

Sommaire

| | |
|----------------------------|---|
| NOTATIONS PRINCIPALES..... | 1 |
| INTRODUCTION GÉNÉRALE..... | 3 |

PARTIE 1. EXCAVATION PROFONDE EN SITE URBAIN, FLUVIAL ET MARITIME - PROBLEMES LIES A LA MISE HORS D'EAU -

CHAPITRE I

| | |
|--|-----------|
| SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LE CALCUL D'ECRANS DE SOUTÈNEMENT..... | 07 |
| I.1 INTRODUCTION..... | 07 |
| I.2 RAPPEL SUR LES ÉCRANS DE SOUTÈNEMENT..... | 08 |
| I.2.1 LES TYPES D'ECRANS DE SOUTÈNEMENT..... | 08 |
| I.2.2 LES METHODES DE CALCUL..... | 10 |
| I.2.3 L'EFFET D'UNE EXCAVATION SUR SON ENVIRONNEMENT..... | 15 |
| I.3 LES PARAMÈTRES EN JEU..... | 16 |
| I.3.1 LE TERRAIN..... | 17 |
| I.3.1.1 <i>La nature du sol</i> | 17 |
| I.3.1.2 <i>Les effets de l'eau</i> | 18 |
| I.3.2 LES PARAMETRES LIES A L'ECRAN ET L'EXCAVATION..... | 18 |
| I.3.2.1 <i>Le type d'écran</i> | 18 |
| I.3.2.2 <i>La hauteur libre de l'écran</i> | 18 |
| I.3.2.3 <i>La fiche de l'écran</i> | 19 |
| I.3.2.4 <i>Le soulèvement du fond de fouille</i> | 20 |
| I.3.2.5 <i>La rigidité de l'écran et du système écran-appuis</i> | 22 |
| I.3.2.6 <i>Les phases de travaux</i> | 24 |
| I.3.2.7 <i>L'installation de l'écran</i> | 25 |
| I.3.2.8 <i>Le tassement de l'écran</i> | 25 |
| I.3.2.9 <i>L'enlèvement d'un soutènement temporaire</i> | 25 |
| I.3.2.10 <i>La géométrie de l'excavation</i> | 25 |
| I.3.3 SYSTEME D'APPUIS..... | 26 |
| I.3.3.1 <i>Le type d'appuis</i> | 26 |
| I.3.3.2 <i>La précontrainte</i> | 27 |
| I.3.3.3 <i>L'espacement vertical entre les appuis et « la densité d'appuis »</i> | 27 |
| I.3.3.4 <i>L'enlèvement des appuis</i> | 28 |
| I.3.3.5 <i>L'utilisation de bermes</i> | 28 |
| I.3.3.6 <i>L'installation d'un radier de fond</i> | 28 |
| I.3.4 AUTRES FACTEURS INFLUENÇANT LE COMPORTEMENT D'UN ECRAN DE SOUTÈNEMENT..... | 29 |
| I.3.4.1 <i>L'effet du temps</i> | 29 |
| I.3.4.2 <i>Température</i> | 29 |
| I.3.4.3 <i>Le voisinage du soutènement</i> | 30 |
| I.3.4.4 <i>Conduite des travaux</i> | 30 |
| I.3.4.5 <i>Défauts de la structure</i> | 30 |
| I.3.4.6 <i>La reconnaissance des sols</i> | 31 |
| I.4 LE RAPPORT DES DÉFORMATIONS HORIZONTALES ET VERTICALES | 31 |
| I.4.1 LES ETUDES DE CLOUGH ET O'ROURKE (1990) ET DE HSIEH ET OU (1998)..... | 31 |
| I.4.2 LES ETUDES JAPONAISES..... | 32 |
| I.5 DISCUSSION DES ÉTUDES SYNTHÉTIQUES ET PERSPECTIVES | 33 |
| I.6 EFFET DES COINS DANS LES EXCAVATIONS TRIDIMENSIONNELLES..... | 38 |
| I.7 CONCLUSIONS..... | 41 |

