

Printed from

Journal of Scientific Research

<http://www2.univ-bechar.dz/jrs/>

Modélisation du problème de contact et de frottement entre un corps élastique et une fondation rigide en présence de contraintes thermiques

BENMOUSSA Amine ¹ , TERFAYA Nazihe ²

¹ Laboratoire ENERGARID, Université de Béchar

² Laboratoire FIMAS, Université de Béchar

E-mail: benmoussa.a@hotmail.fr , t_nazihe@yahoo.fr

Published on 30 December 2012

The Editor, on behalf of the Editorial Board and Reviewers, has great pleasure in presenting this number of the Journal of Scientific Research. This journal (ISSN 2170-1237) is a periodic and multidisciplinary journal, published by the University of Bechar. This journal is located at the interface of research journals, and the vulgarization journals in the field of scientific research. It publishes quality articles in the domain of basic and applied sciences, technologies and humanities sciences, where the main objective is to coordinate and disseminate scientific and technical information relating to various disciplines.

The research articles and the development must be original and contribute innovative, helping in the development of new and advanced technologies, like the studies that have concrete ideas which are of primary interest in mastering a contemporary scientific concepts. These articles can be written in Arabic, French or English. They will not be published in another journal or under review elsewhere. The target readership is composed especially of engineers and technicians, teachers, researchers, scholars, consultants, companies, university lab, teaching techniques and literary ... The journal is obtainable in electronic form, which is available worldwide on the Internet and can be accessed at the journal URL:

<http://www2.univ-bechar.dz/jrs/>.

Director of Journal
Pr. BELGHACHI Abderrahmane

Editor in Chief
Dr. HASNI Abdelhafid

Co-Editor in Chief
Dr. BASSOU Abdesselam

Editorial Member

TERFAYA Nazihe
BOUIDA Ahmed
LATFAOUI Mohieddine
MOSTADI Siham

Reviewers board of the Journal.

Pr. KADRY SEIFEDINE (The American University in KUWAIT)
Pr. RAZZAQ GHUMMAN Abdul (Al Qassim University KSA)
Pr. PK. MD. MOTIUR RAHMAN (University of Dhaka Bangladesh)
Pr. MAHMOOD GHAZAW Yousry (Al Qassim University KSA)
Pr. KHENOUS Houari Boumediene (King Khalid University KSA)
Pr. RAOUS Michel (Laboratory of Mechanic and Acoustic France)
Pr. RATAN Y. Borse (M S G College Malegaon Camp India)
Pr. LEBON Frédéric (University of Aix-Marseille 1 France)
Pr. MONGI Ben Ouédou (National Engineering School of Tunis)
Pr. BOUKELIF Aoued (University of Sidi Bel Abbes Algeria)
Pr. DJORDJEVICH Alexander (University of Hong Kong)
Pr. BENABBASSI Abdelhakem (University of Bechar Algeria)
Pr. BOULARD Thierry (National Institute of Agronomic Research France)
Pr. LUCA Varani (University of Montpellier France)
Pr. NEBBOU Mohamed (University of Bechar Algeria)
Dr. FELLAH Zine El Abidine Laboratory of Mechanic and Acoustic France)
Dr. ZHEN Gao (University of Ontario Institute of Technology Canada)
Dr. OUERDACHI Lahbassi (University of Annaba Algeria)
Dr. HADJ ABDELKADER Hicham (IBISC – University of Evry France)
Dr. KARRAY M'HAMED ALI (National Engineering School of Tunis)
Dr. ALLAL Mohammed Amine (University of Tlemcen Algeria)
Dr. FOUCHAL Fazia (GEMH - University of Limoges France)
Dr. TORRES Jeremi (University of Montpellier 2 France)
Dr. CHANDRAKANT Govindrao Dighavka (L. V. H. College of Panchavati India)
Dr. ABID Chérifa (Polytech' University of Aix-Marseille France)
Dr. HAMMADI Fodil (University of Bechar Algeria)
Dr. LABBACI Boudjema (University of Bechar Algeria)
Dr. DJERMANE Mohammed (University of Bechar Algeria)
Dr. BENSFAFI Abd-El-Hamid (University of Tlemcen)
Dr. BENBACHIR Maamar (University of Bechar Algeria)

