

COMPORTEMENT D'UNE PISTE AÉROPORTUAIRE RENFORCÉE PAR GÉOGRILLE

BEHAVIOUR OF AN AIRPORT PAVEMENT REINFORCED BY GEO-GRID

Mouloud ABDESSEMED, Said KENAI
Université de Blida 1, Blida, Algérie

RÉSUMÉ – Le renforcement d'une piste dégradée par application de géogrille au niveau des couches de son corps de chaussée demeure une solution alternative pour la sauvegarde et la durabilité de l'infrastructure aéroportuaire, car elle permet de retarder la propagation des fissures, surtout dans les pistes des zones à haut gradient thermique. Nous proposons dans cette communication les résultats d'une étude menée sur une piste d'aérodrome 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 de la piste.

Mots-clés : piste, géogrille, renforcement, expérimentation.

ABSTRACT – The reinforcement of a damaged runway by the application of geogrid is an alternative solution for the durability of airport infrastructures, because it permits the delay of cracks propagation especially for runways with high thermal gradient. In this paper, the results of a survey on a runway in the south of Algeria before and after strengthening with geogrids are presented. Experimental results are also discussed. These results show that in addition to its role as a separator, geogrids reinstate to the runway its strength and reduced stresses and deformation.

Keywords: runway, geogrid, reinforcement, experiment.

1. Introduction

L'Algérie est dotée d'un nombre très important d'infrastructures linéaires (routes, autoroutes, aérodromes). Au cours du temps, ces infrastructures sont assujetties, en plus des conditions environnementales, à des chargements cycliques durant leur exploitation. Par conséquent elles subissent des sollicitations sévères engendrant des pertes de caractéristiques structurelles des chaussées (Ministère des Travaux Publics, 2011).

Bien que les maîtres d'ouvrage suivent régulièrement l'état des pistes et des routes, avec des entretiens courants et/ou des réparations d'urgence et locales, des travaux d'experts dans le domaine sont nécessaires pour offrir des solutions adéquates, en fonction du type de dégradations constatées (propagation des fissures, fatigue des matériaux) afin d'assurer la sécurité de ces infrastructures et de restaurer efficacement leurs propriétés mécaniques originales (portance, uni longitudinal, adhérence), 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 géosynthétiques semblent devenir une solution alternative plus performante (Ferroti et al., 2011).

Les géosynthétiques les plus répandus pour ce genre d'application sont des géogrilles qui, en fonction de leurs caractéristiques (nature, géométrie et dimension de la maille, rigidité et 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, le positionnement de la géogrille dans la structure de la chaussée souple est un des sujets les plus largement débattus ces trois dernières décennies (Siriwardane et al., 2010) en raison des effets

importants qu'elle produit lors de son insertion dans le corps de chaussée et particulièrement pour les routes.

Nous proposons, dans ce travail, l'étude du comportement de pistes aéroportuaires renforcées par géogrilles, en comparant les déformations et les contraintes aux différentes sections critiques de la piste traitée, et ce avant et après son renforcement.

Une comparaison entre les résultats expérimentaux sera effectuée en considérant un cas d'étude en vraie grandeur. Il s'agira de la piste renforcée de l'aérodrome d'Adrar, se situant au grand sud, à 2400 km du sud-ouest de la capitale Alger.

2. Cas d'étude

2.1 Description et état physique de l'infrastructure

2.1.1 Caractéristiques géométriques et géotechniques

Il s'agit de la piste principale de l'aérodrome Cheikh Belkebir dans la Wilaya d'Adrar, situé à une altitude de 280 m par rapport au niveau de la mer, exposée à une température dominante de 40 à 45°C, et soumise à un climat sec. Construit en 1983, cet aérodrome a fait l'objet de travaux de renforcement sur l'ensemble de ses infrastructures en 1994. Il est de classe internationale et de statut civil, et destiné aux mouvements des avions civils et parfois militaires. Cette infrastructure a subi plusieurs travaux d'entretien, colmatage des fissures superficielles et de modernisation.

Caractéristiques géométriques :

- Longueur de chaussée : 3000 m
- Orientation : 04/22
- Largeur de chaussée : 45 m
- Largeur des accotements : (7,5 + 7,5) m
- Avion critique : B727

Caractéristiques géotechniques :

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

2.1.2 État 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 visibles sur 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) au niveau de la bande 5 ont été constatées (Figure 1).

En plus du nombre élevé de mouvements d'avions, de l'ordre de 450 rotations par an, effectués par les avions 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 de retrait/dilatation induit l'ouverture des fissures impliquant d'importants efforts 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 6 cm. 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 de GB).



Figure 1. Fissures transversales au niveau de la chaussée.

2.2 Renforcement de la piste

Devant l'avantage que présente la solution alternative 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 :

- scarification de 6 cm 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,
- positionnement de la géogrille sur la partie centrale de la piste (3000×30 m²) (Figure 2),
- passage d'engins à pneus larges sur toute la nappe afin d'éliminer les volumes d'air existants,
- application soignée des couches de béton bitumineux jusqu'à l'épaisseur préconisée,
- travaux de finition.



