

Moteurs Physiques pour l'Animation & la Simulation

M2 IMAGE

2021/2022

volume : 4x(2hCM+2hTD)
évaluation : projet



INSTITUT
D'ÉLECTRONIQUE
ET D'INFORMATIQUE
GASPARD-MONGE

Plan (approximatif)

Etat de l'art : animation & modèles
physiques

Un peu de physique : mécanique du point / du solide
définitions et mise en équations

Un peu de math : systèmes d'équations différentielles
méthodes numériques de résolution

Techniques d'animation : modèles descriptifs vs. modèles générateurs

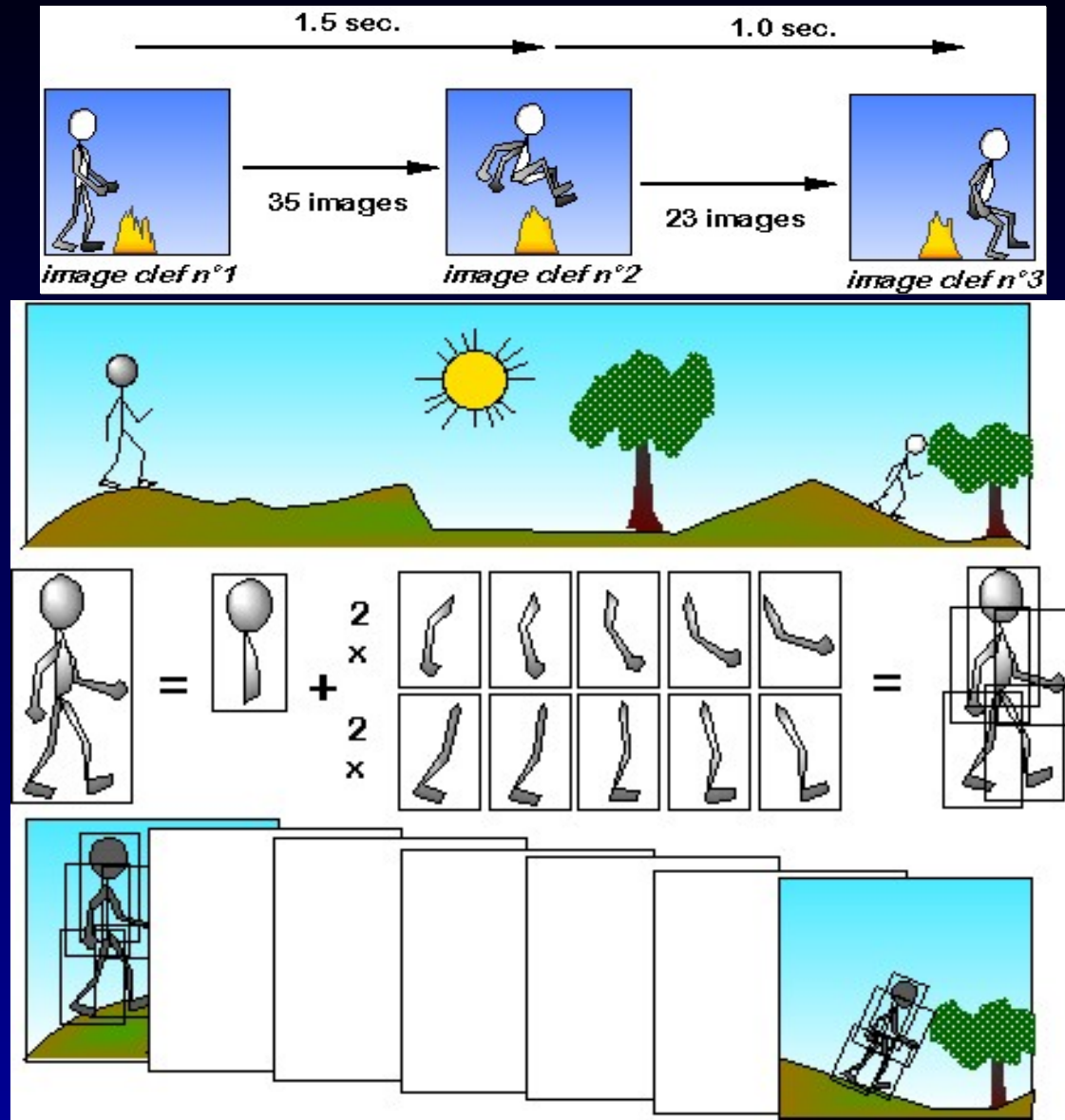
Modèles physiques : par découpage
différences finies
éléments finis
par assemblage
masses/ressorts
systèmes de particules

