remontée d'eau - Remontée de fines 	<ul style="list-style-type: none"> - Désenrobage - Fissure de joint - Fissure de retrait - Faiençage de retrait - Réparation ponctuelle dégradée - Contamination - Dépôt de gomme - Empreinte - Ressuage
Chaussée rigide	<ul style="list-style-type: none"> - Fissure - Fracture - Fissure en coin - Pompage - Décalage - marche 	<ul style="list-style-type: none"> - Epaufrure - Ecaillage - Faiençage - Réparation ponctuelle dégradée - Défaut de joint - Dépôt de gomme

III.6.5 Histogramme des dégradations

L'histogramme des dégradations s'obtient en reportant, sur un axe horizontal, une série de rectangles définis de la façon suivante :

- ✓ le côté horizontal, de longueur constante, symbolise la longueur d'une maille ;
- ✓ le côté vertical est proportionnel à l'Indice de Service obtenu sur la maille considérée.

Le diagramme-enveloppe de cet histogramme fournit un cliché instantané du niveau de service offert sur toute étendue de la chaussée étudiée (voir figure III.6). En effet, on peut immédiatement visualiser les zones de comportement homogène et repérer les points « à problème ».

L'histogramme des dégradations apparaît nettement comme un support très riche en enseignements et indispensable à toute analyse de l'état d'une chaussée.

Chapitre III : Méthodes d'oscultations des chaussées dégradées

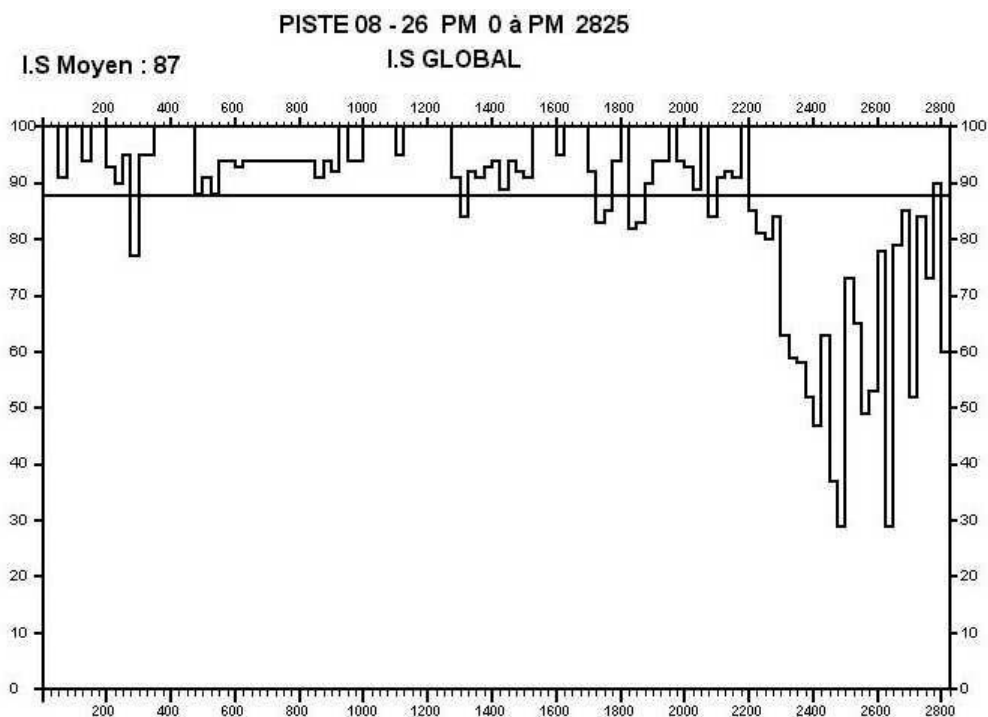


Figure III.6. Exemple d'histogramme de l'état d'une piste mise en évidence de deux sections homogènes – (STBA, 2003)
(IS global bon – qualité passable entre les PM 2 00 et 2 800)

III.7 Contrôle des qualités de surface

III.7.1 Contrôle de l'uni

L'uni d'une chaussée est un critère de qualité géométrique. Il caractérise l'ensemble des dénivellations de la surface de la chaussée par rapport à ses profils théoriques.