CHAPITRE II

| | |
|---|-----------|
| PRESENTATION DE L'OUTIL NUMERIQUE UTILISE ET LOIS DE COMPORTEMENT... | 43 |
| II.1 INTRODUCTION | 43 |
| II.2 GENERALITES | 43 |
| II.3 DESCRIPTION DU CODE DE CALCUL | 43 |
| II.3.1 METHODE DES DIFFERENCES FINIES (FDM)..... | 44 |
| II.3.2 ANALYSE LAGRANGIENNE..... | 45 |
| II.3.3 SCHEMA DE RESOLUTION EXPLICITE..... | 45 |
| II.3.4 FORMULATION NUMERIQUE EN DIFFERENCES FINIES : PASSAGE DU PROBLEME CONTINU A LA DISCRETISATION | 48 |
| II.4 FORCES NON EQUILIBREES (UNBALANCED FORCE) | 49 |
| II.5 PRESENTATION DU CODE BIDIMENSIONNEL (FLAC2D) | 50 |
| II.6 PRESENTATION DU CODE TRIDIMENSIONNEL (FLAC3D) | 50 |
| II.6.1 FORMULATION DU MODELE 3D EN DIFFERENCES FINIES EXPLICITE..... | 51 |
| II.6.2 DESCRIPTION DU MODELE MATHEMATIQUE..... | 51 |
| II.6.3 FORMULATION NUMERIQUE..... | 51 |
| II.6.4 NOMENCLATURE | 52 |
| II.6.5 LA SOLUTION STATIQUE | 53 |
| II.6.6 LA SOLUTION DYNAMIQUE..... | 53 |
| II.6.7 LE MAILLAGE EN DIFFERENCES FINIES | 53 |
| II.6.8 CREATION DE FICHIERS DE DONNEES EN FLAC3D..... | 54 |
| II.6.9 METHODOLOGIE DE SIMULATION AVEC FLAC3D..... | 54 |
| II.6.10 GENERATION DE MAILLAGE..... | 55 |
| II.7 MODELISATION DE L'ECOULEMENT | 56 |
| II.7.1 MODELISATION DE L'ECOULEMENT EN FLAC..... | 56 |
| II.7.2 MODELISATION DE L'ECOULEMENT EN FLAC3D..... | 57 |
| II.7.3 MODELISATION DE L'ECOULEMENT DE L'EAU AVEC LE CALCUL DE LA SURFACE PHREATIQUE | 57 |
| II.8 ELEMENTS DE STRUCTURE | 58 |
| II.9 MODELES DE COMPORTEMENT | 60 |
| II.9.1 LE MODELE ELASTIQUE LINEAIRE ISOTROPE : LOI DE HOOKE DANS FLAC | 60 |
| II.9.2 LE MODELE ELASTO-PLASTIQUE DE MOHR-COULOMB DANS FLAC3D | 61 |
| II.9.2.1 <i>Notion de surface de charge</i> | 61 |
| II.9.2.2 <i>Notion de règle d'écroutissage</i> | 61 |
| II.9.2.3 <i>Notion de loi d'écoulement</i> | 63 |
| II.9.3 MODELE DE COMPORTEMENT DE L'INTERFACE..... | 65 |
| II.10 CONCLUSION | 67 |

CHAPITRE III

| | |
|--|-----------|
| SIMULATION NUMERIQUE BI ET TRIDIMENSIONNELLE DE L'ECOULEMENT AUTOUR DES ECRANS ETANCHES | 68 |
| III.1 INTRODUCTION | 68 |
| III.2 SIMULATION NUMERIQUE | 69 |
| III.2.1 PROCEDURE DE SIMULATION EN FLAC3D..... | 69 |
| III.2.2 MAILLAGE ET CONDITIONS AUX LIMITES..... | 69 |