Figure 2. Mise en place de la géogrille

Les caractéristiques et les comportements des matériaux utilisés sont présentés dans le tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques mécaniques des matériaux utilisés.

Matériau utilisé	Épaisseur (mm)	Module E (MPa)	Densité (kN/m ³)	Module G (MPa)	Cohésion (kPa)	Coef. Poisson	Angle de frottement
Couche/Roulement BB (0/14)	102	5400	24	1176	/	0,35	-
Couche/Reprofilage GB(0/20)	300	260	24,7	-	20	0,38	43
Couche de fondation	300	120	18	-	20	0,48	44
Sol support	1000	50	16	-	8	0,40	36
Nappe géogrille (Fibres de verre)	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 impulsif, 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 (Broutin, 2010).

L'analyse de ces déflexions permet de déterminer les propriétés structurales 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 (Nazzari et al., 2007). 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 3).



Figure 3. 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 respectivement à 3,5 m, 6 m et 15 mètres de part et d'autre de l'axe de la piste d'atterrissage (Laboratoire des travaux publics du Sud, 2010).

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 diagrammes donnant les valeurs les plus défavorables sont présentés sur les figures 4 et 5.

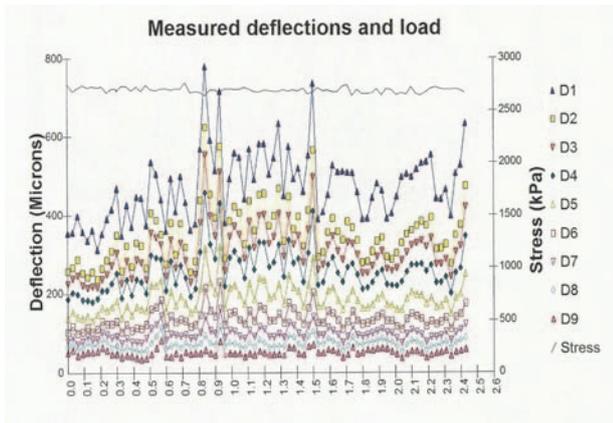


Figure 4. Mesure Contrainte-déformation avant renforcement.

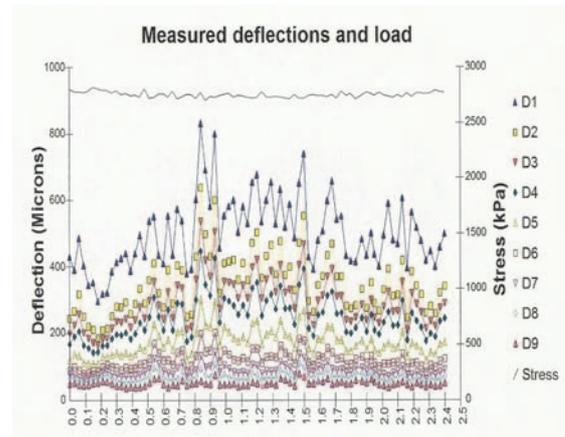


Figure 5. Mesure Contrainte-déformation après renforcement.

La lecture et l'analyse des valeurs trouvées montrent 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 690 µm avant renforcement et 585 µm après renforcement (cas défavorable 6 m 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 2800 kPa (avant renforcement) et 2550 kPa (après renforcement), soit une réduction de 12%. Pour le pic (à 6 m à gauche de l'axe), il est de 2850 kPa (avant renforcement) et 2280 kPa (après renforcement), soit une réduction de 20%.

4. Conclusions

L'étude du comportement d'une piste souple pour exploitation d'aéronefs, avant et après, son renforcement par géogrille par essais non destructifs par HWD, nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

- La position optimale adoptée, pour l'insertion de la géogrille, contribue à l'amélioration des contraintes et déformations et par conséquent à 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 observées après insertion de la géogrille.
- Pour une meilleure analyse des résultats expérimentaux des essais HWD réalisés sur les chaussées aéroportuaires renforcées, Il est recommandé d'utiliser une méthode numérique adéquate (étude dynamique) et d'en tirer les enseignements nécessaires.
- 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.

5. Références bibliographiques

- Broutin M. (2010). Évaluation des chaussées souples aéroportuaires à l'aide du deflectomètre à masse tombante (HWD), *Thèse de Doctorat*, Université Paris-Est Ecole des Ponts, Paris Tech, LCPC, Paris, France.
- Ferrotti G., Canestrari F., Virgili A., Grilli A. (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.
- 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.

- Ministère des Travaux Publics, Direction des Infrastructures Aéroportuaires (2011). Atlas aéroportuaire d'Algérie, *Recueil de données techniques relatives au patrimoine aéroportuaire*, Algérie.
- Nazzal M., Abu-Farsakh M., Mohammad L. (2007). Laboratory characterization of reinforced crushed limestone under monotonic and cyclic Loading, *Journal of Materials in Civil Engineering*, September 2007, Volume 19, Issue 9, 72, pp. 772-783.
- Siriwardane H., Gondle R., Kutuk B. (2010). Analysis of Flexible Pavements Reinforced with Geogrids, *Geotechnical Geological and Engineering*, (28), pp. 287–297.