# RÉDUCTION DES FISSURES DANS LES PISTES AEROPORTUAIRES PAR APPLICATION DES GEOGRILLES

Abdessemed M.[1] and Kenai S.[1]

[1]Université de Blida1, Laboratoire Géomatériaux, Département de Génie Civil, U.Blida1 abdesmoul@yahoo.fr
[2]Université de Blida1, Laboratoire Géomatériaux, Département Génie Civil, U.Blida1, sdkenai@yahoo.fr

**Résumé :** Le nombre d'infrastructures linéaires (routes, autoroutes, aérodromes) est très consistant sur le territoire Algérien, répartis à travers toutes les wilayas (provinces). Au cours du temps, ces infrastructures sont assujetties à des chargements cycliques et parfois excessifs durant leur exploitation (stagnations des eaux, ensablement, attaques acridiennes, inondations, gel et verglas, …..), en plus des conditions environnementales, ces infrastructures subissent des sollicitations engendrant des pertes de caractéristiques structurelles des chaussées [1]. Ce qui donne lieu à des fissurations qui sont très répandues dans les pistes souples et plus particulièrement dans les zones caractérisées par des gradients thermiques élevés (zones secs, chaudes et désertiques). C'est pourquoi, les recherches se sont penchées ces dernières décennies vers des solutions alternatives qui peuvent, par leur application, réduire ou même éliminer ce phénomène. Parmi ces solutions, l'insertion des nappes de géogrille dans le corps de chaussée de la piste dégradée, couche de roulement ou de grave bitume [2]. Nous montrons dans ce papier, les résultats d'une étude menée sur des pistes d'aérodromes en Algérie, avant et après son renforcement par géogrille. Des résultats expérimentaux obtenus sur site seront discutés. Il s'est avéré que la géogrille, en plus de son rôle de séparation, a redonné de la portance à la piste renforcée et a réduit les contraintes et déformations au niveau de son corps de chaussée.

**Mots-clés :** Réduction, piste, fissuration, géogrille, renforcement, numérique, expérimental.

## 1. Introduction

Bien que, les maîtres d'ouvrage suivent régulièrement, l'état des pistes et des routes et ce, par des entretiens courants et/ou des réparations d'urgence et locales, des experts dans le domaine sont exigés pour offrir des solutions adéquates, selon le type de dégradations, la propagation des fissures, la fatigue des matériaux, afin d'assurer la sécurité de ces infrastructures et restaurer leurs propriétés mécaniques originales (portance, uni longitudinal, adhérence) efficacement, voire les améliorer. Plusieurs techniques de renforcement furent appliquées dans les pistes souples exploitées par les charges mobiles (routes) ou aéronefs (aérodromes) durant les vingt dernières années ; en plus de la technique traditionnelle basée sur l'application du béton bitumineux en couche de roulement, l'application des bitumes avec ajout de produits ou les bitumes à modules élevés (BME) peuvent améliorer considérablement les caractéristiques mécaniques des chaussées, cependant pour le renforcement et la mise à niveau des chaussées souples vétustes, dégradées, fissurées ou même en état de pertes de leurs caractéristiques mécaniques, l'application des géosynthétitiques semblent devenir une solution alternative plus performante [3].

Les matières geosynthétiques les plus répandues pour ce genre d'application sont des geogrilles qui, selon la grille (matière constituante), la forme de la maille, les dimensions, la rigidité et leur emplacement dans le corps de la structure de chaussée, sont capables d'augmenter la résistance à la fatigue, réduire les dégradations dans le temps, absorber la propagation des fissures et redonner la portance à la structure. Des recherches récentes ont mis en évidence l'influence de ces paramètres à travers des travaux de laboratoire et des campagnes in situ par des essais non destructifs, surtout dans le domaine des routes. En effet, la place de la géogrille dans la structure de la chaussée souple est un des sujets les plus largement débattus ces trois dernières décennies [4] en raison des effets importants qu'elle produit lors de son insertion dans le corps de chaussée et particulièrement de route.

Nous proposons dans ce papier, de montrer les résultats d'une étude menée sur des pistes d'aérodromes en Algérie, avant et après son renforcement par géogrille, afin de réduire (voire éliminer) l'effet des fissures ascendantes dues aux charges d'exploitation, ou ascendantes dues aux gradients thermiques élevés, aux surfaces de la piste souple d'aérodrome (Figure 1). Des investigations in situ a permit d'avoir des résultats expérimentaux. Il s'est avéré que la géogrille, en plus de son rôle de séparation, a redonné de la portance à la piste renforcée et a réduit les contraintes et déformations au niveau de son corps de chaussée. En détail, nous allons présenter un des cas d'études, très important dans le sens de discussion de l'emplacement optimal de la nappe géosynthétique et les résultats obtenus.