Pr. BALBINOT Alexandre (Federal University of Rio Grande do Sul Brazil)
Pr. TEHIRICHI Mohamed (University of Bechar Algeria)
Pr. JAIN GOTAN (Materials Research Lab., A.C.S. College, Nandgaon India)
Pr. SAIDANE Abdelkader (ENSET Oran Algeria)
Pr. DI GIAMBERARDINO Paolo (University of Rome « La Sapienza » Italy)
Pr. SENGOUGA Nouredine (University of Biskra Algeria)
Pr. CHERITI Abdelkarim (University of Bechar Algeria)
Pr. MEDALE Marc (University of Aix-Marseille France)
Pr. HELMAOUI Abderrachid (University of Bechar Algeria)
Pr. HAMOUINE Abdelmadjid (University of Bechar Algeria)
Pr. DRAOUI Belkacem (University of Bechar Algeria)
Pr. BELGHACHI Abderrahmane (University of Bechar Algeria)
Pr. SHAILENDHRA Karthikeyan (AMRITA School of Engineering India)
Pr. BURAK Barutcu (University of Istanbul Turkey)
Pr. LAOUFI Abdallah (University of Bechar Algeria)
Dr. SELLAM Mebrouk (University of Bechar Algeria)
Dr. ABDUL RAHIM Ruzairi (University Technology of Malaysia)
Dr. BELBOUKHARI Nasser (University of Bechar Algeria)
Dr. CHIKR EL MEZOUAR Zouaoui (University of Bechar Algeria)
Dr. BENACHAIBA Chellali (University of Bechar Algeria)
Dr. KAMECHE Mohamed (Centre des Techniques Spatiales, Oran Algeria)
Dr. MERAD Lotfi (Ecole Préparatoire en Sciences et Techniques Tlemcen Algeria)
Dr. BASSOU Abdesselam (University of Bechar Algeria)
Dr. ABOU-BEKR Nabil (University of Tlemcen Algeria)
Dr. BOUNOUA Abdennacer (University of Sidi bel abbes Algeria)
Dr. TAMALI Mohamed (University of Bechar Algeria)
Dr. FAZALUL RAHIMAN Mohd Hafiz (University of Malaysia)
Dr. ABDELAZIZ Yazid (University of Bechar Algeria)
Dr. BERGA Abdelmadjid (University of Bechar Algeria)
Dr. Rachid KHALFAOUI (University of Bechar Algeria)
Dr. SANJAY KHER Sanjay (Raja Ramanna Centre for Advanced Technology INDIA)

Journal of Scientific Research

P.O.Box 417 route de Kenadsa
08000 Bechar - ALGERIA
Tel: +213 (0) 49 81 90 24
Fax: +213 (0) 49 81 52 44

Editorial mail: jrs.bechar@gmail.com
Submission mail: submission.bechar@gmail.com
Web: <http://www2.univ-bechar.dz/jrs/>



MODELISATION DU PROBLEME DE CONTACT ET DE FROTTEMENT ENTRE UN CORPS ELASTIQUE ET UNE FONDATION RIGIDE EN PRESENCE DE CONTRAINTES THERMIQUES

BENMOUSSA Amine ¹, TERFAYA Nazihe ²

¹ Laboratoire ENERGARID, Université de Béchar

² Laboratoire FIMAS, Université de Béchar

E-mail: benmoussa.a@hotmail.fr, t_nazihe@yahoo.fr

Abstract: In mechanical and civil engineering, the engineer is often confronted with multi-physics coupling problems, where many of problems involve a type of geometric nonlinearities, material nonlinearities or contact and friction phenomena.

But these phenomenons are coupled to thermal problems, and it may be interesting to couple the thermal effects on mechanical effects. In this work, a simple case of coupling problem is discussed. We are interested to the contact problem of an elastic body in 2D, in the presence of a thermal field. The search for the contact state is controlled by the thermal stresses developed. A steady state is considered and the Coulomb friction law was adopted. The simulation was done on ANSYS software.

Keywords: Contact, friction, heat analysis, finite element, ANSYS.

Résumé: Dans la construction mécanique et en génie civil, l'ingénieur est souvent confronté à des problèmes de couplages multi-physiques, où beaucoup de problèmes font appel à des non linéarités de type géométrique, matériel ou de type de contact et de frottement. Mais ces phénomènes sont couplés à des problèmes thermiques, et il peut être intéressant de coupler les effets thermiques aux effets mécaniques.

Dans ce travail, un cas de couplage un peu simple est abordé. Il s'agit de problème de contact d'un corps élastique en 2D, en présence d'un champ thermique. L'état de contact est contrôlée par les contraintes thermiques développées. Un régime stationnaire est considéré et la loi de frottement de Coulomb été adopté. La simulation a été faite sur le logiciel ANSYS.

Mots Clés: Contact, frottement, équation de la chaleur, éléments finis, ANSYS.

1. INTRODUCTION

Chercheurs, ingénieurs et industriels s'intéressent depuis longtemps à la simulation numérique de systèmes faisant intervenir plusieurs phénomènes physiques couplés. La plupart des systèmes faisant l'objet de simulations en phases de conception industrielle entrent dans cette catégorie. En fait, tous les problèmes rencontrés dans la vie réelle sont, par essence même, multi physique. Tout objet est en permanence soumis de façon plus ou moins intense à un ensemble de phénomènes physique, incluant efforts, vibrations, transfert thermiques, contact, écoulement fluides...etc.

