

**UNIVERSITE DE BISKRA**

**FACULTE DES SCIENCES ET SCIENCES DE L'INGENIEUR**

**DEPARTEMENT DE GENIE-CIVIL**

**MEMOIRE DE MAGISTER**

Spécialité : **GENIE CIVIL**

Option : **Mécanique des sols**

Présenté par

**BOUALI MERIEM FAKHEDDINE**

**ANALYSE NUMERIQUE DE L'INFLUENCE DES MODES DE  
MOUVEMENTS DES ECRANS DE SOUTENEMENT SUR LES PRESSIONS  
DE TERRE**

**Soutenu le 17/12/2003**

**Devant le jury :**

<b>Président :</b>	H.BOUMEKIK	prof	Univ.CONSTANTINE
<b>Rapporteur :</b>	S.BENMEBAREK	M.C	Univ. BISKRA
<b>Examineurs :</b>	M.KHEMISSA	MC	Univ.M'sila
	N.BENMEBAREK	MC	Univ.BISKRA

# REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé au sein du Laboratoire de Recherche en Génie Civil de l'Université Mohamed Khider–Biskra pour l'obtention du diplôme de Magister en Génie Civil.

J'adresse mes sincères remerciements à :

- Monsieur Benmebarek Sadok directeur de LRGCB, qui ma donné l'occasion de réaliser ce travail et m'a fait l'honneur de diriger mon mémoire. Sans ses conseils et directives, ce travail n'aurait vu le jour ;

Mes remerciements s'adressent également au membres du jury :

Le président : H. BOUMEKIK, Professeur à l'Université de Constantine.

Les examinateurs : M. KHEMISSA, Maître de Conférence à l'Université de M'sila.

N. BENMEBAREK, Chargée de cours à l'Université de Biskra.

Je tiens par ailleurs à remercier :

- Mon cher père, qui a tendrement aidé durant les années de mes études et ses précieux conseils.
- Ma chère mère, pour son soutien morale et sa patience incomparable.
- Mes frères surtout *AMMAR* qui m'a aidé énormément.
- Tous mes collègues de l'université de Biskra, avec lesquelles j'ai passé d'agréables moments particulièrement : *SELMA, ABLA, OUARDA et SAMIA*.

## *RESUME*

La détermination des forces agissantes entre le sol et les structures de soutènement est une étape importante dans l'ingénierie géotechnique. Une conception sécuritaire et économique d'un écran de soutènement nécessite une connaissance profonde des pressions de terre passive et active.

Récemment des recherches réalisées sur des modèles physiques réduits et des auscultations de chantiers ont mis en évidence que les distributions des pressions passives et active sont fortement sensibles aux modes de mouvements et de déformations des écrans de soutènement avec ou sans ancrages (butons). Ce comportement ignoré par les méthodes classiques constitue un domaine de recherche très favorable aux méthodes numériques en continuum.

Ce travail vise en utilisant le logiciel FLAC<sup>2D</sup>, d'une part une estimation numérique des pressions passive et active pour le mode de translation en comparant les résultats de simulation avec les solutions existantes, et d'autre part l'analyse de la nature de la distribution de pression des terres passive et active derrière un mur de soutènement rigide soumis aux différents modes de mouvements (rotation de base, rotation du sommet et rotation de base avec une translation) en comparant les résultats de coefficient des terres passive et active  $K_p$  et  $K_a$  avec ceux obtenus du mode de translation.

**Mots clés :** Modélisation numérique, interaction, butée, poussée, comportement, écran.

## *ABSTRACT*

The determination of active forces between the ground and the structures of retaining wall structure is an important stage in the mechanics of soils. A security and economic conception of retaining wall structure requires a deep knowledge of the passive and active earth pressures.

Recently searches realized on reduced physical models and auscultations of construction sites put in evidence that the distributions of passive and active pressures are strongly sensitive to the modes of movements and deformations of the retaining wall structures with or without anchoring. This behaviour ignored by classical methods establishes a domain of search very favourable to numerical methods in continuum.

