

Milieux granulaires (MGRA)



Composante
École Nationale
Supérieure
d'Électrotechnique
d'Électronique
d'Informatique
d'Hydraulique
et des
Télécommunications

En bref

> **Code:** N9EM19C

Présentation

Objectifs

Les matériaux granulaires sont rencontrés dans de très nombreuses applications industrielles et géophysiques. Les ingénieurs sont souvent confrontés à de nombreux problèmes en matière de traitement, de transport et de stockage de poudres et granulats de toutes sortes. On citera par exemple le domaine du bâtiment et des travaux publics (sables, graviers, ciments,...), de l'industrie de transformation (fonderie, génie chimique, industries pharmaceutiques et cosmétiques,...), de l'industrie agro-alimentaire (céréales, farines, ..) et de la géophysique (plage, cours d'eau, déserts, avalanches, ...). Ce cours a pour objectif de :

- Se familiariser avec les milieux granulaires
- Comprendre et décrire les milieux granulaires à l'échelle des particules
- Comprendre et décrire les milieux granulaires de manière continue
- Caractériser l'influence du fluide interstitiel sur le comportement des milieux granulaires
- Être capable d'étudier et analyser une application

Description

Le cours s'articule autour d'un socle de connaissances de base sur les milieux granulaires sec (sans influence du fluide interstitiel), auquel s'ajoute une discussion de l'influence du fluide interstitiel et un certain nombre d'applications à des cas concrets au travers d'activités individuelles et collectives et d'un projet en petit groupe. Le socle est composé des parties suivantes :

I. Introduction/définition

- Définition des milieux granulaires (MGRA)
- Applications industrielles et géophysique
- Spécificités des MGRA
- Approximation classique

II. Description discrète des MGRA

- Forces à l'échelle des particules, focus sur le contact
- Principe de la méthode de simulation par éléments discrets
- Répartition discrète de la contrainte au sein d'un MGRA

III. Description continue des MGRA

- Passage au milieu continu : enjeux et méthodes
- État solide (quasi-statique) : statique et plasticité des MGRA
- État liquide (dense) : rhéologie $\mu(I)$
- État gaz (dilué) : introduction, analogie avec un gaz

Autour de ce socle, des activités de recherche bibliographique et d'application des différentes approches seront en particulier animées autour des thèmes suivants :

- Le plan incliné : une configuration canonique pour les écoulements granulaires industriels & géophysiques
- Boite vibrée et démon de Maxwell : nature et fonctionnement des écoulements granulaires dilués/à l'état « gazeux »
- La ségrégation en milieux granulaires: richesse de comportement et complexité
- Écoulement dans les silos : effet Janssen
- Hystérésis, conditions aux limites et séparation d'échelles
- Influence du fluide interstitiel sur le comportement des milieux granulaires : couplage poro-mécanique & influence sur les écoulements granulaires

Pré-requis obligatoires

Si vous avez suivi la formation MF2E à l'N7, les seuls pré-requis dont vous avez besoin sont de la motivation et de la curiosité !

Si vous n'avez pas suivi la formation de l'N7, voici rapidement un aperçu de ce dont vous aurez besoin pour suivre le cours (n'hésitez pas à me contacter par mail si vous avez un doute sur votre capacité à suivre le cours) :

- Mécanique des milieux continus : notion de moyenne et dérivation des équations
- Mécanique des solides : indéformable (PFD translation + rotation), déformable dans le cas linéaire élastique (loi de Hooke), éventuellement qq notions de plasticité.
- Mécanique des fluides : équations de Navier-Stokes, nombre sans dimensions, comportement des fluides newtoniens, notions de rhéologie et de fluides complexes.
- Mathématiques de base : dérivation, intégration, manipulation d'équations, simplifications,...
- Interaction fluide/particules : forces hydrodynamiques appliquées sur une particule