(petit) résumé Animation Traditionnelle

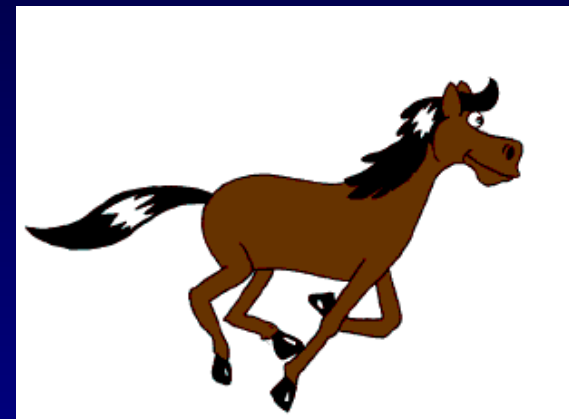
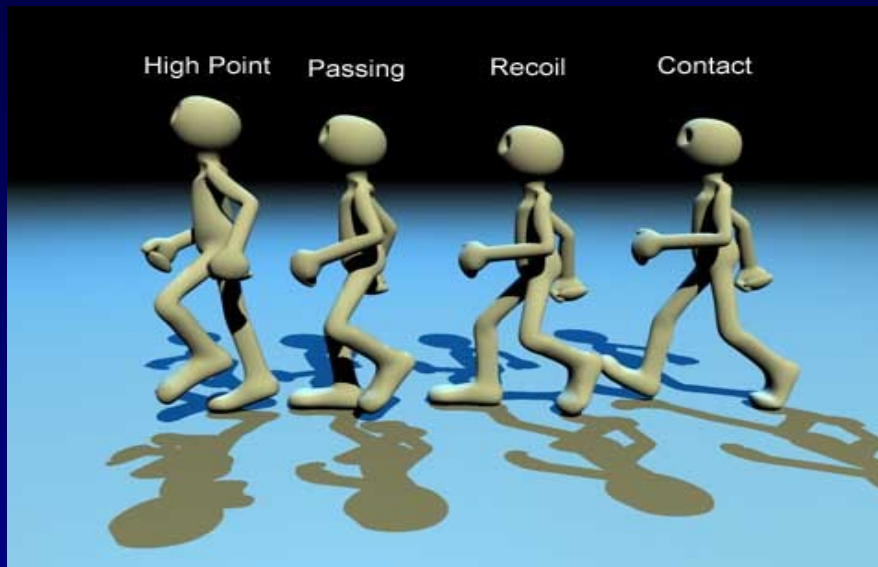
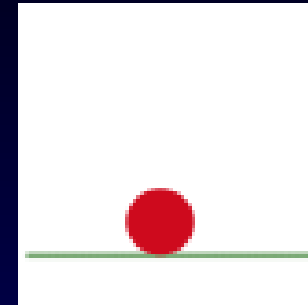
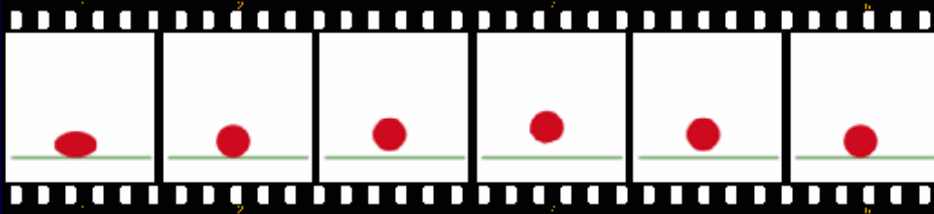


Animation par images-clefs (*keyframing – cycles de marche*)

cell(uloïd)-animation



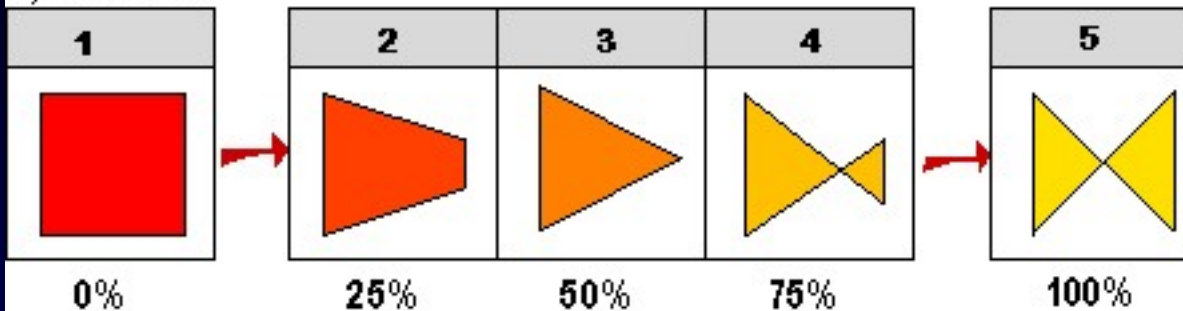
Animation par images-clefs (*keyframing – cycles de marche*)



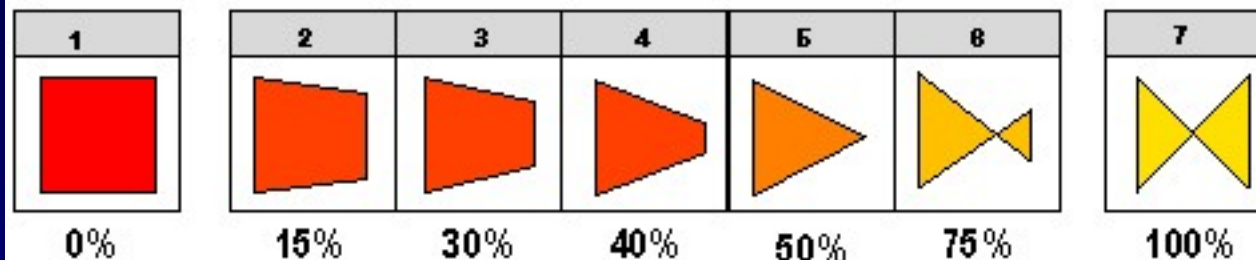
Animation par images-clefs (*interpolation sur la forme*)