This work aims by using FLAC<sup>2D</sup> software, on one hand a numerical estimation of passive and active pressures coefficients for the mode of translation by comparing the results of simulation with existing solutions, and on the other hand the analysis of the nature of the distribution the passive and active pressures lands behind a stiff wall subjected to the various modes of movements ( rotation of the bottom, rotation of the top and rotation of the bottom with a translation) by comparing the results of passive and active earth coefficient  $K_p$  and  $K_a$  with those of the mode of translation.

**Keywords:** numerical modelling, interaction, active and passive earth pressure, behaviour, retaining wall.

# SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE .....	1
-----------------------------	---

## PARTIE 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

### CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LE COMPORTEMENT DES ECRANS

1.1 INTRODUCTION .....	4
1.2–COEFFICIENT DE PRESSION DES TERRES AU REPOS .....	6
1.2.1- Introduction .....	6
1.2.2 – Méthodes conventionnelles pour la détermination de $K_o$ .....	7
1.2.3 – Les différentes formules de $K_o$ .....	7
1.2.3.1 – Cas d'une surface horizontale .....	7
1.2.3.2 – Cas d'une surface inclinée .....	9
1.3–FORCES DE POUSSEE ET DE BUTEE .....	10
1.3.1 – Notions de poussée et de butée .....	10
1.3.2 – Frottement sol-soutènement .....	11
1.3.3 – Facteurs intervenant dans la distribution de la pression des terres.....	12
1.4– OUVRAGES DE SOUTÈNEMENTS RIGIDES .....	13
1.4.1 – Définition .....	13
1.4.2 – Fonctionnement des murs poids .....	14
1.4.2.1 – Stabilité .....	14
1.4.2.2 – Mécanismes de rupture .....	15
1.4.3 – Distribution de pression des terres .....	16

<b>1.5– OUVRAGES DE SOUTÈNEMENTS FLEXIBLES</b> .....	17
<b>1.5.1- Définition</b> .....	17
<b>1.5.2 – Comportement des rideaux flexibles</b> .....	18
<b>1.5.3 – Schémas de ruines des soutènements flexibles</b> .....	19
<b>1.5.4 – Distribution de pression des terres</b> .....	21
<b>1.5.4.1 – Effet de voûte</b> .....	22
<b>1.5.4.2 – Influence de la flexibilité de l'écran</b> .....	25
<b>1.5.4.3 – Influence du mode de chargement</b> .....	27
<b>1.6 - CONCLUSION</b> .....	27

## CHAPITRE 2 : METHODE DE CONCEPTION DES ECRANS DE SOUTÈNEMENT

<b>2.1 INTRODUCTION</b> .....	29
<b>2.2 – EVOLUTION DE LA THEORIE DE PRESSION DES TERRES</b> .....	30
<b>2.3 CONCLUSION</b> .....	48

## PARTIE 2 : ETUDE NUMERIQUE

### CHAPITRE 3 : PRESENTATION DES OUTILS DE SIMULATION ET MODELES DE COMPORTEMENT UTILISES

<b>3.1 INTRODUCTION</b> .....	51
<b>3.2 DESCRIPTION DE CODE DE CALCUL FLAC</b> .....	52
<b>3.2.1 Généralités</b> .....	52
<b>3.2.2 Méthode de différence finie explicite</b> .....	53
<b>3.2.2.1 Différences finies</b> .....	53
<b>3.2.2.2 Force non équilibrée (unbalanced force)</b> .....	54
<b>3.3 Modèle de comportement</b> .....	54
<b>3.3.1 – Comportement du sol (Comportement élasto plastique)</b> .....	55