L'analyse des problèmes de contact avec frottement a une grande importance dans beaucoup d'application de génie civil et de construction mécanique. Les moteurs à combustion, les procédés de mise en forme de pièces mécanique, les procédés de fonderie,...etc.,

constituent quelques exemples dans lesquels le contact et le frottement s'ajoutent à des non linéarités du matériau et de la géométrie, ce qui nécessite des algorithmes supplémentaires dans les logiciels généraux d'élément finis.

Dans tels exemples l'effet de la température s'ajoute aux problèmes de contact et de frottement et entraîne des modifications significatives des propriétés mécaniques des matériaux, et il est nécessaire d'avoir recours à une simulation thermomécanique.

Malgré la linéarité de la loi élastique, le problème de contact d'un solide élastique, est intrinsèquement non – linéaire. En effet, la surface et les réactions de contact sont a priori inconnues et elles changent progressivement lorsqu'on applique le chargement externe.

Dans tels problèmes, il peut être intéressant de coupler les effets thermiques aux effets mécaniques. Les champs de températures induisent des contraintes thermiques non négligeables et qui s'ajoutent aux contraintes mécaniques.

Aux variations thermiques correspondent des dilatations du fait des conditions aux limites et de non homogénéité des températures. Cette hétérogénéité entraîne des variations importantes des contraintes ce qui peut conduire à des fissurations dues à la fatigue.

2. LOIS DE CONTACT ET DE FROTTEMENT

Considérons deux corps A et B en contact (figure 1). La projection orthogonale d'un point P de A sur la surface de B définit un point P' qui sera l'origine du repère local $(\vec{t}_1; \vec{t}_2; \vec{n})$. Soient v la vitesse relative en P de A par rapport à B, et r la réaction que subit A de la part de B. Le passage entre le repère local $(\vec{t}_1; \vec{t}_2; \vec{n})$ et global (O, X, Y, Z) est assuré par la matrice H. Les lois de contact et de frottement s'expriment dans le repère local par des relations entre v, r et la plus courte distance entre A et B : $x_n = \overline{PP'}$ [1] [2].

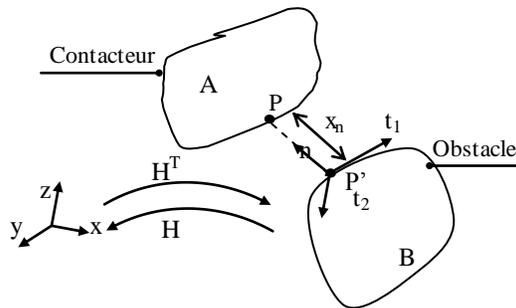


Figure1. Repère local de contact.

2.1. Critère de contact unilatéral

Les points appartenant à la zone de contact doivent satisfaire les lois régissant le contact unilatéral. Elles sont connues généralement sous le nom de: condition de Signorini et s'expriment par les conditions suivantes:

- Impénétrabilité : $x_n \geq 0$
- Etat de contact statique (non adhésion): $x_n = 0 \Rightarrow r_n \geq 0$
- Etat de non contact : $x_n > 0 \Rightarrow r_n = 0$

Ces trois conditions peuvent être condensées sous la forme équivalente [1][3]:

$$\forall \rho > 0 \quad r_n = \text{proj}_{R^+}(r_n - \rho x_n)$$

2.2 Critère de frottement

Il existe beaucoup de choix, nous avons choisi le modèle de Coulomb, qui est le plus utilisé dans le cas de contact à sec. Le modèle s'exprime par les relations:

$$\begin{cases} \|r_t\| \leq \mu r_n & \text{si } u_t = 0 \\ r_t = -\mu r_n u_t / \|u_t\| & \text{si } \|u_t\| \neq 0 \end{cases}$$

où μ désigne le coefficient de frottement et u_t la composante tangentielle du déplacement relatif (le glissement). Dans le calcul numérique on utilise la forme équivalente suivante [3]

$$\forall \rho > 0, \quad r_t = \text{proj}_C(r_t - \rho u_t)$$

où C est le cône de Coulomb limité par l'intervalle $[-\mu r_n, \mu r_n]$.

Pour transformer les composantes tangentielle et normale du repère local, dans le repère global on utilise l'opérateur [H]:

$$\{R_c\} = [H(x)]\{r_c\} \quad (1)$$

$\{R_c\}$: Les réactions de contact globales.

$\{r_c\}$: Les réactions de contact locales.