Déformations

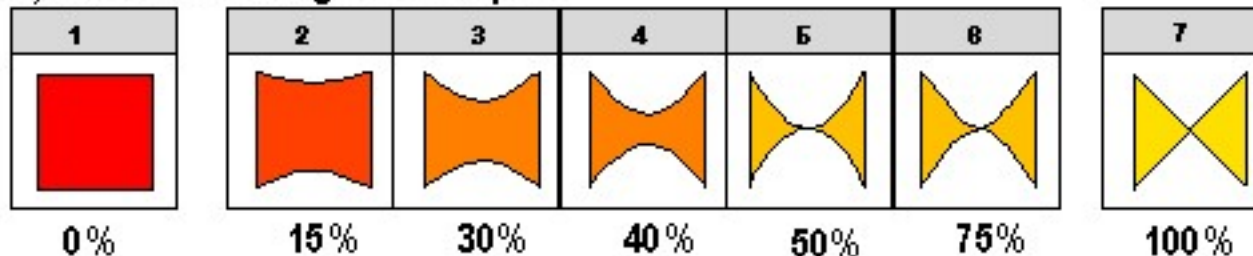
a) linéaires



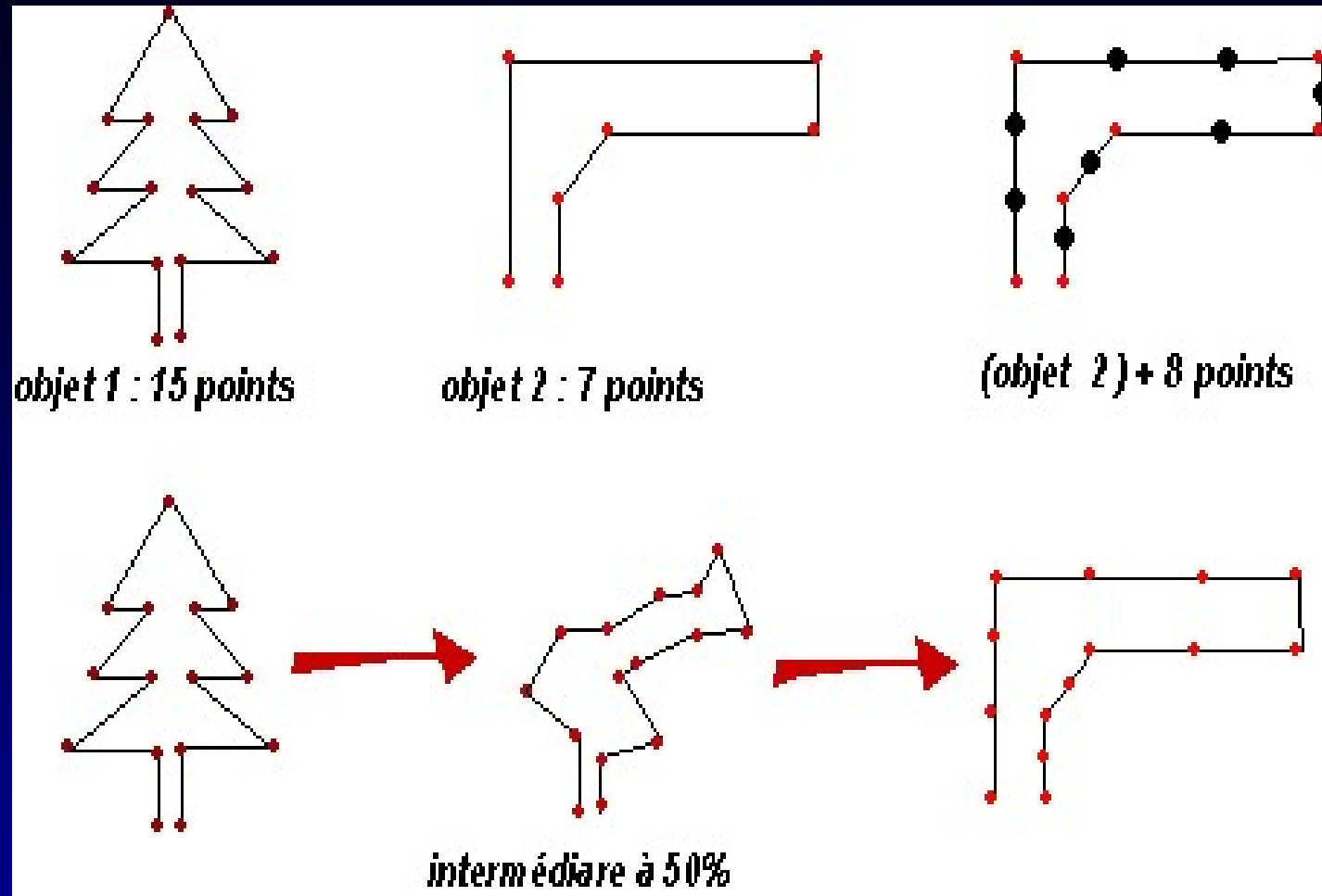
b) non linéaires temporelles



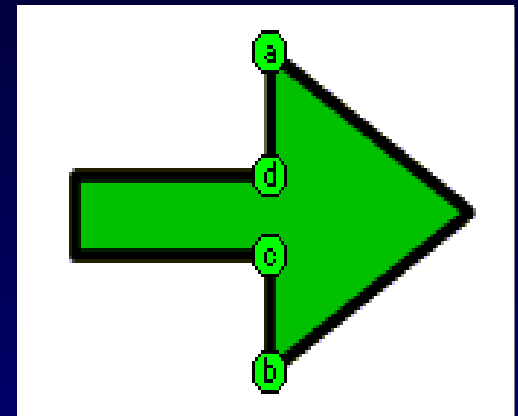
