

Mécanique et risques en génie civil

Objectifs : Comment caractériser, modéliser et simuler le comportement des géomatériaux (sols, roches, béton, ...) depuis l'échelle microscopique jusqu'à l'échelle de l'ouvrage ?

1- Comportement mécanique des matériaux granulaires (N. Benahmed, 3h)

Notions générales : déformations, relation contrainte-déformation, contraintes effectives

Caractérisation expérimentale : différents types d'essais, comportement drainé/non-drainé ; déformations volumiques (contractance/dilatance), relation avec les propriétés du sol, résistance au cisaillement à l'appareil triaxial

Instabilité et rupture : droite d'instabilité, droite caractéristique, état critique (critère de Mohr Coulomb)

Exemples de désordre liés aux instabilités

2- Modélisations continues (G. Veylon, 3h)

Rappels théoriques

Description des méthodes de résolution : méthode des éléments finis, méthode des différences finies, point matériel

Lois de comportement : modèles élasto-plastiques, micromécaniques, multi-échelles (focus sur la prise en compte de la microstructure)

Principes de traitement des singularités : localisation des déformations, fissuration

Exemples

3- La Méthode aux Éléments Discrets (DEM) : une méthode de modélisation numérique adaptée aux géomatériaux (J. Duriez, 2h)

Présentation des principes de la DEM

Lois de contacts

Equations d'équilibre

Schéma de discrétisation numérique

4- TP : Programmation d'un code DEM 1D minimal pour la modélisation d'une poutre en traction/compression (J. Duriez et A. Wautier, 3h)

Cette séance nécessite que les étudiants aient un ordinateur (possibilités de prêt à discuter avec l'enseignant) avec MATLAB (<https://fr.mathworks.com/products/matlab.html>) ou Octave (d'usage très similaire à MATLAB mais gratuit <https://www.gnu.org/software/octave/>) ou Python (<https://www.python.org/>) d'installé, en sachant l'utiliser pour des écritures de fonctions et des calculs sur colonnes de données numériques.

5- Instabilités mécaniques et rupture dans les matériaux granulaires (A. Wautier, 3h)

Définitions : instabilité, bifurcation, rupture

Plasticité granulaire : imbrication élasticité/plasticité, plasticité-non associée, plasticité incrémentalement non linéaire

Modes de rupture : rupture diffuse ou localisée, adoucissement matériau ou structurel

Critères de rupture : surface limite de plasticité, critère de localisation, critère du travail du second ordre

Exemples d'application du critère du travail du second ordre : à l'échelle du matériau et de la structure

6- Action de l'eau sur le sol : érosion, instabilités hydro-mécaniques (P. Philippe, 3h)

Contexte général : risque inondation, ouvrages de protection, érosion externe et érosion interne

Erosion de surface : loi(s) locale(s), essais d'érosion et modèles d'interprétation

Exemple de l'érosion de conduit
Exemple de l'érosion de contact
Instabilités hydromécaniques : fluidisation, effondrements gravitaires

7- Propagations des incertitudes et analyse de fiabilité (C. Carvajal, 3h)

Introduction sur la prise en compte des incertitudes dans la modélisation mécanique en génie civil
Modélisation des incertitudes par variables aléatoires et champs aléatoires
Couplage mécano-fiabiliste : First-Order Reliability Method, surfaces de réponse, simulations de Monte-Carlo
Exemples d'application

8- Sureté de fonctionnement des systèmes de génie civil (L. Peyras, 3h)

Introduction à la sureté de fonctionnement
Analyse fonctionnelle des systèmes
Analyse des modes de défaillance des systèmes : APR, APD, AMDE, AMEC, HAZOP
Modélisation des scénarios de défaillance des systèmes : méthodes des arbres d'événement, méthodes des arbres de cause, méthode du nœud papillon
Evaluation de la sûreté des systèmes : probabiliste, semi-probabiliste, experte
Exemples illustrés sur des systèmes de génie civil

9- TD : Calculs mécano-fiabilistes pour l'analyse de risque d'un barrage (L. Peyras et C. Carvajal, 3h)

Mise en pratique des deux cours précédents sur un cas concret