Sur une piste, certains défauts d'uni ressentis alors que les avions évoluent à des vitesses élevées, pendant les phases d'atterrissage ou de décollage, peuvent affecter la sécurité.

Circulées à moindre vitesse, les autres parties de l'aire de mouvement posent des problèmes d'uni moins essentiels.

Les conséquences d'un mauvais uni de la piste pèsent à la fois sur l'avion et sur la chaussée elle-même.

- **Sur l'avion** d'abord, elles sont à l'origine de vibrations et d'accélération verticales

Chapitre III : Méthodes d'oscultations des chaussées dégradées

pouvant, lorsqu'elles sont excessives, provoquer des difficultés de pilotage.

Compte tenu de la dispersion des caractéristiques vibratoires des avions existants, les mêmes défauts d'uni peuvent, suivant le type d'avion, être ou non tolérés ou provoquer des réclamations de la part des pilotes, Outre la gêne pour la lisibilité des instruments de bord et l'inconfort du pilote, que provoquent ces vibrations et accélérations excessives dans la cabine, les principales difficultés de pilotage, résultant du roulage à grande vitesse d'un avion sur une piste présentant un mauvais uni, peuvent également être :

- l'apparition de mouvements de grande amplitude en pompage ou tangage de l'avion sur ses atterrisseurs, allant, dans certains cas, jusqu'à amener les amortisseurs en butée et pouvant par suite être dangereux pour le contrôle de l'avion,
 - la mise en résonance d'un ou plusieurs atterrisseurs qui peuvent, par suite, ne plus être en contact continu avec la piste et générer des difficultés pour le contrôle latéral de l'avion ainsi qu'une perte d'efficacité du système de freinage.
- **Sur la chaussée elle-même**, le roulage à grande vitesse des avions sur certains défauts d'uni provoque localement des efforts dynamiques tendant à accentuer les dits défauts, voire même à entraîner un processus de dégradation.

Les fréquences de résonance provoquées dans la cabine de pilotage sont directement liées à la répartition aléatoire du défaut d'uni par rapport au profil théorique de la piste.

Basé sur ce principe, l'analyseur de profil en long (A.P.L.), mis au point par les Laboratoires des Ponts et Chaussées permet, selon la vitesse constante à laquelle il est tracté (72, 108 et 144 km/h), d'attribuer, par tronçon de chaussée, une note de qualité d'uni.

L'A.P.L. utilisé sur les pistes d'aérodrome est constitué par deux éléments de remorque dont le schéma est donné par la figure III.7 et comportant chacun :

- un bras très rigide équipé d'une roue palpeuse,
- un châssis lesté sur lequel est articulé le bras porte roue et s'appuyant sur celui-ci par l'intermédiaire d'un ressort et d'un amortisseur,
- un pendule inertiel servant de référence pour mesurer par capteur les débattements angulaires du bras porte roue,

Chapitre III : Méthodes d'oscultations des chaussées dégradées

- une roue dentée, montée sur la roue palpeuse, fournissant des impulsions électriques et permet -tant l'enregistrement des distances parcourues.

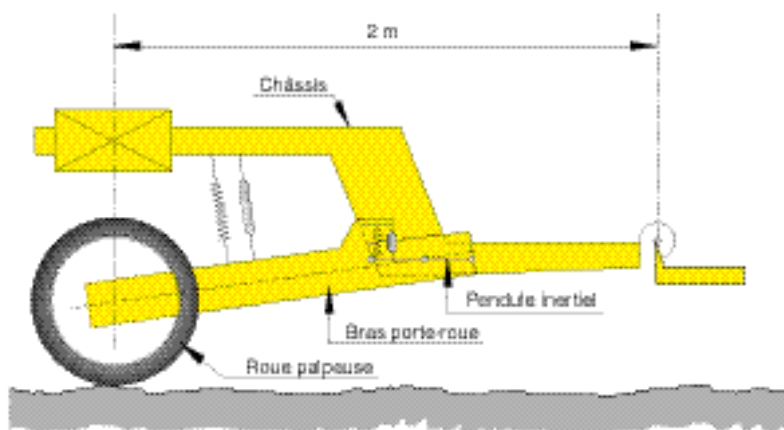


Figure III.7 : principe de l'analyseur de profil en long

Le signal relevé par chaque élément de remorque caractérise le profil en long parcouru pour la gamme de longueurs d'onde considérée. Il fait l'objet, aujourd'hui en mode embarqué, d'un traitement automatique destiné à attribuer une note au profil du tronçon évalué. Cette notation s'effectue de 1 à 10, les notes 1 et 10 correspondant respectivement à un uni très mauvais et très bon pour la bande des longueurs d'onde prise en compte.