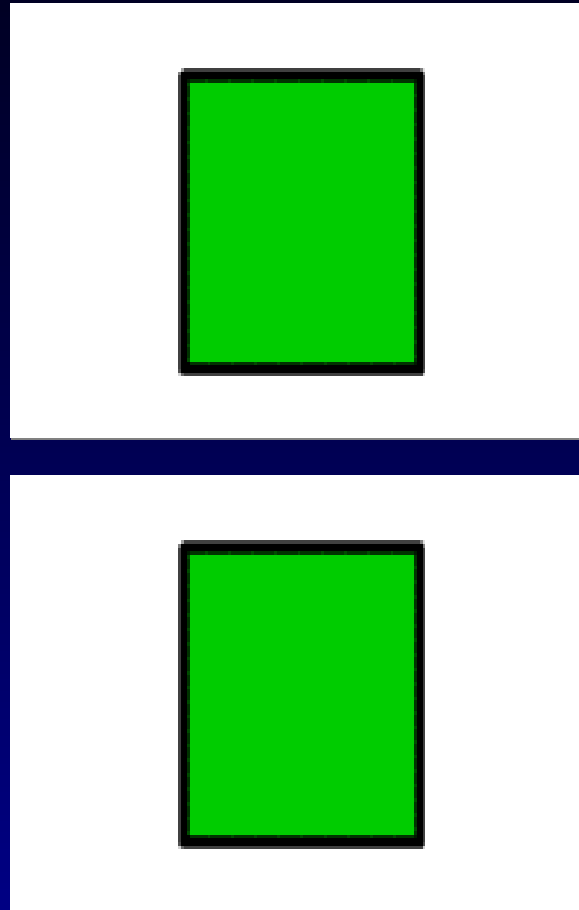
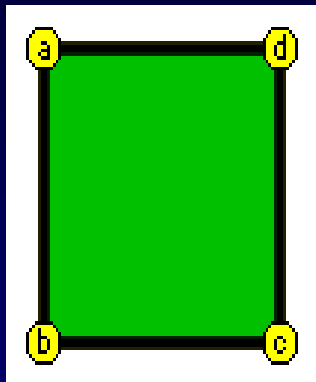
c) non linéaires géométriques



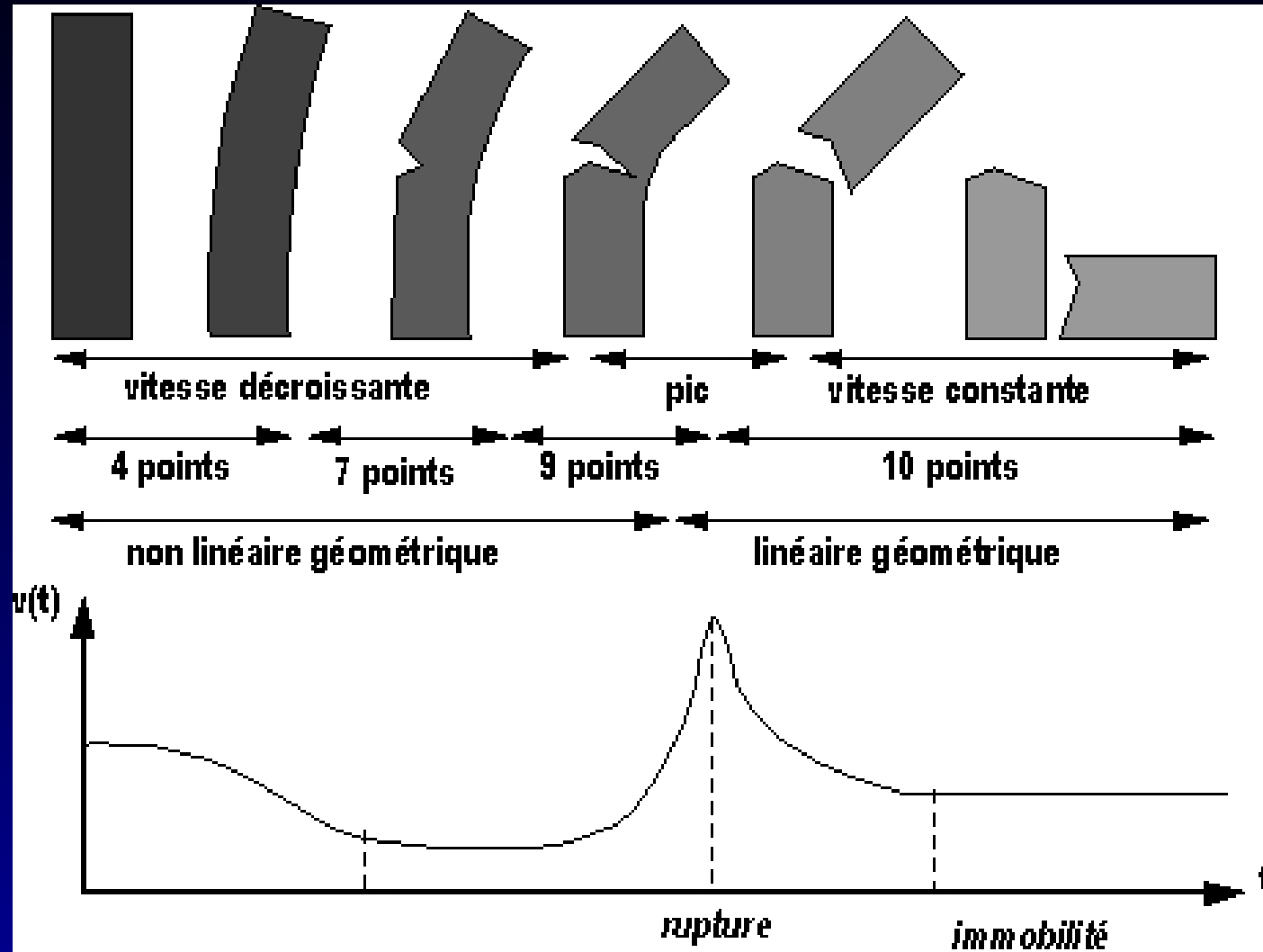
Animation par images-clefs (*interpollation sur la topologie*)