3.3.1.1 – Généralité.....	55
3.3.1.2 – Notions de bases fondamentale .....	56
3.3.1.2.1– <i>Notion de surface de charge</i> .....	56
3.3.1.2.2– <i>Notion de règle d'écrouissage</i> .....	58
3.3.1.2.3 – <i>Notion de loi d'écoulement</i> .....	59
3.3.1.3 – Critères de plasticités .....	60
3.3.1.3.1- <i>Modèle de MOHR - COULOMB</i> .....	60
3.3.1.3.1.1 Dilatance par cisaillement.....	61
3.3.1.3.1.2 Paramètres du modèle .....	64
3.3.1.3.2 – <i>Critère de TRESCA</i> .....	64
3.3.1.3.3 – <i>Critère de VON – MISES</i> .....	64
3.3.1.3.4 – <i>Critère de DRUCKER – PRAGER</i> .....	65
3.3.2 – <i>Modèle de comportement de l'interface</i> .....	65
3.3.2.1 - Paramètres du modèle .....	66
3.3.3 – <i>Modèle de comportement de structures</i> .....	67
3.3.3.1 – Paramètres de l'élément poutre.....	67
3.4 – PRESENTATION DU PROGRAMME EN ELEMENT FINI UTULISE.....	68
3.4.1 – Introduction .....	68
3.4.2 - Programme de calcul adopté .....	69
3.4.2.1 – Généralités .....	69
3.4.2.2 – Présentation du programme 6.2.....	70
3.4.2.3 – Critère de convergence .....	74
3.5 - CONCLUSION.....	74
<b>CHAPITRE 4 : INFLUENCE DES MODES DE MOUVEMENT DES ECRANS SUR LES PRESSIONS DE TERRE.</b>	
4.1 – INTRODUCTION.....	76
4.2 – SIMULATION DES PRESSIONS DE POUSSEE ET DE BUTEE .....	77
4.2.1- <i>Présentation du cas étudié</i> .....	77
4.2.2 – <i>Maillage et conditions aux limites</i> .....	77

4.2.3 – <i>Modèles de comportement</i> .....	78
4.2.3.1- <i>Modélisation du rideau</i> .....	79
4.2.4 – <i>Procédure de simulation</i> .....	80
<b>4.3– ESTIMATION NUMERIQUE DE COEFFICIENTS DE BUTEE</b>	
<b>ET DE POUSSEE</b> .....	81
4.3.1 – <i>Cas de la butée</i> .....	82
4.3.1.1- <i>Diagramme de la butée en fonction du déplacement de l'écran</i> .....	82
4.3.1.2 – <i>Distribution de la pression passive sur l'écran</i> .....	84
4.3.1.3- <i>Comparaison des résultats numériques avec les solutions existantes</i> .....	85
4.3.1.3.1- <i>Présentation des résultats</i> .....	85
4.3.1.3.2 – <i>Discussions</i> .....	90
4.3.2 – <i>Cas de la poussée</i> .....	95
4.3.2.1 – <i>Diagrammes de poussée en fonction du déplacement de l'écran</i> .....	95
4.3.1.2 – <i>Distribution de la pression passive sur l'écran</i> .....	96
4.3.1.3- <i>Comparaison des résultats numériques avec les solutions existantes</i> .....	97
4.3.1.3.1 – <i>Présentation des résultats</i> .....	97
4.3.1.3.2 – <i>Discussions</i> .....	98
<b>4.4- INFLUENCE DES MODES DE MOUVEMENTS SUR LA DISTRIBUTION DE</b>	
<b>PRESSION PASSIVE ET ACTIVE</b> .....	100
4.4.1 – <i>Introduction</i> .....	100
4.4.2 – <i>Procédure de simulation des différents modes</i> .....	100
4.4.3 – <i>Résultats et Comparaisons</i> .....	101
4.4.3.1 – <i>Présentation des résultats de différents modes</i> .....	101
4.4.3.1.1 – <i>Cas de la butée</i> .....	101
(a) <i>Distribution de pression passive sur l'écran</i> .....	101
(b) <i>Discussions</i> .....	109
4.4.3.1.2 – <i>Cas de la poussée</i> .....	109
(a) <i>Distribution de pression active sur l'écran</i> .....	109
(b) <i>Discussions</i> .....	118
4.4.3.2 – <i>Comparaison des coefficients de butée <math>K_p</math> et de poussée <math>K_a</math> des différents</i>	



<b>modes avec ceux de translation (T)</b> .....	118
<b>4.4.3.2.1 – Cas de la butée</b> .....	118
<b>(a) présentation des résultats</b> .....	118
<b>(b) Discussions des résultats</b> .....	119
<b>4.4.3.2.2 – Cas de la poussée</b> .....	121
<b>(a) présentation des résultats</b> .....	121
<b>(b) Discussions</b> .....	121
<b>4.5 – CONCLUSION</b> .....	123
<b>CONCLUSION GENARALE</b> .....	125
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	130