

Abstract: The purpose of this thesis has been the development of a dimensioning tool for pavement design. In order to better understand their surface degradations (mainly rutting and cracking), a modelling study is carried out. This modelling task has been performed with contact mechanics tools. Particularly, a semi-analytical model has been developed, based on Fast Fourier Transform (FFT) and Conjugate Gradient Method (CGM) algorithms. With view to achieve a more realistic modelling of the tire-pavement contact, the focus has been put on three aspects of the contact problem.

Firstly, the multi-layered aspect of the pavement has been considered. Using the Papkovitch-Neuber potentials, the influence coefficients have been found in the Fourier frequency domain. A numerical inversion using FFT algorithms has allowed to find the influence coefficients in the space domain.

Secondly, the viscoelastic behaviour of asphaltic materials, used in roads construction, has been accounted. To this aim, an Elastic/Viscoelastic correspondence has been proposed. This correspondence imposes to recalculate the influence coefficients at every time step. These additional calculations imply an increase of the computation time; however, the simulations remain straight and fast. In addition, the proposed correspondence is exact in some cases (especially in steady-state regime); and it is an approximation in the other cases where the committed error has been shown to be marginal.

Thirdly, the effects of the tangential overall forces have been integrated to the rolling contact. The goal is that the present tool can be able to simulate acceleration, braking, turnaround, etc. cases where tangential forces and/or moment are applied on the wheel in addition to the normal force (which is generally the weight of the car or truck). This tractive rolling contact has been solved between elastically dissimilar bodies submitted not only to tangential forces but also to a spinning moment.

All these aspects, introduced together in the model, have allowed to perform various parametric analyses for a better grasp of their influence on general contacts. Furthermore, an application of the developed model has allowed to simulate realistic cases of rolling contact between the tire and the pavement. From examples such as acceleration, turnaround and drift, it has been proven that the tangential forces increase significantly the overall stresses.

Résumé : Cette thèse a été consacrée au développement d'un outil numérique de dimensionnement des chaussées. En effet, la récurrence des dégradations observées à la surface des chaussées, pousse la recherche scientifique à s'intéresser à leur compréhension. Le but est donc de mieux cerner l'origine de ces dégradations, mieux les prédire afin de mieux les maîtriser dans le processus de dimensionnement des chaussées. C'est dans cette optique que s'inscrit la présente étude. Pour ce faire, une étude numérique est réalisée. Elle est basée sur une modélisation semi-analytique du contact. La méthode couple des solutions analytiques et des méthodes d'accélération numériques telles que la méthode du gradient conjugué (CGM) et les algorithmes de transformée de Fourier rapide (FFT). Pour atteindre une modélisation plus réaliste du contact pneu-chaussée, trois principaux aspects sont modélisés dans ce travail.

Dans un premier temps, il est important de prendre en compte l'aspect multicouches de la structure de la chaussée. On utilise les coefficients de Papkovitch-Neuber qui donnent des formes pour les contraintes et déplacements élastiques. En faisant une transformée de Fourier

de ces dernières et en résolvant les conditions aux limites, on obtient les coefficients d'influence d'un espace semi-infini multi-couches avec un nombre quelconque de couches.

Deuxièmement, la viscoélasticité est intégrée. Il s'agit de mettre en exergue le comportement viscoélastique des chaussées dû principalement à l'utilisation significative de l'asphalte dans la composition des matériaux. Afin d'intégrer ce comportement viscoélastique, une méthode de correspondance Élastique/Viscoélastique est proposée. Cette méthode impose de recalculer les coefficients d'influence à chaque pas de temps, occasionnant ainsi une augmentation des temps de calcul. Toutefois, les simulations restent très rapides par comparaison avec la méthode des Éléments Finis.

Troisièmement, le contact roulant est modélisé avec la prise en compte des effets tangentiels et du coefficient de frottement statique. Le but est de pouvoir analyser les régimes transitoires (accélération, freinage, virage, etc.) pendant le roulement. Pour ce faire, il faut prendre en compte non seulement l'effort normal appliqué au contact, mais aussi le frottement à l'interface et les efforts tangentiels et éventuellement un moment de torsion.

Les différents aspects de la modélisation sont validés avec des modèles de la littérature. De plus, différentes études paramétriques permettent de mieux saisir les aspects sus cités. L'application du modèle au contact pneu-chaussée a permis de montrer que dans les cas transitoires tels que l'accélération, le freinage, le virage, le dérapage, les effets tangentiels entraînent un accroissement significatif des contraintes dans la structure chaussée, surtout près de la surface.