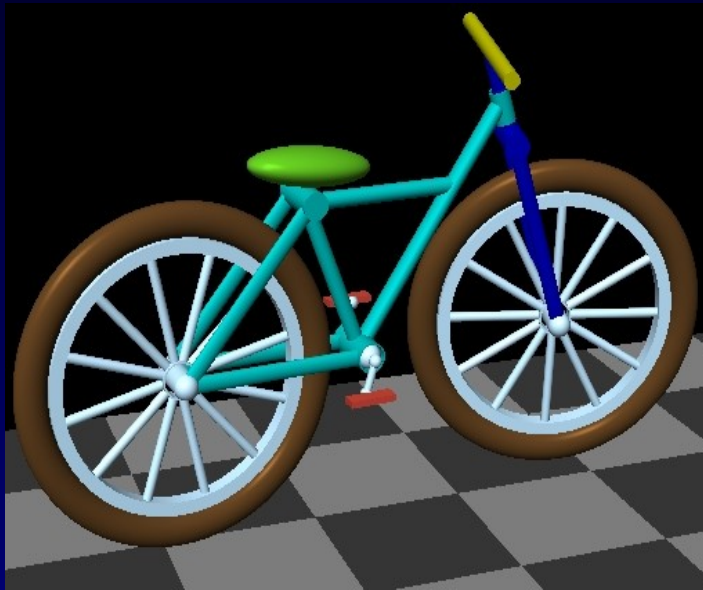
Animation par images-clefs (*interpolation sur la topologie*)



Animation par images-clefs (*interpollation sur les vitesses*)



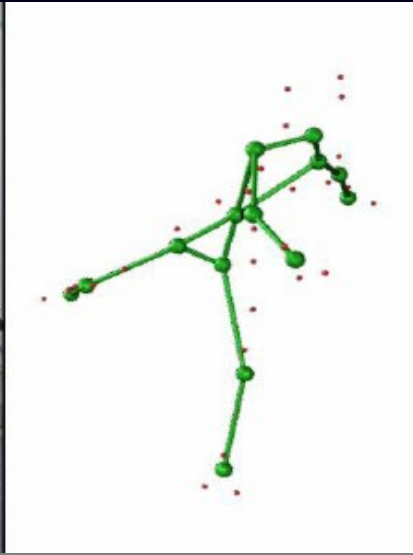
Animation procédurale : *vite complexe et limitée*



- *Pratique pour plaquer des mouvements simples et périodiques*

Animation par 'motion capture' : *solution pratique*

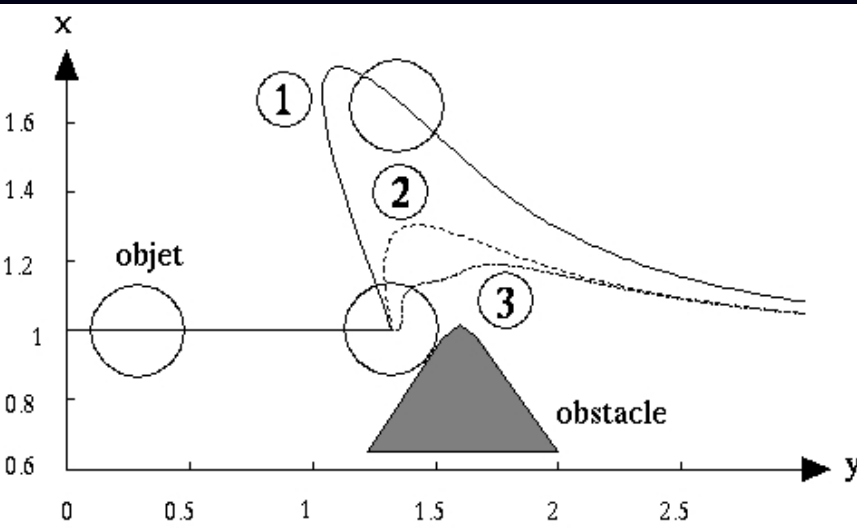
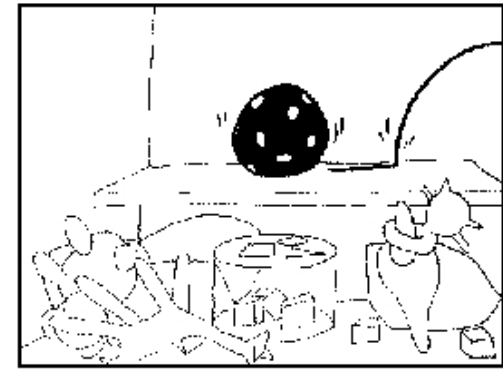
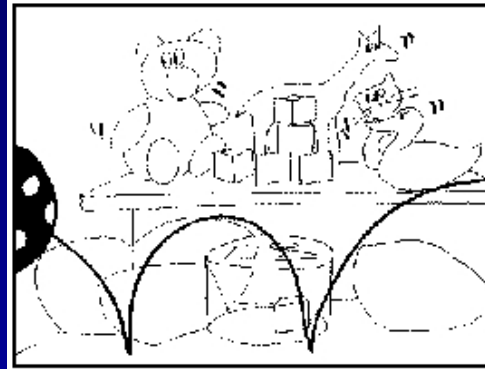
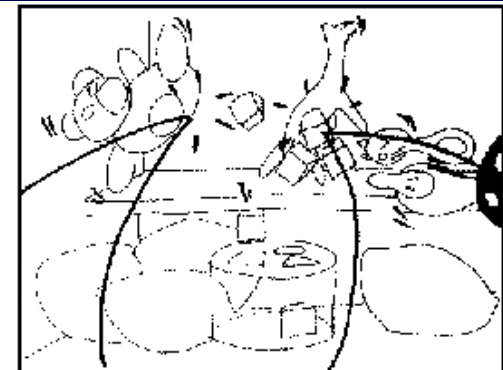
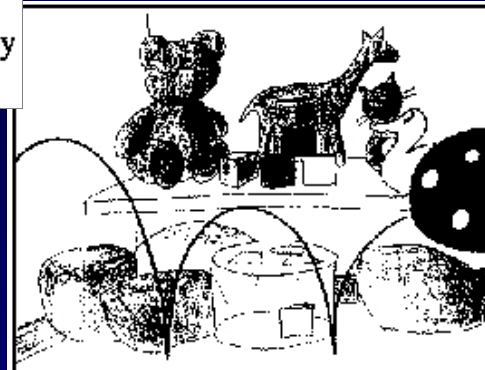
ancêtre : "rotascoping"