Figure 1 : Fissures très répandues à al surface d'une piste d'aérodrome

## 2. Cas d'étude

### 2.1 Caractéristiques géométriques et géotechniques

L'aérodrome en question n'est autre que la piste principale de l'aérodrome d'Adrar (Cheikh Belkebir) situé à une altitude de 280 par rapport au niveau de la mer et la température dominante est de 40 à 45°C, avec un climat sec. Construit en 1983, cet aérodrome a subit des renforcements sur l'ensemble de ses infrastructures en 1994. Il est de classe international et de statut civil, destiné aux mouvements des aéronefs civils et parfois militaires. Cette infrastructure a subit plusieurs travaux d'entretien, colmatage des fissures superficielles et de modernisation.

Caractéristiques géométriques :

- Longueur chaussée: 3000m
- Orientation 04/22
- Largeur chaussée: 45m
- Largeur accotements : (7.5 +7.5) m
- Avion critique : B727

Caractéristiques géotechniques :

- Corps de chaussée : souple/asphalte
- Couche de roulement : Béton bitumineux (épaisseur 6cm)
- Couche de base : Arène-granitique (épaisseur 20cm)
- Couche de fondation : Arène-granitique (épaisseur 25cm)
- Terrain naturel : Sable graveleux
- CBR : 15

### 2.2. Etats des dégradations et diagnostics

Les dégradations sont visibles sur la totalité de la piste d'envol et ses annexes. Elles sont constituées de fissures longitudinales les bandes centrales de la piste. Ces fissures sont probablement dues à des gradients de températures avoisinant 30 à 40 degrés en périodes chaudes. Par ailleurs, des fissures transversales situées en début de piste (pk 0+610) à la bande 5 ont été constatées (Figure 2).

Figure 2 : Fissures transversales au niveau de la chaussée

En plus du nombre élevé de mouvements d'avions, de l'ordre de 450 rotations, effectués annuellement par les aéronefs B737.800, B737.600, Airbus 321 et Hercule C130, l'effet de la température a une grande influence sur le comportement des chaussées réalisées en matériaux hydrocarbonés. En effet, le phénomène retrait/dilatation induit l'ouverture des fissures impliquant d'importantes forces de traction. Pour remédier à ce phénomène, plusieurs

solutions sont avancées, telles que : le renforcement traditionnel de la piste, par scarification de la couche de roulement existante en béton bitumineux (BB) et son remplacement par un rechargement d'une épaisseur de 6cm. La deuxième solution, qui semble une solution alternative, consiste à poser la géogrille, comme tissu séparateur, dans le corps de chaussée (au niveau de la couche de roulement BB, entre la couche BB et grave bitume (GB), ou avant la pose de la couche du GB.

### 2.3. Renforcement de la piste

Devant l'avantage que présente la solution alternative, par rapport aux autres solutions (rechargement simple par bitume, BME, Bitume aux additifs, …..), pour l'arrêt de propagation des fissures, cette dernière a été préconisée en proposant d'intercaler la géogrille entre le béton bitumineux et la grave bitume. Les étapes de renforcement de cette infrastructure sont :

- Identification de toutes les fissures et choix de la méthodologie d'intervention ;
- Scarification de 6cm de la couche de roulement existante en béton bitumineux ;
- Colmatage des fissures apparentes après décapage de la couche dégradée ;
- Application d'une couche d'accrochage en asphalte ;
- Emplacement de la géogrille sur la partie centrale de la piste (3000×30) mètres (Figure 3) ;
- Passage d'engins à pneus larges sur toute la nappe étalée afin d'épuiser les volumes d'air existants;
- Application soigneuse des couches de béton bitumineux jusqu'à l'épaisseur préconisée.
- Travaux de finition.

Figure 3 : Emplacement de la nappe géogrille et passage d'engins

La composition pour choix des caractéristiques du bitume adéquat et la sélection de la géogrille qui répondra aux besoins de la problématique posée, ainsi que le comportement des matériaux utilisés sont illustrés dans le tableau 1 ci-après.