| | |
|---|-----------|
| III.3 DEBIT D'EXHAURE DES BATARDEAUX TRIDIMENSIONNELS SANS FOUILLE – MILIEU FINI - ALIMENTATION VERTICALE..... | 70 |
| III.3.1 CAS DE BATARDEAUX TRIDIMENSIONNELS CARRES | 70 |
| III.3.1.1 <i>Présentation des cas étudiés</i> | 70 |
| III.3.1.2 <i>Maillage et conditions aux limites</i> | 70 |
| III.3.1.3 <i>Procédure de modélisation</i> | 71 |
| III.3.2 CAS DE BATARDEAUX TRIDIMENSIONNELS RECTANGULAIRES | 73 |
| III.3.3 CAS DES BATARDEAUX AXISYMETRIQUES CIRCULAIRES..... | 74 |
| III.3.3.1 <i>Présentation des cas étudiés</i> | 74 |
| III.3.3.2 <i>Maillage et conditions aux limites</i> | 75 |
| III.3.3.3 <i>Calcul du débit d'exhaure et pertes de charge</i> | 76 |
| III.3.3.4 <i>Influence de l'épaisseur de l'écran</i> | 77 |
| III.4 CONFRONTATION AUX RESULTATS EXISTANTS..... | 78 |
| III.4.1 BATARDEAU CARRE SANS FOUILLE EN MILIEU FINI | 78 |
| III.4.2 BATARDEAU RECTANGULAIRE SANS FOUILLE EN MILIEU FINI | 79 |
| III.4.3 CONFRONTATION DU MODELE AXISYMETRIQUE PAR RAPPORT A UN MODELE TRIDIMENSIONNEL - BATARDEAU CIRCULAIRE - | 81 |
| III.5 BATARDEAUX TRIDIMENSIONNELS SANS FOUILLE DANS UN MILIEU SEMI-INFINI – ALIMENTATION VERTICALE..... | 83 |
| III.5.1 CAS DES BATARDEAUX CARRES | 83 |
| III.5.2 CAS DES BATARDEAUX RECTANGULAIRES..... | 84 |
| III.5.3 CAS DES BATARDEAUX CIRCULAIRES | 84 |
| III.6 CONFRONTATION AVEC LES RESULTATS EXISTANTS..... | 85 |
| III.7 PROPOSITIONS POUR LE CALCUL DU DEBIT DANS LES BATARDEAUX CARRES SANS FOUILLE..... | 85 |
| III.8 PROPOSITIONS POUR LE CALCUL DU DEBIT DANS LES BATARDEAUX RECTANGULAIRE SANS FOUILLE..... | 85 |
| III.9 DEBIT D'EXHAURE DES BATARDEAUX TRIDIMENSIONNELS AVEC FOUILLE DANS UN MILIEU FINI -ALIMENTATION VERTICALE | 86 |
| III.9.1 CAS DES BATARDEAUX CARRES | 86 |
| III.9.2 CAS DES BATARDEAUX RECTANGULAIRES | 88 |
| III.9.3 CAS DES BATARDEAUX CIRCULAIRES..... | 90 |
| III.10 CONFRONTATION AUX RESULTATS EXISTANTS..... | 92 |
| III.10.1 CAS DES BATARDEAUX CARRES | 92 |
| III.10.2 CAS DES BATARDEAUX RECTANGULAIRES..... | 93 |
| III.10.3 CAS DES BATARDEAUX CIRCULAIRES | 93 |
| III.11 BATARDEAUX TRIDIMENSIONNELS AVEC FOUILLE EN MILIEU SEMI-INFINI - ALIMENTATION VERTICALE | 95 |
| III.11.1 CAS DES BATARDEAUX CARRES | 95 |
| III.11.2 CAS DES BATARDEAUX RECTANGULAIRES..... | 95 |
| III.11.3 CAS DES BATARDEAUX CIRCULAIRES | 96 |
| III.13 CONCLUSION..... | 97 |
| CHAPITRE IV | |
| PREVISION NUMERIQUE DU PHENOMENE DE RENARD AUTOUR DES ECRANS ETANCHES..... | 99 |
| IV.1 INTRODUCTION..... | 99 |