3. COUPLAGE THERMOMECHANIQUE

Beaucoup de pièces mécaniques sont soumises à la fois à des sollicitations mécaniques et thermiques. La simulation de tels problèmes peut nécessiter de résoudre à la fois un problème thermique (détermination du champ de température dans une classe) et un problème mécanique (détermination de la contrainte dans une classe). Dans certains cas, il peut arriver que ces deux problèmes soient liés comme est le cas de notre étude. Par exemple quand on chauffe une pièce, elle se dilate et donc se déforme. Si la pièce est en contact avec une fondation rigide et ne peut se déformer librement, on a création de contraintes. Une sollicitation thermique provoque une contrainte ou une déformation mécanique. Au contraire, si l'on déforme fortement un matériau métallique, il s'échauffe. Une sollicitation mécanique engendre alors un effet thermique. On dit que les problèmes de mécanique et de thermique sont couplés et on parle de couplage thermomécanique. Dans cette partie, on se limitera à l'étude des phénomènes thermo-élastique et notamment on ne s'intéressera pas au couplage thermomécanique intervenant au niveau du frottement entre le solide et l'obstacle. Pour déterminer les équations de la thermomécanique, ici on se placera dans l'hypothèse des petites déformations. L'influence d'un champ de température peut se traduire en thermomécanique par une variation de propriétés élastique du matériau et par des dilatations thermique conduisant en générale à des contraintes dites thermiques σ_{th} [4].

$$\sigma_{th} = -D \varepsilon_{th} \quad (2)$$

Avec D : Matrice d'élasticité.

ε_{th} : Déformation thermique.

Les contraintes d'origine thermique, viennent de ce qu'un matériau soumis à un changement de température et contrainte de façon telle qu'il ne puisse se déformer librement. Dans ce cas, la déformation thermique est compensée par une déformation élastique.

Pour un matériau isotrope les déformations ε_{th} dépendent du coefficient de dilatation thermique α et de la température relative ΔT .

Les valeurs des coefficients de dilatation sont déterminées par des essais de dilatomètre qui ont lieu à partir de la température ambiante [5].

De se fait, on dispose en général des valeurs des coefficients de dilatation défini par rapport à 20°C (température à la quelle on suppose la déformation thermique nulle).

Les variations des températures se traduisent en général par un vecteur de déformations initiales

$$\varepsilon_{th} = \begin{pmatrix} \varepsilon_{x0} \\ \varepsilon_{y0} \\ \gamma_{xy0} \end{pmatrix} \quad (3)$$

Donc de façon général on écrit :

$$\varepsilon = \varepsilon_{méca} + \varepsilon_{th} \quad (4)$$

Alors la loi de Hooke généralisée peut s'écrire ainsi sous la forme :

$$\sigma = D\varepsilon + \sigma_0 + \sigma_{th} \quad (5)$$

Dans le cas de contraintes planes par exemple dans un matériau isotrope on aura, pour un élément soumis à une élévation de température ΔT^e avec un coefficient de dilatation thermique α :

$$\varepsilon_{th} = \begin{pmatrix} \alpha\Delta T \\ \alpha\Delta T^e \\ 0 \end{pmatrix} \quad (6)$$

avec
$$\sigma_{th} = -\frac{E\alpha\Delta T^e}{(1-2\nu)} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (7)$$

et
$$D = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{pmatrix} 1-\nu & \nu & 0 \\ \nu & 1-\nu & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2} \end{pmatrix} \quad (8)$$

le cas des déformations planes est plus complexe. Du fait de l'hypothèse des déformations planes les dilatations thermiques sont données naissance à des contraintes perpendiculaire au plan X-Y même en l'absence de contraintes dans le plan lui même alors on a[6] :

$$\varepsilon_{th} = (1+\nu) \begin{pmatrix} \alpha\Delta T^e \\ \alpha\Delta T^e \\ 0 \end{pmatrix} \quad (9)$$

3.1 Potentiel de déformation :

Dans ce genre des problèmes les potentielles de déformation sont fonction de l'état actuel de déformation ou de contraintes ainsi que de l'état de déformation ou de contraintes initiales [7].

Dans le cas particulier d'une température T uniforme dans la structure, on a les potentielles :

$$W_1 = W(\varepsilon, T) \quad (10)$$

$$W_2 = W(\sigma, T) \quad (11)$$

Dans le cas de l'existence d'un gradient thermique, l'énergie potentielle totale s'exprime sous la forme particulière:

$$\Pi = \int_V W^*(\varepsilon) dV - \int_V B\Delta T dV - \int_V f_v dV - \int_{S_c} f_c u dV \quad (12)$$

Le coefficient B dépendant à la fois des caractéristiques élastiques et de dilatation

$$B = \frac{E\alpha}{(1-2\nu)} \quad (13)$$

f_v : force volumique.

f_c : force surfacique ou bien force de contact.