Parallèlement à l'analyse automatique du signal, l'A.P.L. fournit une sortie graphique qui, sans pour autant pouvoir être confondue avec lui, donne une image du profil en long permettant de localiser les défauts quantifiés par la notation.

Le contrôle de l'uni d'une piste est nécessaire à la réception de sa réalisation ou de son renforcement. S'il est effectué par nivellement, une tolérance de ± 1 cm vérifiée sur des profils en travers espacés de 10 à 15 m au maximum est généralement acceptable. S'il est effectué à l'A.P.L.-N.B.O. (NF P 98 218 3 et NF P 98 218 4), les caractéristiques minimales d'uni, qui sont définies dans le tableau III.5, s'appliquent pour la couche de roulement dans le cas de la construction d'une piste neuve ou du renforcement d'une piste après remise aux normes du profil.

Le suivi du profil en long fait parti du programme général de suivi des aérodromes. Les défauts de qualité d'uni renseignent, dans une certaine mesure, sur les insuffisances structurelles.

Chapitre III : Méthodes d'oscultations des chaussées dégradées

Avant de choisir une solution de rénovation de piste, il convient d'en étudier l'uni du profil en long au moyen de l'A.P.L. Si un reprofilage s'avérait nécessaire, il y aurait lieu de mettre en œuvre une (voire deux) couche(s) d'enrobés avec un guidage au fil ou laser (la seconde pouvant l'être « à vis calées »).

Tableau III.5 : les caractéristiques minimales d'uni

<i>Longueurs d'onde</i>	<i>Résultats enregistrés sur tronçons de 200 m</i>	
	<i>Note minimale</i>	<i>Pourcentage de tronçon présentant la note minimale</i>
<i>Petites ondes (0,7 m à 2,82 m)</i>	6	90
	3	100
<i>Moyennes ondes (2,82 m à 11,31 m)</i>	6	90
	4	100
<i>Grandes ondes (11,31 m à 45,24 m)</i>	9	90
	6	100

III.7.2 Contrôle de l'adhérence

La surface d'une piste revêtue sera traitée à l'origine, ou à l'occasion de sa rénovation, de manière à ce que son coefficient de frottement soit suffisant lorsque la chaussée est mouillée. Diminuant en effet lorsque la chaussée est mouillée, l'adhérence à la piste des pneumatiques d'un avion est essentielle pour :

- ✓ *le freinage à l'atterrissage ou en cas de décollage interrompu,*
- ✓ *la mise en rotation des roues à l'impact à l'atterrissage,*
- ✓ *le contrôle au roulage de la direction, notamment en présence de vents traversiers, en cas de fonctionnement asymétrique des moteurs (aussi bien au décollage qu'à l'atterrissage avec la poussée des moteurs inversée) ou encore à l'amorce d'une sortie rapide de piste.*

Bien que le principe d'adhérence pneu - chaussée s'apparente à celui pris en considération dans le domaine routier, les particularités aéronautiques proviennent principalement de :

- ✓ *la vitesse élevée à l'atterrissage et au décollage (280 km/h et même plus de 300 km/h pour certains types d'appareils),*
- ✓ *l'importance de la masse déplacée,*
- ✓ *l'absence de sculpture* (rainures circulaires seulement) et la pression élevée des pneumatiques.*

Chapitre III : Méthodes d'oscultations des chaussées dégradées

L'importance du phénomène conduit à s'arrêter quelque peu ci-après sur les causes de la glissance sur chaussée avant d'en aborder la mesure.