| | | |
|--------------|--|------------|
| IV.2 | INCIDENCE MECANIQUE DE L'ECOULEMENT..... | 100 |
| IV.3 | TRAVAUX ANTERIEURS DE PREVISION DU RENARD..... | 100 |
| IV.3.1 | Cas des batardeaux plans | 100 |
| IV.3.1.1 | <i>Cas d'un milieu homogène isotrope.....</i> | <i>100</i> |
| IV.3.1.1.1 | Cas d'un seul écran dans une seule couche en milieu semi-infini | 100 |
| IV.3.1.1.2 | Cas de deux écrans dans une seule couche en milieu fini | 101 |
| IV.3.1.2 | <i>Cas de deux écrans dans une seule couche en milieu homogène anisotrope.....</i> | <i>102</i> |
| IV.3.1.3 | <i>Cas de deux écrans dans un milieu bicouche isotrope.....</i> | <i>102</i> |
| IV.3.1.3.1 | Cas où l'écran fiché dans la couche supérieure (cas A)..... | 102 |
| IV.3.1.3.2 | Cas où l'écran fiché dans la couche inférieure (cas B)..... | 102 |
| IV.3.2 | Cas des batardeaux circulaires..... | 103 |
| IV.4 | MODELISATION NUMERIQUE DU PHENOMENE DE RENARD | 105 |
| IV.4.1 | CHOIX DES CARACTERISTIQUES DE L'INTERFACE FLAC..... | 105 |
| IV.4.2 | PROCEDURE DE MODELISATION DU RENARD..... | 106 |
| IV.5 | PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS..... | 107 |
| IV.5. | CAS DES BATARDEAUX AXISYMETRIQUES CIRCULAIRES..... | 107 |
| IV.5.1 | <i>Présentation des cas étudiés.....</i> | <i>108</i> |
| IV.5.2 | <i>Maillage et conditions aux limites.....</i> | <i>108</i> |
| IV.5.3 | <i>Modèle de comportement.....</i> | <i>109</i> |
| IV.5.4 | <i>Modélisation de l'écran.....</i> | <i>110</i> |
| IV.5.5 | <i>Détermination de la charge critique provoquant le renard.....</i> | <i>110</i> |
| IV.5.5.1 | Cas d'un milieu homogène isotrope..... | 110 |
| IV.5.5.1.1 | Cas de deux écrans dans une seule couche en milieu semi-infini | 110 |
| IV.5.5.1.2 | Cas de deux écrans dans une seule couche en milieu fini | 115 |
| IV.5.5.2 | Cas de deux écrans dans une seule couche en milieu homogène anisotrope | 118 |
| IV.5.5.2.1 | Milieu fini | 119 |
| IV.5.5.2.2 | Milieu semi-infini..... | 122 |
| IV.5.5.3 | Cas de deux écrans dans un milieu bicouche isotrope..... | 123 |
| IV.5.5.3.1 | Milieu fini..... | 123 |
| IV.5.5.3.1.1 | Cas où l'écran est fiché dans la couche supérieure (cas A)..... | 123 |
| IV.5.5.3.1.2 | Cas où l'écran est fiché dans la couche inférieure (cas B)..... | 126 |
| IV.5.5.3.2 | Milieu semi-infini..... | 128 |
| IV.6 | Conclusion | 129 |

PARTIE 2. PRISE EN COMPTE DU COUPLAGE HYDROMECHANIQUE DANS LES CALCULS DE SOUTÈNEMENT

CHAPITRE V

| | |
|---|------------|
| EFFETS DU COUPLAGE HYDROMÉCANIQUE DANS LES CALCULS DE SOUTÈNEMENT..... | 132 |
| V.1 INTRODUCTION..... | 132 |
| V.2 PHASAGE DES TRAVAUX ET PROCEDES DE CONSTRUCTION COURANTS..... | 132 |
| V.2.1 CONSOLIDATION..... | 132 |
| V.2.2 RABATTEMENT DE NAPPE..... | 133 |
| V.2.3 EXCAVATION..... | 133 |
| V.2.4 SYNTHÈSE..... | 134 |
| V.3 MODELISATION DE LA CONSOLIDATION..... | 134 |
| V.3.1 FORMULATION DES PROBLEMES COUPLES..... | 134 |
| V.3.1.1 <i>Principe des contraintes effectives de Terzaghi.....</i> | <i>134</i> |
| V.3.1.2 <i>Comportement du sol.....</i> | <i>134</i> |

