

Outils numériques



Eric Opsomer

Premier Assistant au DEPHY
Chercheur au GRASP



Allée du six Août 19
Bâtiment B5a
Bureau 3/57



eric.opsomer@uliege.be



04.366.2932



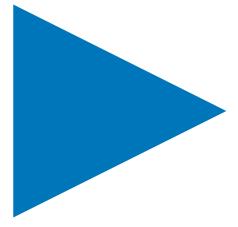
LIÈGE
université

Outils numériques

- ▶ **But:** Donner une introduction à la Physique numérique dans le cadre de la matière molle.
- ▶ Séances de 3 heures sous formes d'**ateliers**. Théorie et explications entrecoupés d'exercices.
- ▶ Le cours nécessite l'utilisation d'une **ordinateur** avec un éditeur et un compilateur de C/C++.
- ▶ Différent codes **sources** et librairies nécessaires aux cours vous seront fournis.
- ▶ L'évaluation se fait sur base d'un **projet**. Il faudra présenter ce projet oralement et rendre un rapport.

Plan du cours

- ▶ Introduction
- ▶ Schémas d'intégrations
- ▶ Détection des contacts
- ▶ Modélisation des forces
- ▶ Programmation orientée objet
- ▶ Projets et adaptation de l'algorithme
- ▶ Séances de travail



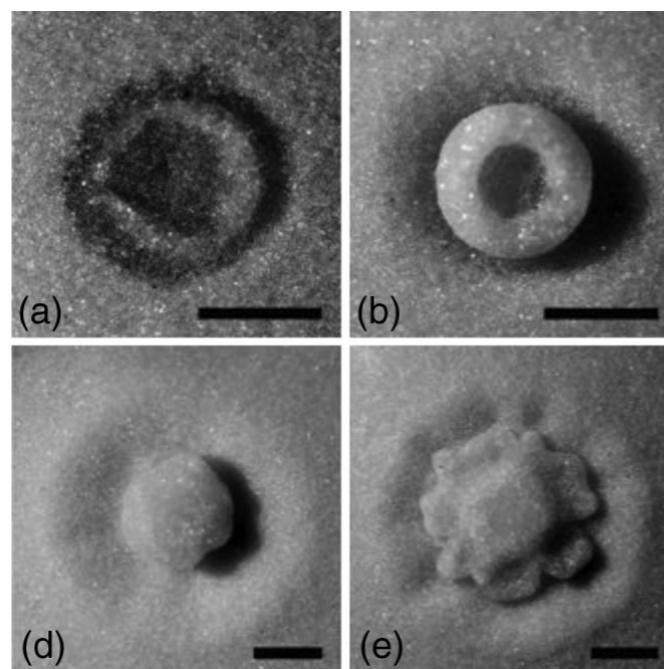
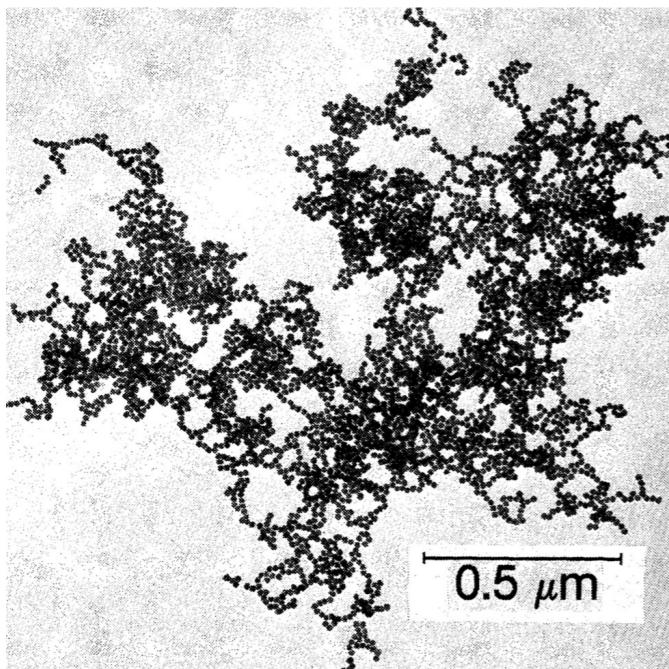
Introduction

Outils numériques

- ▶ Le terme **outils numériques** recouvre deux types de programmes:
- ▶ Les programmes **d'analyse** et de traitement de données (ImageJ, LabView, R, Mathematica,...)
- ▶ Les programmes de **simulation** qui créent des données (Monte Carlo, DEM, FEM, Event Driven,...)
- ▶ Ce cours s'intéresse à la **deuxième** catégorie d'outils, en particulier aux algorithmes DEM.
- ▶ L'acronyme **DEM** vient de l'anglais et signifie: **Discrete Element Method**.

