



Université Djillali Liabès
Laboratoire de Génie Civil
et Environnement



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de
La Recherche Scientifique
Université Djillali Liabès
Faculté de Technologie
Département de Génie Civil

Thème :

***Analyse et simulation des propriétés
nano-mécaniques des matériaux bitumineux***

Pour l'obtention de diplôme de **Magister**

Spécialité : **Génie Civil**

Option : **Géotechnique et ouvrages en terre**

Par

ISSAD Mohammed Naim

Soutenu le /12/2014 devant la Commission d'examen

Jury MM.

<i>Dr. Y. SEBAIBI</i>	<i>Prof</i>	<i>UDL SBA</i>	<i>Président</i>
<i>Dr. M.S.Ghembaza</i>	<i>Prof</i>	<i>UDL SBA</i>	<i>Examineur</i>
<i>Dr. H. Trouzine</i>	<i>Mc A</i>	<i>UDL SBA</i>	<i>Examineur</i>
<i>Dr. A. ASROUN</i>	<i>Prof</i>	<i>UDL SBA</i>	<i>Encadreur</i>

« Je n'ai pas échoué. J'ai simplement trouvé 10.000 solutions qui ne fonctionnent pas. »

Thomas Edison

Remerciements :

*Mes remerciements s'adressent d'abord à ALLAH le tout puissant et à son Prophète MAHOMMED (paix et salut sur lui) pour les chances qui me sont offertes
Pour réaliser ce travail.*

Au Pr A.ASROUN Directeur de thèse,

*Vous m'avez accordée votre confiance en acceptant de diriger ce mémoire, malgré
les multiples occupations qui sont les vôtres. Votre ouverture d'esprit
et surtout l'intérêt que vous portez à la science font de vous une source intarissable à
laquelle tout étudiant devrait s'abreuver. Trouver ici le témoignage de ma profonde
gratitude et de mes sincères remerciements.*

Au président de jury de notre mémoire Pr Y.SBAIBI,

*J'apprécie votre qualité professionnelle et intellectuelle, permettez-moi de vous
témoigner ma profonde gratitude.*

Aux membres du jury, Pr MS.GHEMBAZA et Dr H.TROUZINE.

*Je vous remercie également messieurs pour l'honneur que vous
m'avez fait en acceptant de siéger à ma soutenance.*

Aux membres du laboratoire Génie civil et environnement -LGCE-

*A tous ceux qui de près ou de loin ont apporté leur contribution à la réalisation de
ce travail, je vous prie de trouver l'expression de ma profonde reconnaissance.*

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A mes parents,

A ma femme,

A mes frères et ma sœur,

A toute la famille,

A mes amis.

Résumé :

Les matériaux bitumineux sont des composites multiphasiques comprenant le bitume généralement comme un liant hydrocarboné.

La compréhension de leurs propriétés mécaniques est d'une grande importance pour le génie civil. En raison de leur composition hétérogène la détermination de leurs propriétés mécaniques intrinsèques n'est pas simple, les propriétés mécaniques peuvent être déterminées à partir d'une indentation instrumentée qui nous fournit la relation entre l'endommagement et sa charge appropriée. Elles permettent de viser un choix pour l'exploitation optimale de chaque matériau.

Les propriétés d'un matériau dépendent de sa composition structurelle et chimique. Généralement la dureté et le module de Young déduit d'un essai sont influencés par les conditions et l'échelle de grandeur à lesquelles l'essai a été réalisé. Des recherches scientifiques déjà menées ont prouvé que la nanoindentation a rendu possible la détermination de propriétés citées avec une grande fiabilité, pour les matériaux bitumineux ou autre.

*Le présent travail est une initiation qui présente la nanoindentation comme un moyen pour résoudre un problème courant dans le domaine de la mécanique des milieux continus. Une initiation de simulation en 2D d'une nanoindentation a été réalisée par logiciel **ABAQUS** qui est un code de calcul basé sur la méthode des éléments finis (**MEF**). Les courbes de charges de placements obtenus pratiquement ou par simulation numérique de nanoindentation implique la méthode d'Oliver et Pharr pour l'obtention des propriétés mécaniques notamment le module d'élasticité et la dureté.*

Mots clés : Dureté, éléments finis, matériaux bitumineux, module de Young, nanoindentation, simulation numérique, propriétés mécaniques.

Abstract:

Bituminous materials are multiphase composites comprising the bitumen generally as a hydrocarbon binder.

The understanding of their mechanical properties has a great importance in civil engineering. Because of their heterogeneous composition, the determination of their intrinsic mechanical properties is not simple, mechanical properties can be determined from an instrumented indentation, which provides the relationship between the damage and its appropriate load. They allow the selection of a choice for the optimal use of each material.

The properties of a material depend on its structural and chemical composition. Generally, the conditions and the size scale in which the test was performed influence hardness and Young's modulus obtained from a test. Scientific research previously conducted has shown that nanoindentation has allowed the determination of cited properties with high reliability, for bituminous or other materials.

The present work is an initiation that presents the nanoindentation as a tool to solve a current problem in the field of continuous mediums mechanics. An initiation of 2D simulation of a nanoindentation was performed by ABAQUS software, which is a computation code, based on the finite element method (FEM). Placement loading curves either obtained practically or by numerical simulation of nanoindentation imply Oliver and Pharr method in order to obtain mechanical properties such as the elastic modulus and hardness.

Key words: *Hardness, finite element, bituminous materials, Young's modulus, nanoindentation, numerical simulation, mechanical properties.*

ملخص:

المواد البيتومينية هي مركبات متعددة المكونات، تضم الأسفلت غالبا باعتباره الموثق الهيدروكربوني. إن فهم الخصائص الميكانيكية لهذه المواد له أهمية كبيرة في مجال الهندسة المدنية لكن يصعب تحديد خواصها الميكانيكية الداخلية بسبب تركيبها غير المتجانسة.

كما يمكن تحديد خصائصها الميكانيكية عن طريق استعمال تقنية النانو غرس المجهزة التي تظهر لنا العلاقة بين التلف والضغط المناسب له والتي ينتج عنها إلى اختيار الاستخدام الأمثل لكل المواد. حيث ان خصائص هذه المواد تعتمد على تركيبها الكيميائي والبنوي، عموما تتأثر صلابة ومعامل يونج المستمدة من التجربة بالظروف والمقاييس التي جرى فيها الاختبار.

وقد أثبتت الأبحاث العلمية التي أجريت بالفعل أن تقنية النانو غرس تجعل من الممكن تحديد الخصائص المذكورة مع موثوقية عالية، لمواد البيتومين أو غيرها ويعتبر العمل الحالي مقدمة تعرض تقنية النانو غرس كوسيلة لحل مشكلة شائعة في مجال الميكانيك الاستمراري.

تم استهلال المحاكاة بالبعد الثنائي لتقنية النانو غرس باستخدام البرنامج *ABAQUS* الذي يعتبر شفرة حساب على أساس طريقة العناصر المتكاملة. كما تم الحصول على منحنيات ضغط بدلالة التحول عمليا او عن طريق المحاكاة العددية التي تشمل تقنية اوليفر وفار لاقتناء خواص المواد الميكانيكية بصفة خاصة الصلابة ومعامل المرونة.

كلمات البحث: الصلابة, العناصر المتكاملة, المواد البيتومينية, معامل يونج, طريقة النانو غرس, المحاكاة العددية, الخواص الميكانيكية.