3.2 Discrétisation par éléments finis:

La mise en œuvre de la méthode des éléments finis s'effectue de la même manière que dans le cas mécanique. On peut donc utiliser les mêmes fonctions d'interpolations N aux nœuds [8]. Pour le déplacement et la température. Donc les contraintes thermiques s'ajoutent au vecteur de sollicitation en calculant les forces équivalentes aux nœuds :

$$f_{th}^e = -\int_V B^T D \varepsilon_{th} dV \quad (14)$$

4. ALGORITHME DE RESOLUTION

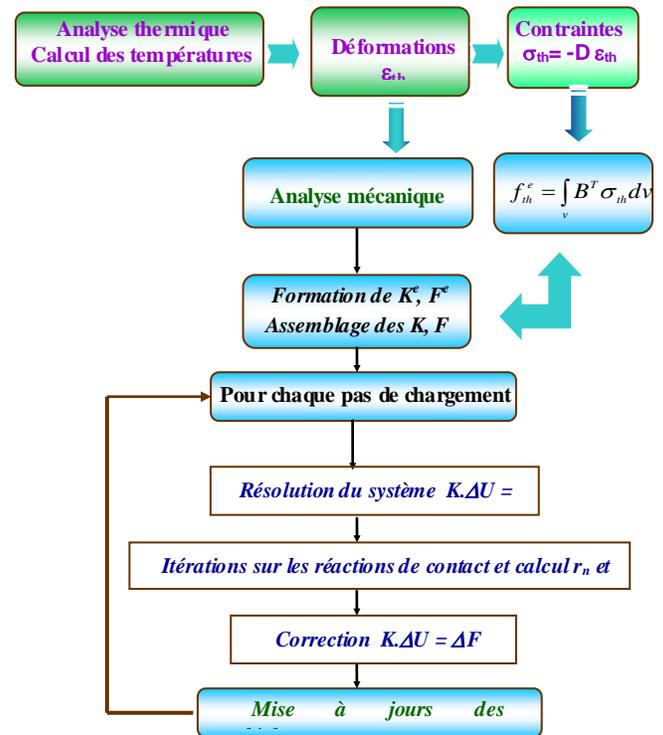


Figure2. Algorithme de resolution.

5. EXEMPLE D'APPLICATION

Cet exemple est souvent étudié comme un benchmark. Il a été proposé par Raous [9] et Feng [10]. Il s'agit d'un bloc élastique en alliage de cuivre compressé, en contact avec une fondation rigide. Les dimensions, les sollicitations et les conditions aux limites sont montrées

sur la figure2. Les différentes données du problème sont résumées ci-dessous :

- $E = 13000 \text{ daN/mm}^2$.
- $\nu = 0.2$.
- $u_x = 0$ sur DE, $u_x = u_y = 0$ pour D.
- $F = 10 \text{ daN/mm}^2$ et $f = -5 \text{ daN/mm}^2$.
- $\mu = 1.0$ (avec loi de Coulomb).
- $b = 40 \text{ mm}$.

Pour l'analyse thermique on a pris pour le solide déformable :

- la conductivité thermique $\lambda = 84 \text{ w/m}^\circ\text{K}$
- le coefficient de dilatation $\alpha = 17.3 \text{ E-6 } 1/^\circ\text{K}$

Pour la fondation et pour éviter toute conduction thermique on a choisi une valeur très faible de λ .

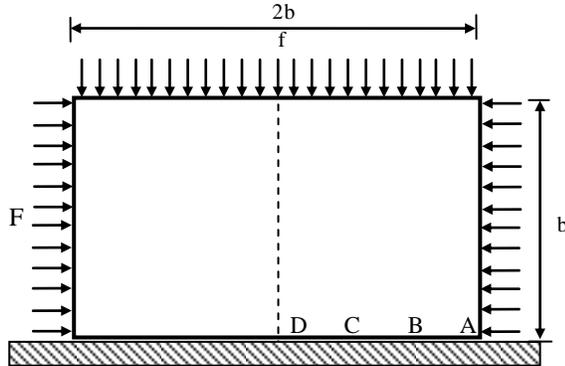


Figure3. Contact entre un bloc élastique et une fondation rigide.

Par raison de symétrie on a pris seulement la moitié du bloc, avec déformation plane.

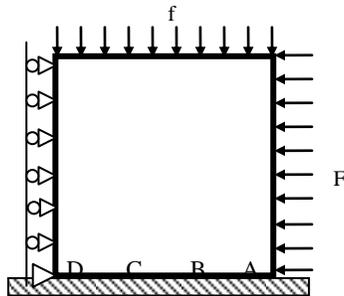


Figure4. Moitié du bloc élastique en contact avec la fondation

Le maillage est constitué de 512 éléments quadrilatéraux à 4 nœuds. La surface de contact est composée de 32 nœuds. Cet exemple est très intéressant puisque nous pouvons avoir en même temps trois surfaces de contact de nature différente :

- Décollement en AB.
- Glissement en BC.
- Adhérence en CD.

Tout d'abord on a pris le cas sans couplage, sur les figures 4 et 5 nous montrons les réactions, les déplacements des nœuds de la surface de contact pour le cas de $\mu = 1$, ainsi que la déformée et la répartition de la contrainte de cisaillement τ_{xy} sur la surface de contact. L'étude a été faite sous Ansys 12.0 et on a

choisi la méthode des multiplicateurs de Lagrange pour la résolution de problème local de contact.