| | | |
|---|---|------------|
| V.3.1.3 | <i>Formulation de l'équation d'équilibre mécanique</i> | 135 |
| V.3.1.4 | <i>Conservation de la masse d'eau</i> | 135 |
| V.3.1.5 | <i>Loi de Darcy</i> | 136 |
| V.3.1.6 | <i>Conditions initiales et conditions aux limites</i> | 136 |
| V.3.2 | DECOUPLAGE DES PROBLEMES MECANIQUE ET HYDRAULIQUE..... | 137 |
| V.3.2.1 | <i>Problème à court terme</i> | 138 |
| V.3.2.1.1 | <i>Solution découplée à court terme en élasticité</i> | 138 |
| V.3.2.1.2 | <i>Modules élastiques en condition non drainée</i> | 139 |
| V.3.2.1.3 | <i>Déformations plastiques à court terme</i> | 139 |
| V.3.2.2 | <i>Découplage du problème à long terme</i> | 140 |
| V.3.2.3 | <i>Découplage en régime transitoires</i> | 140 |
| V.4 | CONCLUSION | 142 |
| | | |
| CHAPITRE VI | | |
| | | |
| MODELISATION NUMERIQUE COUPLEE DE LA CONSTRUCTION DE TROIS OUVRAGES PORTUAIRES | | 143 |
| VI.1 | INTRODUCTION | 143 |
| VI.2 | QUAI EN EAU PROFONDE DU PORT DE CALAIS | 143 |
| VI.2.1 | PRESENTATION DE L'OUVRAGE..... | 143 |
| VI.2.1.1 | <i>Contexte géotechnique</i> | 144 |
| VI.2.1.2 | <i>Hydrologie du site</i> | 144 |
| VI.2.1.3 | <i>Description de l'ouvrage</i> | 144 |
| VI.2.1.4 | <i>Phasage de construction</i> | 145 |
| VI.2.1.5 | <i>Instrumentation et suivi de chantier</i> | 147 |
| VI.2.2 | MODELISATION NUMERIQUE..... | 147 |
| VI.2.2.1 | <i>Modèle et maillage Flac2D</i> | 147 |
| VI.2.2.2 | <i>Conditions aux limites</i> | 148 |
| VI.2.2.3 | <i>Caractéristiques mécaniques utilisées pour la modélisation numériques</i> | 149 |
| VI.2.2.4 | <i>Prise en compte du phasage de la construction</i> | 151 |
| VI.2.3 | RESULTATS DES CALCULS..... | 153 |
| VI.2.3.1 | <i>Déplacements de la paroi</i> | 154 |
| VI.2.3.2 | <i>Déplacements du rideau d'ancrage</i> | 156 |
| VI.2.3.3 | <i>Moment de flexion dans le voile en paroi moulée</i> | 157 |
| VI.2.3.4 | <i>Efforts dans les tirants</i> | 158 |
| VI.2.4 | CONCLUSION..... | 161 |
| VI.3 | QUAI OSAKA AU PORT DU HAVRE | 161 |
| VI.3.1 | PRESENTATION DU SITE..... | 161 |
| VI.3.1.1 | <i>Conditions géotechniques</i> | 161 |
| VI.3.1.2 | <i>Hydrologie du site</i> | 162 |
| VI.3.2 | OUVRAGE..... | 162 |
| VI.3.2.1 | <i>Description</i> | 162 |
| VI.3.2.2 | <i>Phasage de construction</i> | 163 |
| VI.3.2.3 | <i>Instrumentation et suivi de chantier</i> | 165 |
| VI.3.3 | MODELISATION NUMERIQUE AVEC FLAC2D..... | 167 |
| VI.3.3.1 | <i>Modèle et maillage</i> | 167 |
| VI.3.3.2 | <i>Conditions aux limites</i> | 167 |
| VI.3.3.3 | <i>Caractéristiques mécaniques utilisées pour la modélisation numérique</i> | 168 |
| VI.3.3.4 | <i>Prise en compte du phasage de la construction</i> | 169 |
| VI.3.4 | RESULTATS DE CALCULS FLAC2D..... | 171 |
| VI.3.4.1 | <i>Le frottement négatif à l'interface sol-paroi du au rabattement de nappe</i> | 172 |
| VI.3.4.2 | <i>Déplacements de la paroi</i> | 173 |
| VI.3.4.3 | <i>Efforts dans les tirants</i> | 174 |
| VI.3.4.4 | <i>Déplacements du massif de sol et du rideau d'ancrage</i> | 176 |
| VI.3.5 | SYNTHESE..... | 177 |