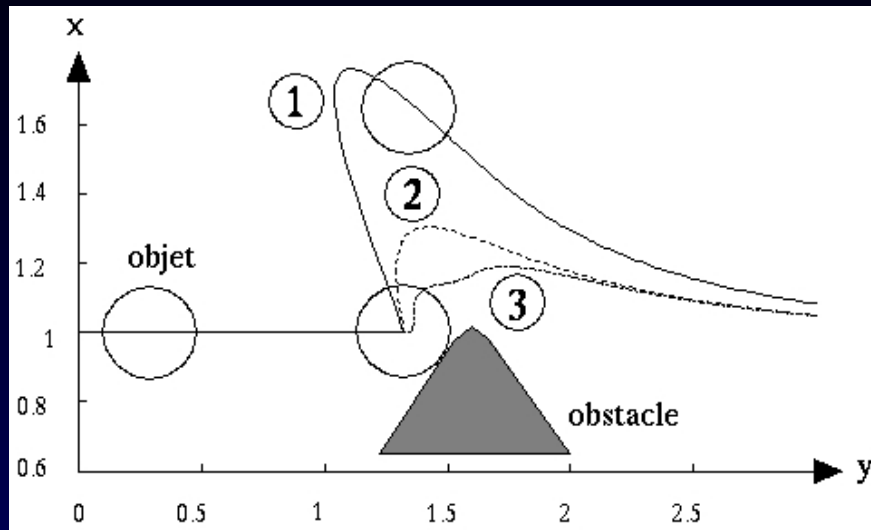
Animation par interpolation (*contrôle de trajectoire*)

*courbes splines paramétrées
pour plus de réalisme 'physique'*

scénario "manuel"



Animation par interpolation (*contrôle de trajectoire*)