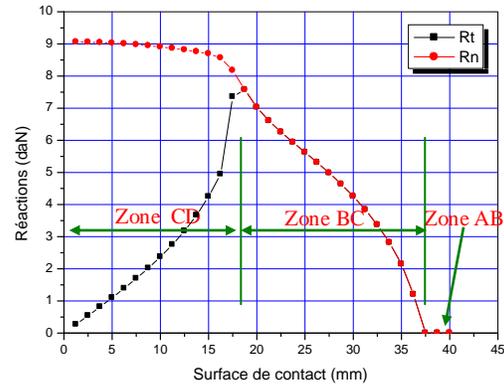


Figure5. Réactions des nœuds de la surface de contact.

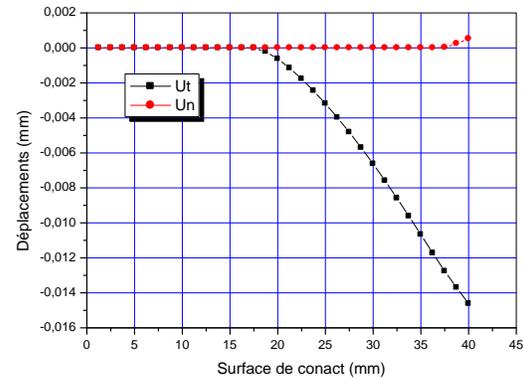


Figure6. Déplacements des nœuds de la surface de contact.

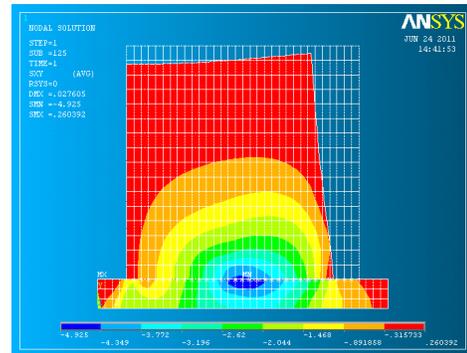


Figure7. Distribution de la contrainte de cisaillement τ_{xy} .

La zone AB est une zone de décollement formé de 3 nœuds et caractérisé par un déplacement U non nul et des réactions de contact nulles (conditions de Signorini). Une zone de glissement notée BC apparaît. Dans cette zone les réactions de contact vérifient la loi de Coulomb. Elle est caractérisée par un déplacement normal nul et un déplacement tangentiel différent de zéro.

Enfin on a la zone d'adhérence CD ou le glissement s'annule et R_t soit inférieur de $\mu.R_n$. On est donc à l'intérieur du cône de Coulomb.

Pour étudier l'influence de la présence d'un champ thermique sur l'état de contact, quatre cas ont été envisagés :

- **Cas A** : Le bloc élastique est soumis à une température uniforme $T = 10^\circ\text{C}$;
- **Cas B** : Dans ce cas on a pris des températures différentes sur les deux cotés ;
- **Cas C** : On a testé ici l'influence d'un flux $q = 1000 \text{ W/m}^2$;
- **Cas D** : En fin on a ajouté un échange convectif avec $h = 10 \text{ w/mm}^2.\text{K}$.

Dans tout les cas considérés, deux surfaces ont été considéré comme adiabatique : la première par raison de la symétrie et la deuxième c'est la surface de contact, pour éviter toute échange de chaleur entre le solide déformable et la fondation (il ne s'agit pas de contact thermique).

Sur les graphes ci-dessous on a reporté les résultats de la simulation obtenu par ANSYS, comparés au cas de contact (figure 5)

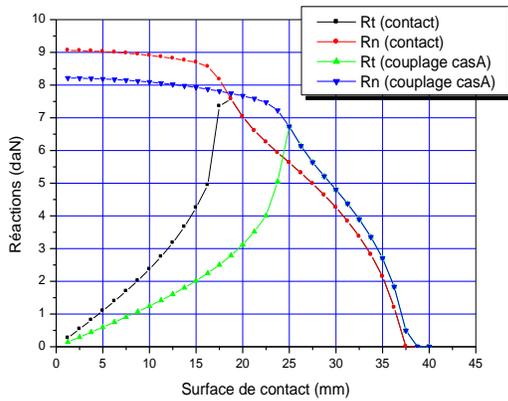


Figure8. Les réactions de contact sans et avec couplage (cas A).

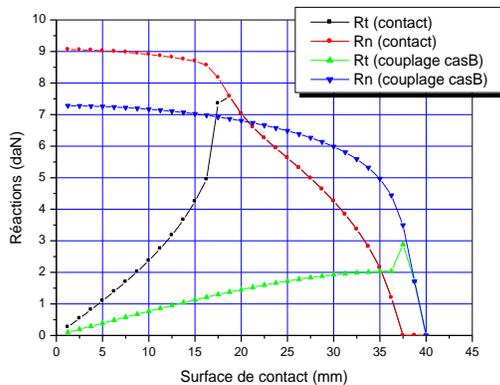


Figure9. Les réactions de contact sans et avec couplage (cas B).