| | | |
|--|--|------------|
| VI.4 | MODELISATION NUMERIQUE DU PANNEAU INSTRUMENTE DU PORT 2000 AU HAVRE..... | 177 |
| VI.4.1 | LE SITE ET L'OUVRAGE..... | 178 |
| VI.4.1.1 | <i>Géologie.....</i> | 178 |
| VI.4.1.2 | <i>Hydrogéologie.....</i> | 178 |
| VI.4.1.3 | <i>La structure du quai.....</i> | 178 |
| VI.4.1.4 | <i>Le phasage de construction.....</i> | 179 |
| VI.4.2 | L'OBJECTIF DE L'INTERVENTION ET LES RESULTATS ATTENDUS..... | 180 |
| VI.4.3 | LE COMPORTEMENT DE L'OUVRAGE..... | 181 |
| VI.4.4 | SYNTHESE DE L'INSTRUMENTATION DU PANNEAU | 182 |
| VI.4.5 | MODELISATION NUMERIQUE AVEC FLAC2D..... | 182 |
| VI.4.5.1 | <i>Introduction.....</i> | 182 |
| VI.4.5.2 | <i>Le mode de calcul couplé en Flac2D.....</i> | 183 |
| VI.4.5.3 | <i>Modélisation numérique de l'ouvrage.....</i> | 183 |
| VI.4.5.4 | <i>Le déroulement des calculs : problèmes et solutions.....</i> | 191 |
| VI.4.5.5 | <i>Résultats des calculs Flac2D.....</i> | 192 |
| VI.4.5.5.1 | <i>Les sollicitations sur la paroi.....</i> | 194 |
| VI.4.5.5.2 | <i>Déplacements de la paroi.....</i> | 196 |
| VI.4.5.5.3 | <i>Efforts dans les tirants.....</i> | 199 |
| VI.4.5.5.4 | <i>Détermination du Facteur de Sécurité à la dixième étape de construction</i> | 201 |
| VI.4.5.6 | <i>Conclusion et perspectives.....</i> | 201 |
| VI.4.5.7 | <i>Résumé du comportement de l'ouvrage et comparaison avec les mesures</i> | 202 |
| VI.4.5.8 | <i>Comparaison avec les études antérieures.....</i> | 203 |
| VI.4.5.8.1 | <i>Port de Calais et Quai d'Osaka (type français).....</i> | 203 |
| VI.4.5.8.2 | <i>Quais à Hambourg (type allemand).....</i> | 206 |
| VI.4.5.8.3 | <i>Comparaison de la déformation « finale » des différents quais.....</i> | 208 |
| VI. 5 | CONCLUSION..... | 209 |
| CHAPITRE VII | | |
| MODELISATIONS NUMERIKES COUPLEES D'OUVRAGES DE SOUTENEMENT EXPERIMENTAUX..... | | |
| | | 210 |
| VII.1 | INTRODUCTION..... | 210 |
| VII.2 | MODELISATION NUMERIQUE DU COMPORTEMENT DE LA FOUILLE EXPERIMENTALE DE ROTTERDAM-PERNIS..... | 210 |
| VII.2.1 | DESCRIPTION DU SITE ET DE L'OUVRAGE..... | 211 |
| VII.2.1.1 | <i>Géotechnique.....</i> | 211 |
| VII.2.1.2 | <i>Ouvrage.....</i> | 212 |
| VII.2.1.3 | <i>Phasage d'excavation.....</i> | 213 |
| VII.2.2 | MODELISATION COUPLEE A L'AIDE DU CODE FLAC2D..... | 214 |
| VII.2.2.1 | <i>Modèle et maillage avec Flac2D.....</i> | 215 |
| VII.2.2.2 | <i>Caractéristiques des sols.....</i> | 216 |
| VII.2.2.3 | <i>Mise en œuvre de la modélisation numérique couplée.....</i> | 217 |
| VII.2.2.4 | <i>Prise en compte de l'évolution du problème dans le temps.....</i> | 219 |
| VII.2.2.5 | <i>Résultats des calculs.....</i> | 219 |
| VII.2.3 | CONFRONTATION AVEC LES DONNEES EXPERIMENTALES..... | 223 |
| VII.2.3.1 | <i>Déplacements de la paroi Arbed AZ13 du rideau nord.....</i> | 223 |
| VII.2.3.2 | <i>Déplacements de la paroi Hoesch L607K du rideau sud.....</i> | 225 |
| VII.2.3.3 | <i>Pression de terre et de l'eau sur la paroi AZ13.....</i> | 227 |
| VII.2.4 | MODELISATION NUMERIQUE DECOUPLEE AVEC FLAC2D..... | 229 |
| VII.2.4.1 | <i>Modèle numérique utilisé Flac2D.....</i> | 229 |
| VII.2.4.2 | <i>Mise en œuvre de la modélisation numérique découplée avec Flac2D</i> | 229 |
| VII.2.4.3 | <i>Résultats et confrontation.....</i> | 229 |
| VII.2.4.4 | <i>Synthèse.....</i> | 232 |
| VII.2.5 | Conclusion..... | 232 |