Matière molle

- ▶ Systèmes physiques qui présente une **réponse importante** pour une faible perturbation extérieure.



Suspension colloïdales
Weitz and Oliveira (1984)

Matière granulaires
Zao et al. (2015)

Matière actives
Cavagna et al. (2010)

- ▶ Souvent l'énergie **d'interaction** est comparable à l'énergie **thermique** à température ambiante.

Matière granulaire

- ▶ Matière complexe constituée d'un **ensemble de particules** solides en interaction.
- ▶ Les particules sont très diverses au niveau de leurs **morphologies** et de leurs **interactions**.



Poudres
Pigments de couleur



Sable, gravats
Régolithe martien



Briques
Blocs de Lego

Matière granulaire

- ▶ Les **dynamiques** d'un milieux granulaire dépendent des contraintes externes qui lui sont appliqués.
- ▶ Par **analogie** aux milieux classiques, nous allons parler de solides, liquides et gaz granulaires.



Solide granulaire
Dune du Sahara



Liquide granulaire
Glissement de terrain



Gaz granulaire
Tourbillon de sable

Matière active

- ▶ La matière active est un système composé d'un **grand nombre** d'individus auto-propulsés.



Banc de poisson
Marchetti et al. (2013)

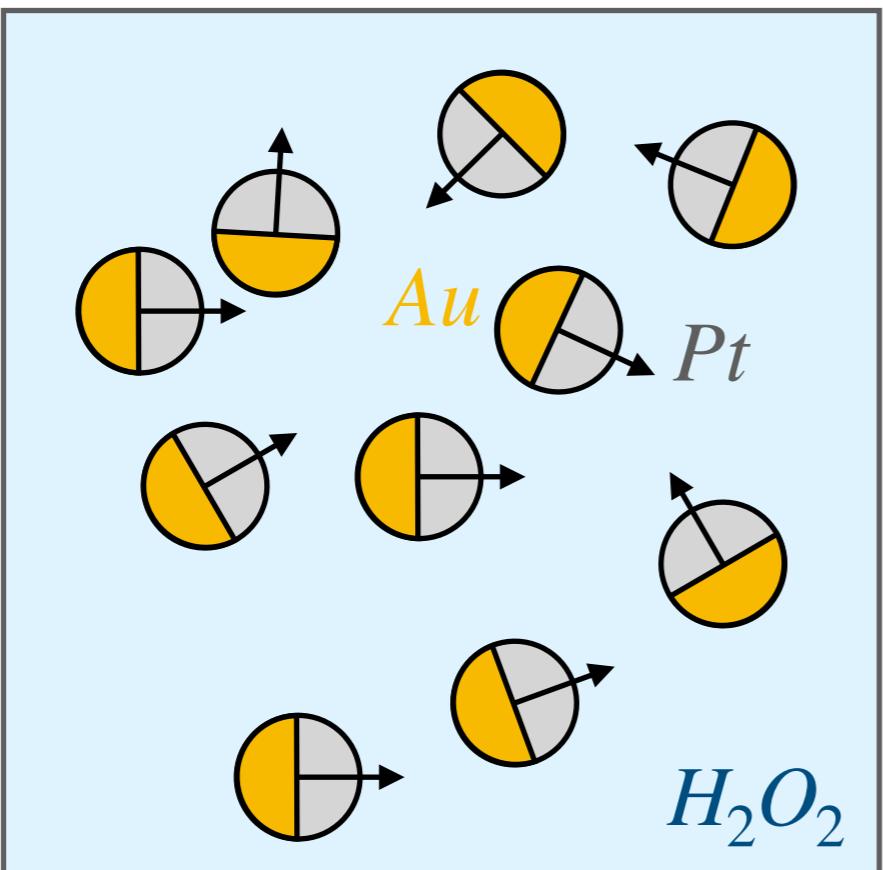


Foule humaine
Hong Kong

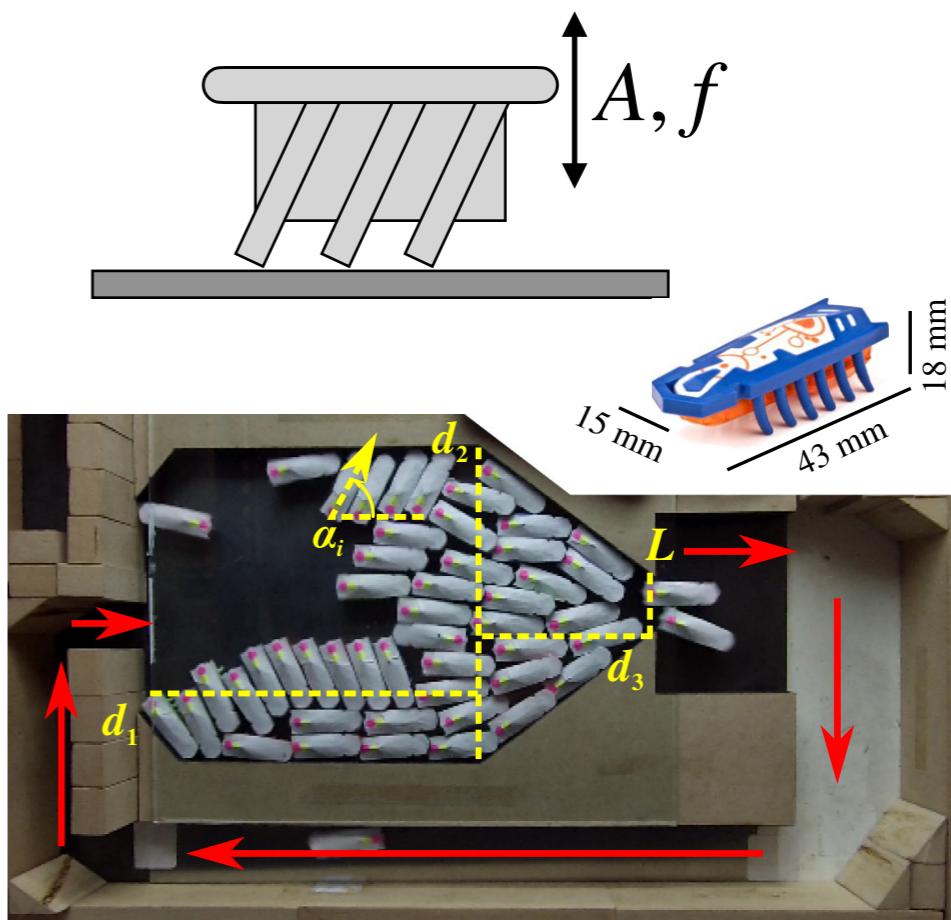
- ▶ L'**interaction** entre les différents individus mène à l'apparition d'effets collectifs.