L'adhérence d'une chaussée sèche et propre est en général toujours convenable. Elle diminue et peut devenir insuffisante en présence d'eau, de neige ou de glace. Une glissance excessive peut également provenir de la présence de mousse, de micro-organismes, de boue, de gomme ou de certaines peintures. Sur une piste couverte de neige ou de glace, elle dépend peu des caractéristiques du revêtement. La glissance due à la présence d'eau doit être prise en considération lors de la construction et de l'entretien des chaussées

La glissance sur chaussée mouillée, mais non polluée, dépend de nombreux facteurs, à savoir :

- ✓ *la vitesse de l'avion,*
- ✓ *la forme, la structure et la pression du pneumatique,*
- ✓ *la composition, la température et la nature du caoutchouc ou de la gomme,*
- ✓ *l'épaisseur du film d'eau sur la chaussée,*
- ✓ *la nature des granulats et du liant du revêtement.*

La mesure qui permet le mieux d'apprécier l'adhérence des avions sur une chaussée dans des conditions données est celle du **coefficient de frottement longitudinal**. En effet le freinage est, en théorie, rectiligne et un bon coefficient de frottement longitudinal n'a aucune raison d'être accompagné d'un très mauvais coefficient transversal.

III.7.3 Évaluation de la portance

La portance d'une chaussée peut être exprimée :

par les valeurs des charges admissibles descendues par les différents types d'atterrisseurs (roue simple isolée, jumelage et boggie) à raison de 10 applications par jour pendant 10 ans, par l'indication du P.C.N

III.8 le radar géologique

C'est un moyen complémentaire non destructif permettant de déterminer en lecture continue (Figure III.8) :

- ✓ les épaisseurs des couches de matériaux constituant le corps de chaussée,
- ✓ les désordres pouvant affecter celles-ci et leur sol support.

Chapitre III : Méthodes d'auscultations des chaussées dégradées



Figure III.8 : le radar géologique

Les impulsions électromagnétiques envoyées par le radar se propagent, en s'atténuant, dans la structure auscultée et se réfléchissent partiellement sur les interfaces

Chapitre III : Méthodes d'auscultations des chaussées dégradées

entre couches du fait du contraste de leurs constantes diélectriques. Calé par quelques carottages, le traitement des échos reçus en retour permet de tracer la coupe de la chaussée selon l'axe d'auscultation.

L'espacement entre axes d'auscultation sera choisi de manière à obtenir la meilleure visualisation de la répartition des anomalies et de la dispersion latérale des épaisseurs de matériaux. Un intervalle régulier (5 m par exemple) sera généralement retenu.

Dépendant essentiellement de la fonction de l'aire considérée, le nombre des axes d'auscultation sera généralement de :

- ✓ 1 à 3 pour une bretelle ou une voie de relation,
- ✓ 2 à 5 pour une piste,
- ✓ 1 profil longitudinal tous les 20 m pour une aire de stationnement.

Avant toute décision d'emploi d'un radar géologique, il faut que :

- ✓ le signal radar traverse très mal ou pas du tout les couches contenant des éléments métalliques (laitier, mâchefer,...),
- ✓ la différenciation de deux couches successives traitées au bitume n'est généralement pas possible, sauf discontinuité marquée par l'interface,
- ✓ la présence d'eau réduit la profondeur d'investigation mais accroît les contrastes diélectriques entre couches traversées.

Il existe une méthode d'auscultation pour les chaussées souples, qui se fait à l'aide du HWD. Le HWD est le descendant du déflectomètre à boulet [Bretonnière, 1963].

III.9 Principes généraux de l'auscultation au HWD

Le HWD (Heavy Weight Deflectometer) est un appareil d'auscultation non destructive des chaussées aéronautiques permettant d'engendrer, par un système de masse tombante, un chargement de type impulsionnel à la surface de la chaussée, afin de simuler le passage d'une charge. La réponse de la chaussée à cette sollicitation (déflexions surfaciques) est mesurée au moyen de géophones³ placés sur une barre de mesure tandis qu'un capteur d'effort intégré à la plaque de chargement permet de suivre l'effort appliqué sur la chaussée au cours de l'essai (Figure III.9).