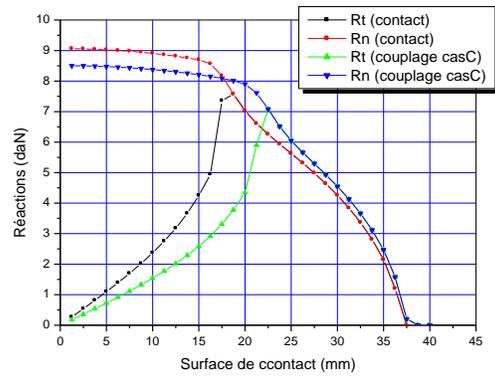


Figure10. Les réactions de contact sans et avec couplage (cas C).

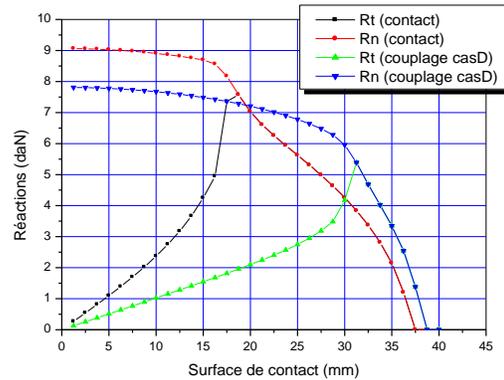


Figure11. Les réactions de contact sans et avec couplage (cas D).

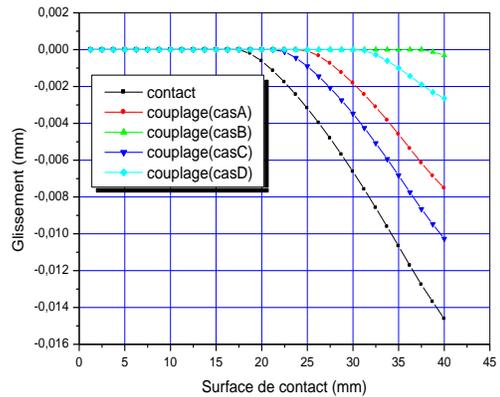


Figure12. Comparaison de glissement des nœuds de contact.

En comparant la répartition des réactions de contact sur surface de contact pour les différentes conditions aux limites (thermiques), on peut constater la grande influence de la présence des contraintes thermiques sur l'état de contact. Dans les quatre cas étudiés, il a été remarqué que les réactions normales ont diminué. Cela est dû principalement à la déformation vers le haut de solide empêché par l'obstacle.

La zone d'adhérence a augmenté, surtout dans le cas B (températures imposées différentes) ou la majorité des nœuds ont adhéré, et aucun nœud n'a décollé. Cette zone est caractérisée par un glissement nul (figure12). La zone d'adhérence progresse surtout vers les zones de la surface de contact ou il y a les températures les plus élevées (figure 13 et 14).

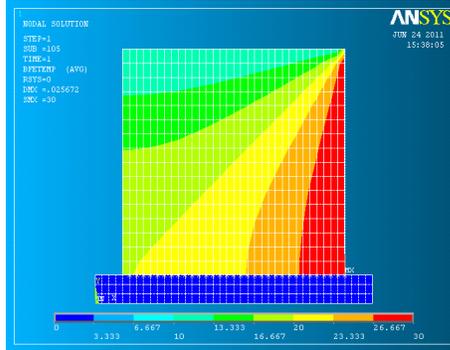


Figure13. Distribution de la température dans le solide déformable pour le cas B (Températures imposées différentes).

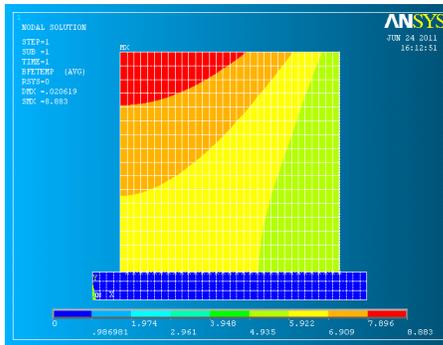


Figure14. Distribution de la température dans le solide déformable pour le cas C (Flux imposé).

Cette progression de la zone d'adhérence est clairement remarquée en examinant la distribution de la contrainte de cisaillement τ_{xy} pour le cas B et le cas C (figure 15.16)

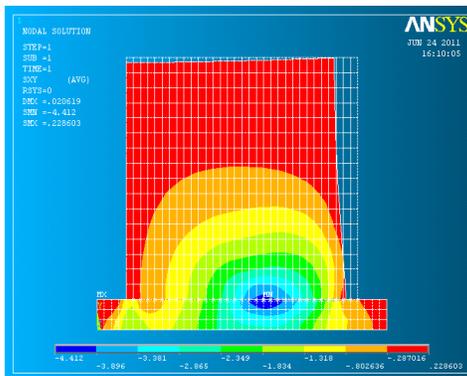


Figure15. Distribution de la contrainte de cisaillement pour le cas B.