Matière active

- ▶ La matière active est n'est pas forcément constitué d'individus **vivants**.



Particules Janus
Paxton et al. (2004)



Hexbugs
Patterson et al. (2017)

Simulations numériques

Pourquoi est-il intéressant de simuler des systèmes physiques?

- ▶ Les simulations permettent d'obtenir des mesures **inaccessibles** expérimentalement.
- ▶ Des simulations **prédictives** peuvent réduire les imprévus et les coûts expérimentaux.
- ▶ On veut éviter les expériences trop **pénibles** ou trop **dangereuses** pour l'expérimentateur.
- ▶ Avoir le **contrôle absolu** des paramètres expérimentaux et travailler dans des conditions idéales.

Simulations numériques

Comment pouvons nous réaliser des simulations réalistes de systèmes physiques?

- ▶ Nous allons utiliser **la méthode des éléments discrets** (DEM) modélisant l'interaction entre des disques.
- ▶ Développée par Cundall en 1971 afin de résoudre des problèmes de la **mécanique des sols**.
- ▶ **Adaptée** pour la simulation de milieux composés de nombreuses petites **particules**.
- ▶ Largement **acceptée** comme méthode **efficace** dans la modélisation de milieux granulaires.

Méthode des éléments discrets

- Voici le fonctionnement général de l'algorithme DEM que nous allons détailler par la suite.