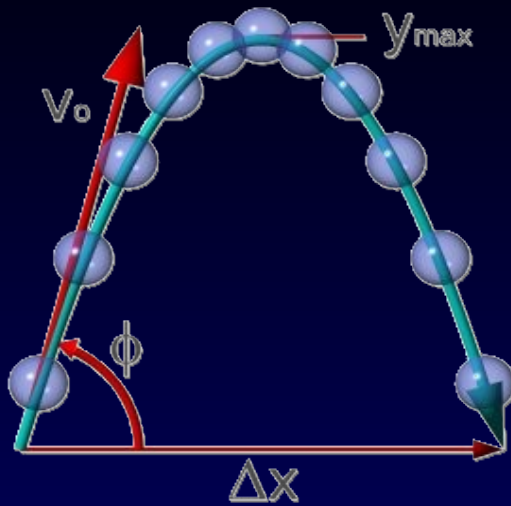


*courbes splines paramétrées
pour plus de réalisme 'physique'*

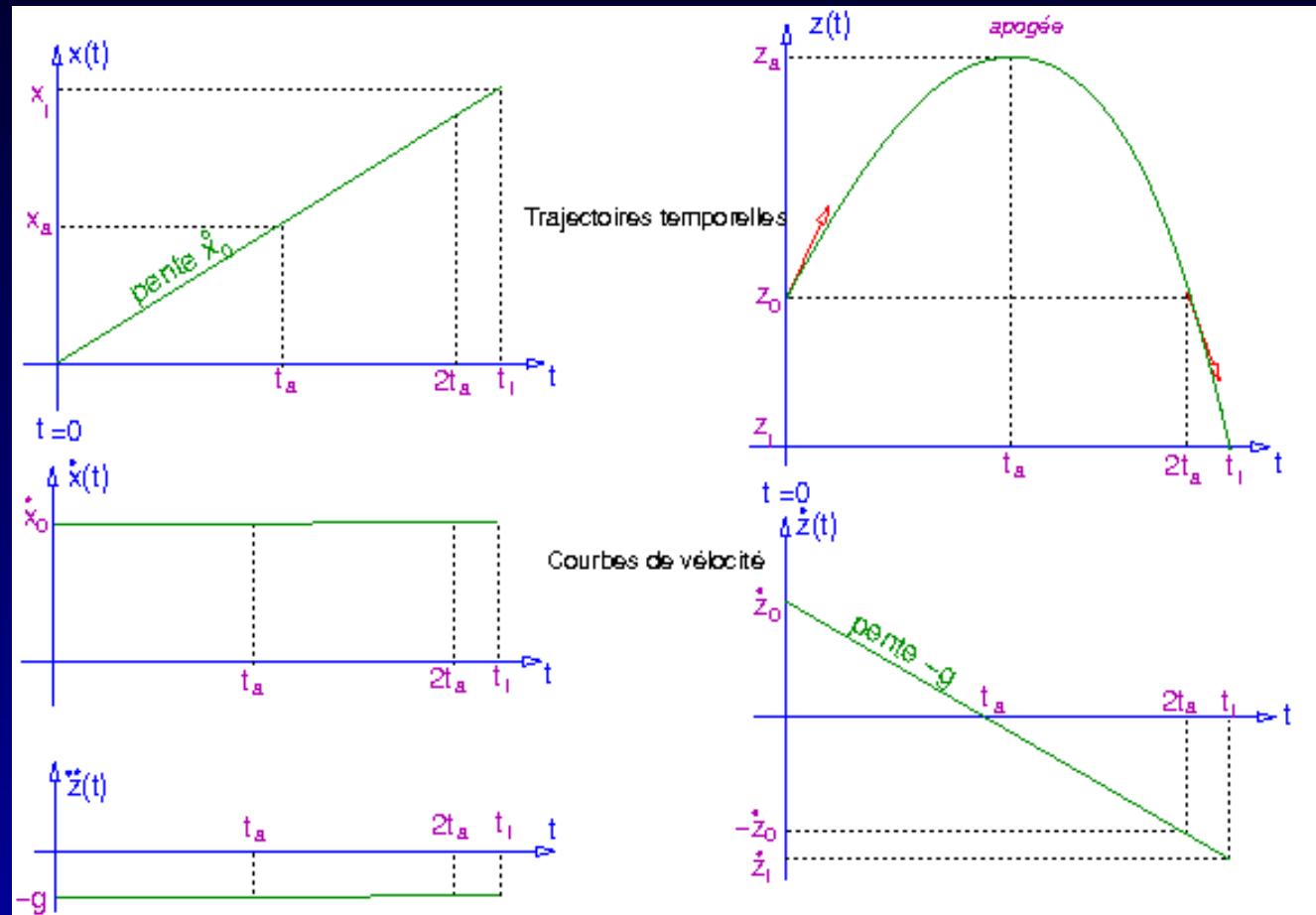
scénario "manuel"



Animation par interpolation (*trajectoire cinétique*)



Tir balistique
 —————> *étude complète en TD*



Animation par interpolation (*contrôle des déformations*)

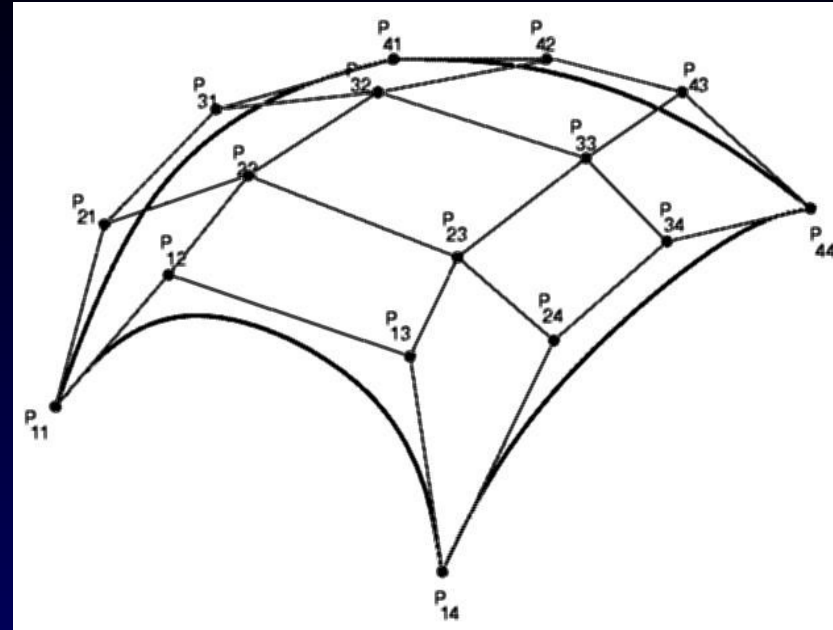
Mesh-Based

Surfaces Implicites (Splines)

NURBS (Non Uniform Rational B-Splines)

metaballs

Soft-Bodies

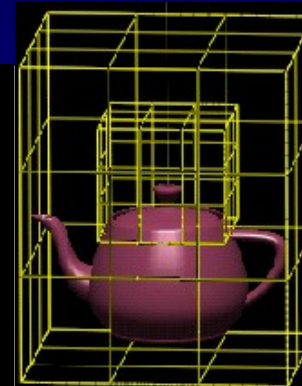
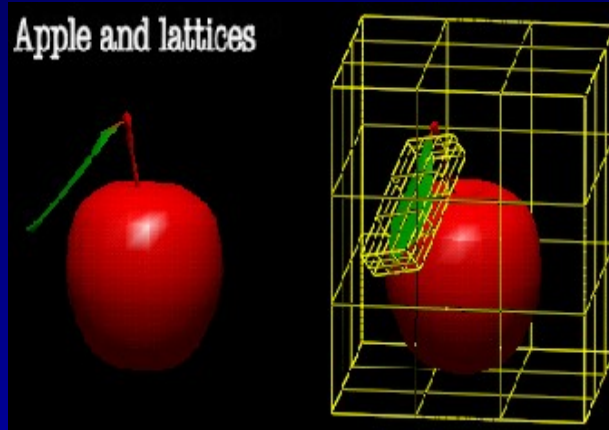


Mesh-Free

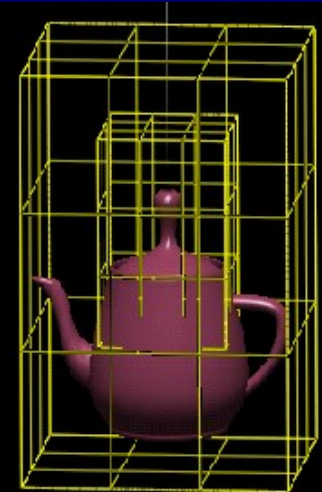
FFD (Free Form Deformation)