Tableau 1. Caractéristiques mécaniques des matériaux utilisés :

| Matériau utilisé | Epaisseur (mm) | Module E (MPa) | Densité (kN/m3) | Module G (MPa) | Cohésion (kPa) | Coef. Poisson | Angle frottement |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Couche/BB (0/14) | 102 | 5400 | 24 | 1176 | / | 0.35 | - |
| Couche/GB(0/20) | 300 | 260 | 24.7 | - | 20 | 0.38 | 43 |
| Couche/fondation | 300 | 120 | 18 | - | 20 | 0.48 | 44 |
| Sol support | 1000 | 50 | 16 | - | 8 | 0.40 | 36 |
| Nappe géogrille | 1 | 629.3 | 11 | - | - | 0.3 | - |

## 3. Analyse expérimentale

### 3.1 Essais non destructifs par HWD

Pour la détermination de la portance des chaussées aéroportuaires, le Heavy Weight Deflectometer (HWD) est devenu aujourd'hui l'appareil de référence international. Il est composé d'une masse tombante qui engendre à la surface de la chaussée, par l'intermédiaire d'une plaque rigide et d'un système d'amortissement, un chargement de type impulsionnel, destiné à simuler le passage d'une roue d'avion. Les déflexions engendrées sont mesurées pendant la période de chargement, au moyen de géophones disposés sous et aux abords de la plaque [5]. L'analyse de ces déflexions permet de déterminer les propriétés structurelles des différentes couches de chaussée au moyen d'une procédure d'identification numérique appelée 'calcul inverse', qui consiste à choisir un modèle mécanique pour décrire le comportement de la chaussée sous chargement d'une part, et d'identifier les paramètres du modèle permettant le meilleur calage entre les données numériques et expérimentales, d'autre part [6]. Les méthodes usuelles d'exploitation des données sont basées, pour les chaussées souples, sur l'utilisation de modèles élastiques multicouches statiques. Les seuls paramètres structuraux à identifier sont les rigidités des différentes couches constitutives (Figure 4).

Figure 4 : Véhicule de mesure par HWD

Les essais de déflexions ont été réalisés sur une longueur de 22.5 m, tout le long de la piste de l'aérodrome, suivant un plan de répartition, où les profils 'au nombre de six (06) se trouvent à 3.5m, 6m et 15 mètres de part et d'autre de l'axe de la piste d'atterrissage [7].

### 3.2 Résultats des mesures des déflexions

L'objectif de la comparaison des valeurs des déflexions, avant et après le renforcement de la piste par géogrille, est de suivre l'évolution de la portance de la chaussée par la mesure des contraintes et des déformations et d'apprécier le comportement mécanique de cette chaussée. L'influence de l'insertion de la géogrille en tant que composite séparateur sur l'état du corps de chaussée est examinée. Les digrammes donnant les valeurs les plus défavorables sont présentés aux figures 5 et 6.