Chapitre III : Méthodes d'auscultations des chaussées dégradées

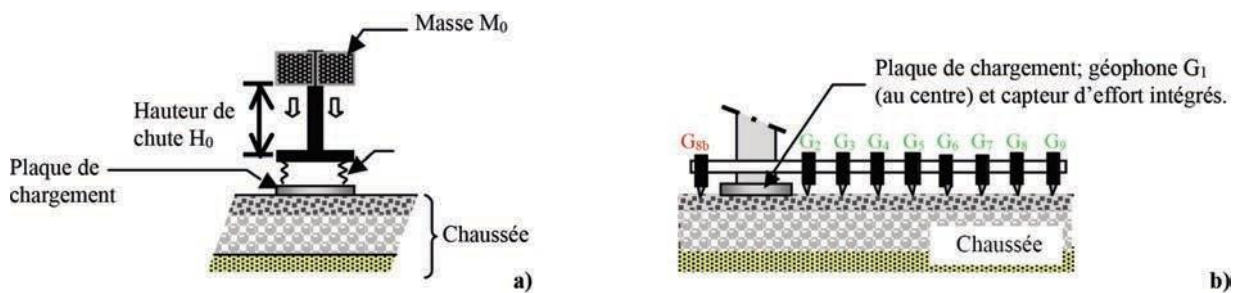


Figure III.9 : Principe de fonctionnement du HWD; exemple d'un HWD à 9 géophones en configuration « chaussée souple ».

Le HWD permet d'ausculter les deux grands types de structures existants : les chaussées souples et rigides. Les géophones sont disposés (Figure III.10), dans le cas des chaussées souples, sur une barre de mesure à l'avant de l'appareil dite « barre de mesure principale ».

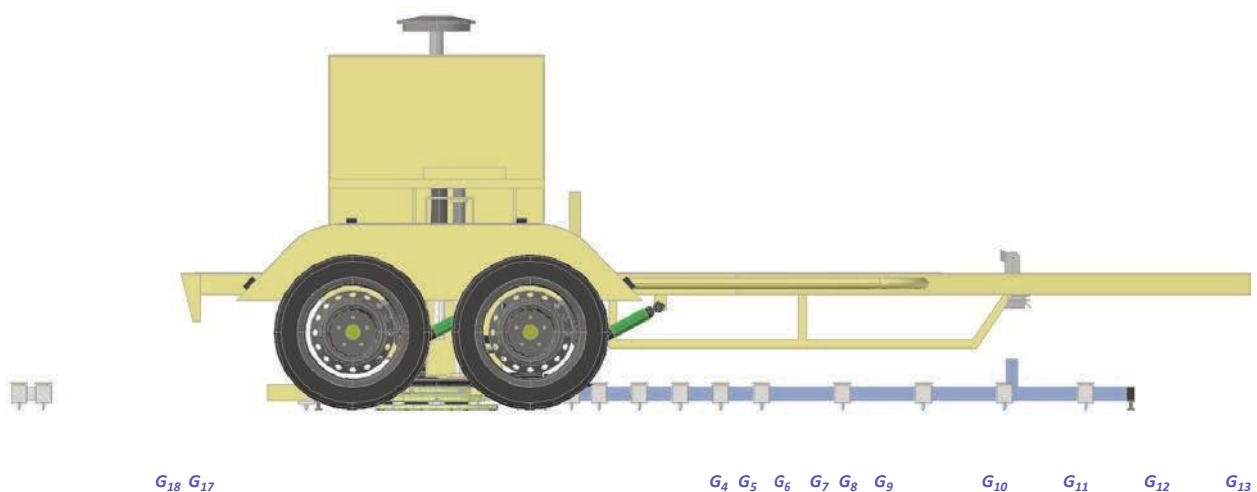


Figure III.10 : Configuration de l'appareil ; exemple d'un HWD à 18 géophones.

III.9 conclusion

Le diagnostic et l'analyse des données relevées par les différents méthodes d'auscultations, permettent de déterminer les causes les plus probables des

Chapitre III : Méthodes d'oscultations des chaussées dégradées

dégradations dans les différents types de chaussées. Il convient, avant toute autre considération, de faire observer qu'il ne peut y avoir de gestion efficace des chaussées aéronautiques sans un suivi régulier et rigoureux de leur état de surface et de leur structure.

Une auscultation des chaussées aéronautiques est nécessaire dans les cas suivant :

- ✓ pour réactualiser les charges admissibles,
- ✓ définir des travaux de renforcements ou d'allongement (portance, uni)
- ✓ contrôler la qualité d'un chantier,
- ✓ si une compagnie aérienne souhaite mettre en service un avion plus contraignant (portance),
- ✓ si les chaussées présentent des signes de fatigue,
- ✓ si le climat les a soumises à de rudes épreuves.....