| | | |
|--------------|--|------------|
| VII.3 | MODELISATION COUPLEE DE LA MISE D'UN PANNEAU DE PAROI MOULEE.. | 232 |
| VII.3.1 | DESCRIPTION DU SITE ET DE L'OUVRAGE..... | 233 |
| VII.3.2 | MODELISATION TRIDIMENSIONNELLE AVEC FLAC3D..... | 234 |
| VII.3.2.1 | <i>Paramètres du modèle de calcul</i> | 234 |
| VII.3.2.2 | <i>Etapas de calcul</i> | 235 |
| VII.3.3 | RESULTATS ET CONFRONTATION AUX MESURES..... | 236 |
| VII.3.3.1 | <i>Contrainte totales horizontales dans le sol Flac3D</i> | 236 |
| VII.3.3.2 | <i>Déplacements latéraux dans le sol Flac3D</i> | 238 |
| VII.3.4 | SYNTHESES ET PERSPECTIVES..... | 238 |
| VII.4 | VALIDATION SUR UN OUVRAGE RÉEL INSTRUMENTÉ : MODÉLISATION DU RIDEAU DE PALPLANCHES EXPÉRIMENTAL DE HOCHSTETTEN..... | 239 |
| VII.4.1 | INTRODUCTION..... | 239 |
| VII.4.2 | PRESENTATION DE L'OUVRAGE..... | 240 |
| VII.4.2.1 | <i>Géométrie</i> | 240 |
| VII.4.2.2 | <i>Phasage de construction</i> | 240 |
| VII.4.2.3 | <i>Instrumentation</i> | 241 |
| VII.4.3 | PROPRIETES PHYSIQUES DU SABLE DE KARLSRUHE..... | 242 |
| VII.4.4 | DETERMINATION DES PARAMETRES DU MODELE DE FAHEY ET CARTER..... | 243 |
| VII.4.5 | MODELISATION PAR DIFFERENCES FINIES..... | 243 |
| VII.4.5.1 | <i>Maillage</i> | 243 |
| VII.4.5.2 | <i>Comportement des matériaux</i> | 245 |
| VII.4.5.3 | <i>Conditions aux limites</i> | 246 |
| VII.4.5.4 | <i>Initialisation des contraintes</i> | 246 |
| VII.4.5.5 | <i>Chargement</i> | 246 |
| VII.4.5.6 | <i>Comparaison avec un modèle élastique linéaire-parfaitement plastique</i> | 246 |
| VII.4.6 | PRESENTATION DES RESULTATS..... | 247 |
| VII.4.6.1 | <i>Pression des terres de part et d'autre du rideau de palplanches</i> | 247 |
| VII.4.6.2 | <i>Déplacement horizontal du rideau de palplanches</i> | 250 |
| VII.4.6.3 | <i>Moment fléchissant du rideau de palplanches</i> | 253 |
| VII.4.6.4 | <i>Déplacement vertical du sol en surface</i> | 255 |
| VII.4.6.5 | <i>Efforts dans les butons</i> | 256 |
| VII.5 | CONCLUSIONS..... | 257 |
| <hr/> | | |
| | CONCLUSION GENERALE..... | 258 |
| | REFERENCES..... | 262 |
| <hr/> | | |