

## **Notice pdf - LE DEVELOPPEMENT DUN MODELE DINTERACTION ROUE**

---

Type de contenu : Images animées

Titre(s) : LE DEVELOPPEMENT D'UN MODELE D'INTERACTION ROUE / SABLE ; PICHEVIN, Thierry ; SLT PASCOET, Benoît ; YAMAKAWA, Junya

Autre(s) responsabilité(s) : PICHEVIN, Thierry (Directeur de thèse)  
SLT PASCOET, Benoît (Secrétaire)  
YAMAKAWA, Junya (Directeur de thèse)

Editeur, producteur : Ecoles Militaires de Saint-Cyr Coëtquidan

Note de thèses et écrits académiques : Filière Scientifique - Option Mécanique Promotion Chef d'Escadron Francoville Date de soutenance : 01/01/2011

Résumé ou extrait : LE DEVELOPPEMENT D'UN MODELE D'INTERACTION ROUE/SABLE >  
Etude : PRESENTATION : De plus en plus de sondes sont envoyées sur la Lune. Or cela représente un gros investissement, qui serait gâché si la sonde venait à s'embourber dans l'épaisse couche de sable qui recouvre la surface de l'astre. C'est pourquoi la conception de telles sondes doit prendre en compte ce phénomène. Or réaliser des expériences dans les conditions de gravité lunaire est très coûteux. Ainsi mettre au point une simulation numérique permettant de remplacer ces expériences permettrait d'économiser beaucoup d'argent. En outre, une simulation correctement établie pourrait permettre de mieux comprendre le comportement du sable, en permettant de visualiser les déformations internes au sable, qui sont difficilement visibles expérimentalement. Notre but est donc de développer un programme en langage C qui permette de simuler l'interaction entre une roue et la couche de sable sur laquelle elle roule, c'est-à-dire principalement de modéliser les déformations subies par le sable. CONTRAINTES : Nos contraintes sont de type purement pratique. En effet, nous n'avons que deux mois et demi pour essayer d'améliorer un programme codé en C déjà bien avancé (environ 1 600 lignes de code). Par ailleurs, à cause d'un problème matériel, nous n'avons pas pu réaliser de simulation. Nous avons donc seulement pu comparer nos résultats à ceux d'une autre étude, utilisant une autre méthode de calcul. DEMARCHE : Dans un premier temps, nous exposons des méthodes alternatives qui existent déjà pour modéliser le comportement du sable, en montrant leurs limites. Puis nous décrivons notre méthode (qui repose sur la méthode des éléments finis et la description arbitrairement Lagrangienne - Eulérienne). Enfin, nous présentons notre travail proprement dit, c'est-à-dire les améliorations que nous avons tenté d'apporter au programme déjà existant, et les résultats associés. Par ailleurs, nous tentons de décrire le travail restant à accomplir et essayons de trouver des pistes pour y parvenir. NOTRE TRAVAIL : A la base, le programme contenait toute la structure de calcul permettant premièrement de définir la couche de sable et le maillage associé et deuxièmement de déterminer les déformations de cette couche de sable en spécifiant en entrée soit un effort extérieur, soit une vitesse directement appliquée aux noeuds touchés par la roue. Le modèle d'interaction étant très simple au début (forme de la roue rectangulaire, simulation de l'« atterrissage » de la roue sur le sol sans considérer que celle-ci roule sur la couche de sable), les différentes améliorations que nous avons tenté d'apporter au programme sont les suivantes. - Simulation

de la forme circulaire de la roue - Simulation du mouvement de la roue - Le déplacement du maillage (afin de conserver la roue au centre de la fenêtre de visualisation i.e. de suivre la roue au cours de son mouvement) - Mise en oeuvre du modèle de comportement du sable appelé le modèle de Drucker-Prager

**RESULTATS OBTENUS :** A mesure que nous avons tenté de modifier le programme, des divergences inexplicables sont apparues. Nous avons perdu beaucoup de temps à tenter de les comprendre afin de les corriger. Au final elles étaient simplement dues à des bogues dans le programme difficiles à localiser (le programme étant long d'environ 1 600 lignes de code). Par conséquent, nous n'avons pu apprécier la pertinence de nos méthodes qu'à la toute fin du stage, après avoir corrigé les bogues avec l'aide de notre directeur de stage. Néanmoins, nous avons pu obtenir des résultats comparables avec ceux de l'étude de référence.

**LIMITES :** Il reste cependant beaucoup de travail à accomplir. En effet, nous avons pu voir que les résultats, bien qu'à l'allure globalement correcte, présentaient quelques défauts, parmi lesquels une déformation parasite de la couche de sable, due à des algorithmes de stabilisation non optimisés. En outre, le modèle de Drucker-Prager, bien que déjà relative

Sujet(s) : astronautique

langage C

mécanique

roue

sable

simulation numérique

sonde