CHAPITRE IV

Chapitre IV : Entretien des chaussées aéronautiques

IV.1 Introduction

L'entretien se définit comme étant un ensemble d'interventions courantes qui permettent de maintenir les chaussées en état de service, sans volonté d'améliorer les qualités structurelles de celles-ci. Ces interventions se distinguent en cela des travaux de réfection et de renforcement qui sont, par suite, traités ici de manière distincte. L'entretien peut avoir séparément ou à la fois pour objectifs :

- ❖ Celui préventif tendant à ralentir le processus de dégradation de la chaussée et à retarder le recours à des techniques plus lourdes de réfection,
- ❖ Celui curatif visant à redonner à la chaussée des caractéristiques fonctionnelles suffisantes.

IV.2 Différents types d'entretiens

L'entretien général des chaussées aéronautiques recouvre principalement :

- ❖ Les opérations de balayage,
- ❖ Les opérations de dégommage
- ❖ Les opérations d'entretien des marques de balisage.

IV.2.1 Entretien des chaussées souples

Les opérations d'entretien s'adressant spécifiquement aux chaussées souples peuvent avoir un caractère ponctuel ou généralisé.

Par opérations d'entretien ponctuel, on entend essentiellement :

- les reprises ponctuelles du revêtement,
- le colmatage de fissures.

Les opérations d'entretien généralisé supposent par contre la mise en œuvre de matériaux sur tout ou large partie de la surface d'une aire aéronautique à savoir :

- la mise en œuvre de coulis ou d'enduits superficiels,
- celle d'enrobés en couche mince.

Courantes sur chaussées routières, ces opérations seront adaptées aux conditions aéronautiques et utilisées avec précaution. Certaines sont à réserver aux aérodromes d'aviation légère

Chapitre IV : Entretien des chaussées aéronautiques

VI.2.1.1 Reprises ponctuelles du revêtement

Les reprises ponctuelles du revêtement sont nécessaires pour réparer des dégradations localisées de la chaussée. Ces dégradations pouvant affecter la chaussée sur une profondeur dépassant celle de la couche de roulement, leur nature conditionnera le traitement des couches affectées.

Les reprises localisées de revêtements en enrobés seront effectuées avec les précautions habituelles nécessaires à une bonne tenue de la réparation, à savoir :

- délimitation de l'aire à traiter incluant la dégradation de manière suffisamment large pour permettre le compactage ultérieur des matériaux d'apport,
- découpage à bords francs de la zone défectueuse sur une profondeur à estimer en fonction de la dégradation,
- purge des différentes couches de chaussée concernées,
- mise en œuvre des matériaux d'apport correspondant aux différentes couches traitées,
- interposition, selon la nature de la couche atteinte, de couches d'accrochage ou d'imprégnation,
- compactage et réglage soigné des différentes couches d'apport,
- traitement du joint créé par la réparation.

VI.2.1.2 Colmatage des fissures

Le traitement des fissures est une opération d'entretien très courante en raison de la fréquence de la fissuration des chaussées en béton bitumineux résultant elle-même de causes aussi nombreuses que variées : charges répétitives localisées, fluage latéral par défaut de compactage, ouvertures des joints entre passes de finisseur, vieillissement de chaussées peu utilisées, remontées de fissures dues à des joints de dalles sous-jacentes ou à une couche de base traitée aux liants hydrauliques,...

Ayant pour principal objectif celui d'améliorer l'étanchéité de la surface de la chaussée mais aussi celui de prévenir le décollement de plaques d'enrobés sous l'effet du souffle des réacteurs, le colmatage des fissures peut être réalisé selon trois procédés, à savoir :

- 1 - par **pénétration gravitaire d'un liant fluide** : concevable pour des fissures peu ouvertes et pré-sentant, par suite, un degré de gravité faible
- 2 - par **garnissage au mastic bitumineux après ouverture mécanique de la fissure** :

Chapitre IV : Entretien des chaussées aéronautiques

cette technique est lourde et ne peut s'appliquer qu'à des fissures localisées et présentant une forme sensiblement rectiligne.