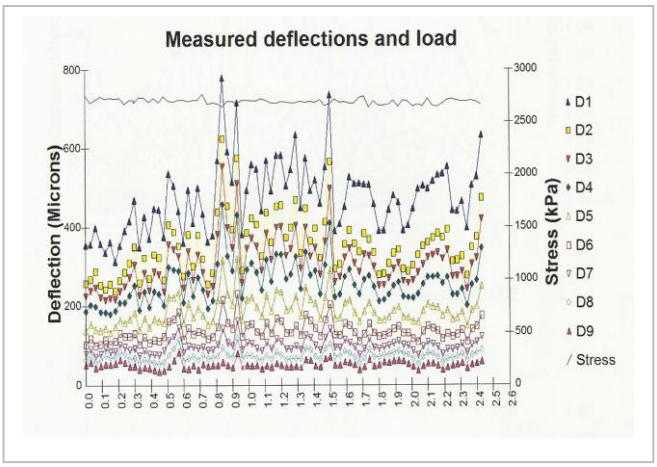


Figure 5 : Mesure Contrainte-déformation avant renforcement

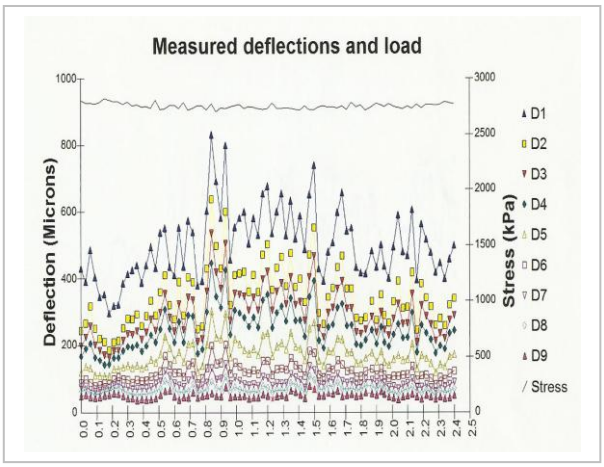


Figure 6 : Mesure Contrainte-déformation après renforcement

En commentant les valeurs trouvées, il s'est avéré qu'il ya une uniformité relative des déflexions sur l'ensemble de la piste. Les moyens de mesure de ces déflexions donnent des valeurs critiques qui sont de l'ordre de 690µm avant renforcement et 585µm après renforcement (cas défavorable 6m à gauche de l'axe de la chaussée), soit une réduction de 31.5%. La géogrille a réduit les déformations au niveau de la couche de roulement. Concernant les contraintes, le pic (à 3.5m de l'axe à gauche) se situe à 2800kPa (avant renforcement) et 2550kPa (après renforcement), soit une réduction de 12%. Pour le pic (à 6m à gauche de l'axe), il est de 2850kPa (avant renforcement) et 2280kPa (après renforcement), soit une réduction de 20%.

### 4. Conclusion et recommandations

Le choix d'une technique efficience pour la réduction de la propagation des fissures aux niveaux des couches de roulement d'une piste aéroportuaire a été proposé. Parmi ces solutions, l'insertion de la nappe géogrille. L'étude du comportement d'une piste souple pour exploitation d'aéronefs, avant et après, son renforcement par cette nappe, par essais non destructifs par HWD, nous a permit de tirer les conclusions suivantes :

- L'application par insertion d'une nappe de géogrille, peut contribuer à la réduction de l'apparition des fissures sur la couche de roulement d'une piste d'aérodrome.

- La position optimale adoptée, pour l'insertion de la géogrille, contribue à l'amélioration des contraintes et déformations et par conséquent réduire le dimensionnement et retarder la propagation des fissures descendantes.

- Les essais non destructifs par HWD sont très bénéfiques pour suivre le comportement d'une infrastructure linéaire dans le temps.

- Des réductions de l'ordre de 31% en déformations et 20% en contraintes ont été observés après insertion de la géogrille.

- Il est recommandé de modéliser une chaussée aéroportuaire renforcée par une méthode numérique, avec un choix adéquat d'un modèle mathématique et d'en tirer les renseignements nécessaires.

- Il est préférable de lancer un travail de modélisation avec charges cycliques (étude dynamique), pour comparer les résultats trouvés par l'essai de HWD.

- D'autres techniques d'essais in situ sont recommandées, comme la méthode de mesures par vibrations ambiantes, afin d'avoir un aperçu global du comportement de la piste en mesurant les modes et fréquences propres de vibration.

## Références

[1] Ministère des Travaux Publics, Direction des Infrastructures Aéroportuaires (2011), Atlas Aéroportuaire, Recueil de données techniques relatives au patrimoine aéroportuaire, Version zéro. Algérie.

[2] M. Abdesssemed, S. Kenaiand and A. Bali, Experimental and numerical analysis of the behavior of an airport pavement reinforced by geogrids, Journal : Construction and Building Materials 94 (2015) 547–554.

[3] Ferrotti G., Canestrari F. and al. (2011), A strategic laboratory approach for the performance investigation of geogrids in flexible pavements, Journal of Construction and Building Materials, Volume 25, Issue 5, pp 2343–2348.

[4] Siriwardane H. and al. (2010), Analysis of Flexible Pavements Reinforced with Geogrids, Journal Geotechnic Geology and Engineering V.28, pp 287–297.

[5] Broutin M. (2010), Évaluation des chaussées souples aéroportuaires à l'aide du déflectomètre à masse tombante (HWD), Thèse de Doctorat, Ecole des Ponts, Paris Tech, LCPC, Paris, France.

[6] Nazzal M.D and al. (2007), Laboratory characterization of reinforced crushed Limestone under monotonic and cyclic Loading, Journal of Materials in Civil Engineering, Volume 19, Issue 9, 72, 772-783, September 2007.

[7] Laboratoire des travaux publics du Sud, LPSud (2010), Rapport de synthèse finale de la première tranche du suivi de comportement de la géogrille de la piste secondaire de Djanet, Dossier 60/09, Ouargla, Algérie.