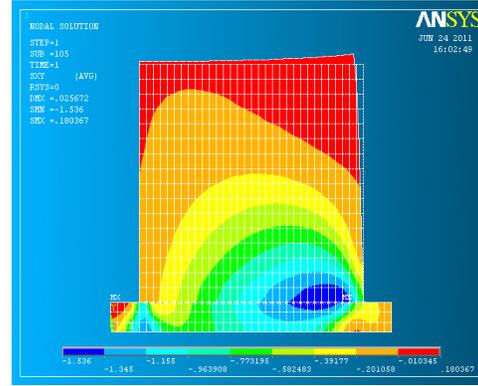


Figure16. Distribution de la contrainte de cisaillement pour le cas C.

A travers ces résultats, on peut remarquer qu'au fur et au mesure que la température au voisinage de l'interface augmente, les nœuds de contact passent d'un état de glissement vers un état d'adhérence. Finalement, Il faut noter ici que pour des valeurs de flux q plus élevée il a été remarqué une divergence des calculs. Cela peut être expliqué par l'apparition de fortes températures sur la surface de contact donne naissance a des grandes déformations et nécessite de la prise en compte des autres non linéarités.

6. CONCLUSION

Le travail effectué a permis de comprendre un peu l'effet des contraintes thermiques sur le comportement d'un corps élastique en contact avec une fondation rigide. Une grande partie de notre travail a été consacré à la modélisation de ce problème. Les aspects physiques et mécaniques du problème de couplage thermomécanique posé ont été présentés ainsi que leur formulation éléments finis.

A travers ces exemples, il a été remarqué que l'état de contact est très influencé par la présence des contraintes thermiques En comparant la répartition des réactions de contact sur surface de contact pour les différentes conditions aux limites (thermiques), on peut constater la grande influence de la présence des contraintes thermiques sur l'état de contact ; ou il a était remarqué que les réactions normales ont diminué. Cela est dû principalement à la déformation vers le haut de solide empêché par l'obstacle.

La zone d'adhérence a augmenté, surtout dans le cas B (températures imposées différentes) ou la majorité des nœuds ont adhéré, et aucun nœud n'a décollé. Cette zone est caractérisée par un glissement nul. La zone d'adhérence progresse surtout vers les zones de la surface de contact ou il y a les températures les plus élevées.

7. REFERENCES

- [1] TERFAYA N. Contribution à la modélisation des problèmes de contact et de frottement bidimensionnels. Génération de maillage et programmation orientée- objet de la méthode des

- éléments finis. Mémoire de Magister, C.U.Béchar, Algérie, 2000.
- [2] BENMOUSSA A. Modélisation du problème de contact entre un corps élastique et une fondation rigide avec couplage thermomécanique. Mémoire de Master, U Béchar Algérie, 2011.
 - [3] Feng. Z. Q., Touzot G. Analyses bi et tridimensionnelles des problèmes de contact avec frottement par une méthode mixte. Revue Européenne, Vol. 1, no 4, pp. 441-459, 1992.
 - [4] BATOZ, G DHATT, Modélisation des structures par élément finis, Voll, édition Herms, Paris 1990.
 - [5] J.F.IMBERT. Analyse des structures par éléments fini, édition EPADUÉS, Toulouse1991.
 - [6] O.C.ZIENKEIWICZ, La méthode des éléments finis, McGraw-Hill.Paris 1997.
 - [7] Z.SOUMAHORO, Etude du couplage thermo-mécanique dans la propagation dynamique de fêssure, Thèse de doctorat de l'Ecole Polytechnique, Décembre 2005.
 - [8] DAVID W. NICHOLSON, Finite element analysis ; Thermomechanics of solid, CRS Press. USA 2003.
 - [9] Z.Q.FENG, 2D or 3D frictional contact algorithms and applications in a large deformation contact, Comm, Numer, Meths Eng. N° 11,pp409-416.1995.
 - [10] Z.Q.FENG, Some text examples of 2D and 3D contact problems involving Coulomb Friction and large slip, Math Comput. Modeling, vol28, N° 4-8,pp:469-477.1998.

Journal of Scientific Research

**P.O.Box 417 route de Kenadsa
08000 Bechar - ALGERIA
Tel: +213 (0) 49 81 90 24
Fax: +213 (0) 49 81 52 44
Editorial mail: jrs.bechar@gmail.com
Submission mail: submission.bechar@gmail.com
Web: <http://www2.univ-bechar.dz/jrs/>**