3 - par **pontage des fissures** : adaptée au traitement des fissures de formes diverses et de longueur importante.

VI.2.1.3 Coulis bitumineux et enrobés coulés à froid

La mise en œuvre de coulis bitumineux ou d'enrobés coulés à froid (E.C.F.) permet de rétablir l'étanchéité et la rugosité de surface. La durée de vie de ces traitements reste limitée.

L'utilisation de ces techniques sera limitée :

- aux aires de stationnement et aux voies de circulation des aérodromes ne recevant que des avions légers,
- aux accotements et voies peu circulées.

VI.2.1.4 Enduits superficiels

La mise en œuvre d'enduits superficiels (norme NF P 98 160) permet également de rétablir l'étanchéité de surface ou de redonner des caractéristiques de rugosité satisfaisantes à la chaussée.

L'utilisation de cette technique sera toutefois limitée aux aérodromes ne recevant que des avions légers.

IV.2. 2. Entretien des chaussées rigides

Plutôt que d'avoir à les réparer, il est naturellement préférable d'éviter que ne se produisent des dégradations. Cette attention préventive portera essentiellement sur la qualité des joints et sur le phénomène de battements de dalles.

VI .3 Conclusion

Sans entretien, les dégradations des chaussées aéronautiques vont se multiplier et perdre leur caractère ponctuel pour s'étendre sur des zones de plus en plus grandes et atteindre en certains points le niveau de gravité élevé. L'entretien des chaussées permet de maintenir la chaussée en bon état tout au long de sa durée de vie ralentissant ainsi le processus de dégradation et éviter les cas d'accidents.

Chapitre IV : Entretien des chaussées aéronautiques

Pour que les travaux d'entretien des chaussées puissent se faire au bon endroit, au bon moment, avec la meilleure méthode et conformément aux règles de l'art, il est important de suivre certaines étapes clés pour arriver à un bon résultat.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les chaussées aéronautiques doivent présenter des qualités d'usage identiques à celles des chaussées routières mais elles supportent des sollicitations très variables tant en intensité qu'en nombre (selon les zones de circulation et de manœuvre, et selon l'importance des aérodromes). Cette différence de conception se traduit principalement par un choix différent des caractéristiques des constituants et de formulation, ainsi que par une adaptation des modalités de mise en œuvre et de contrôle.

Les évaluations de la chaussée sont basées sur une série de mesures et d'observations visuelles, qui permettent la détermination des conditions structurelles et le diagnostic des causes visiblement dégradé et visant la solution de restauration la plus adaptée. Lorsqu'il s'agit de mesures telles que la géométrie de la chaussée ou les propriétés physiques, il est plus facile d'établir des normes comme base d'évaluation et de réparation. Lorsqu'il s'agit d'observations destinées à caractériser la dégradation de la surface et l'état des routes, l'établissement d'un tel standard devient plus difficile

Pour pallier cette difficulté, il est nécessaire de caractériser formellement les imperfections de surface des chaussées et de les identifier en utilisant un guide qui est accessible aux acteurs de cette activité, le guide utilise une série de photographies et de croquis et permet de caractériser les imperfections de surface des chaussées dégradation de la surface pour obtenir une méthode et mesurer son étendue et sa gravité de manière objective, cohérente et coordonnée, conformément aux procédures les plus courantes actuellement.

Tout est conçu pour améliorer la communication et faciliter les comparaisons en standardisant les types de mesure de dénomination et de dégradation.

Bibliographie

Bibliographie

- Guide technique pour l'entretien préventif du réseau routier national Répertoire des dégradations
- Instruction sur le dimensionnement des chaussées d'aérodromes et la détermination des charges admissibles DGAC/SBA/STAC
- Catalogue des dégradations de surface des chaussées OCDE - Décembre 1984
- Catalogue des dégradations
- DCIA – STBA, décembre 1984.
- “ L’indice de service : une voie nouvelle vers l’entretien rationnel des chaussées aéronautiques ”
- Revue générale des routes et des aérodromes, décembre 1986
- Instruction technique sur les aérodromes civils
- STBA, juin 1999
- [Bretonnière, 1963] BRETONNIERE S. “Étude d’un déflectomètre à boulet” - Bulletin de liaison des laboratoires des Ponts et Chaussées n°2, 1963.