Extended FFD

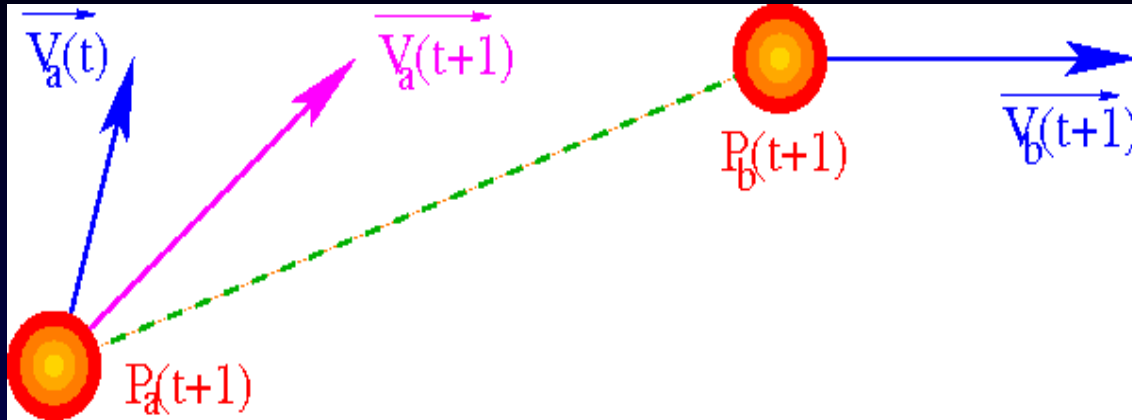
Apple and lattices



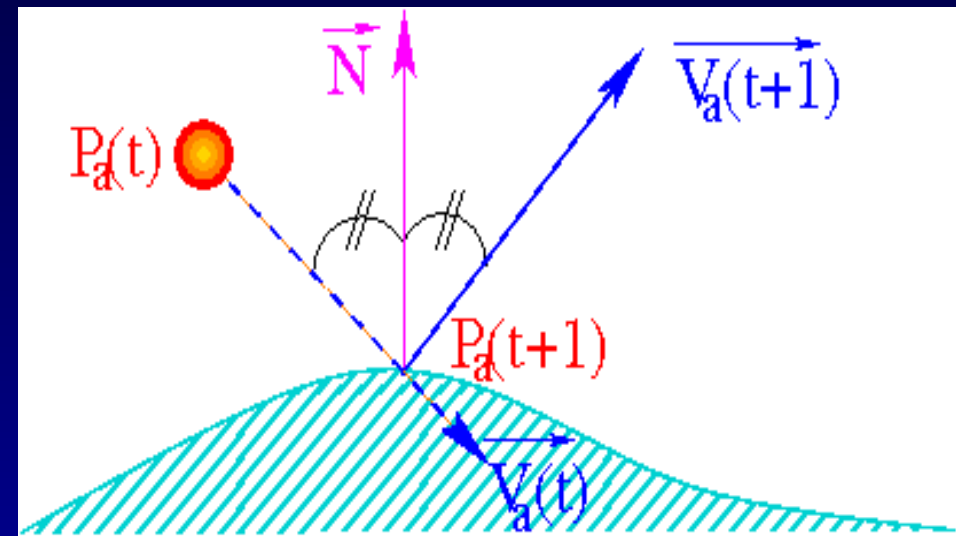
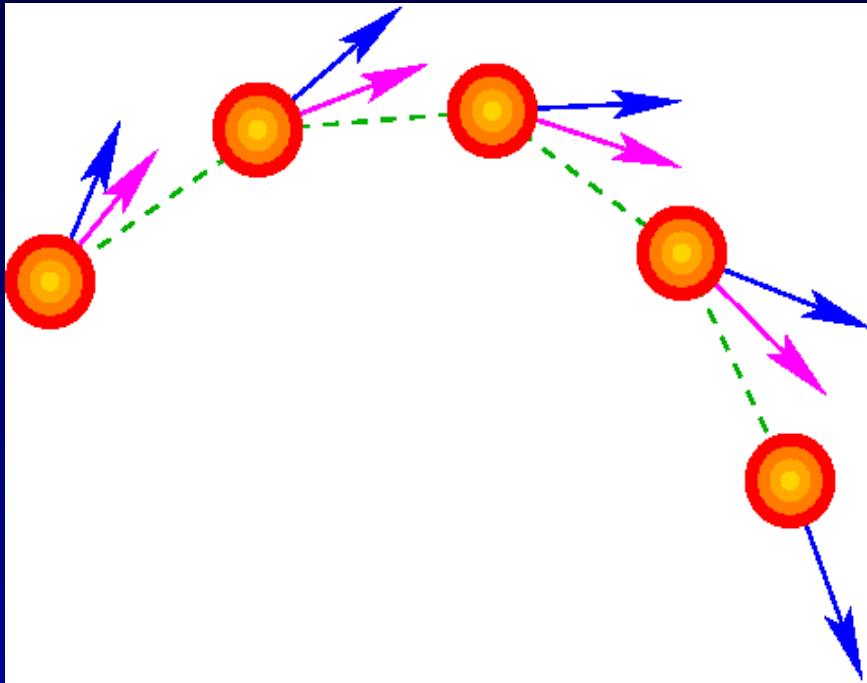
Undeformed and deformed



Simulation (*contrôle cinétique avancé*)

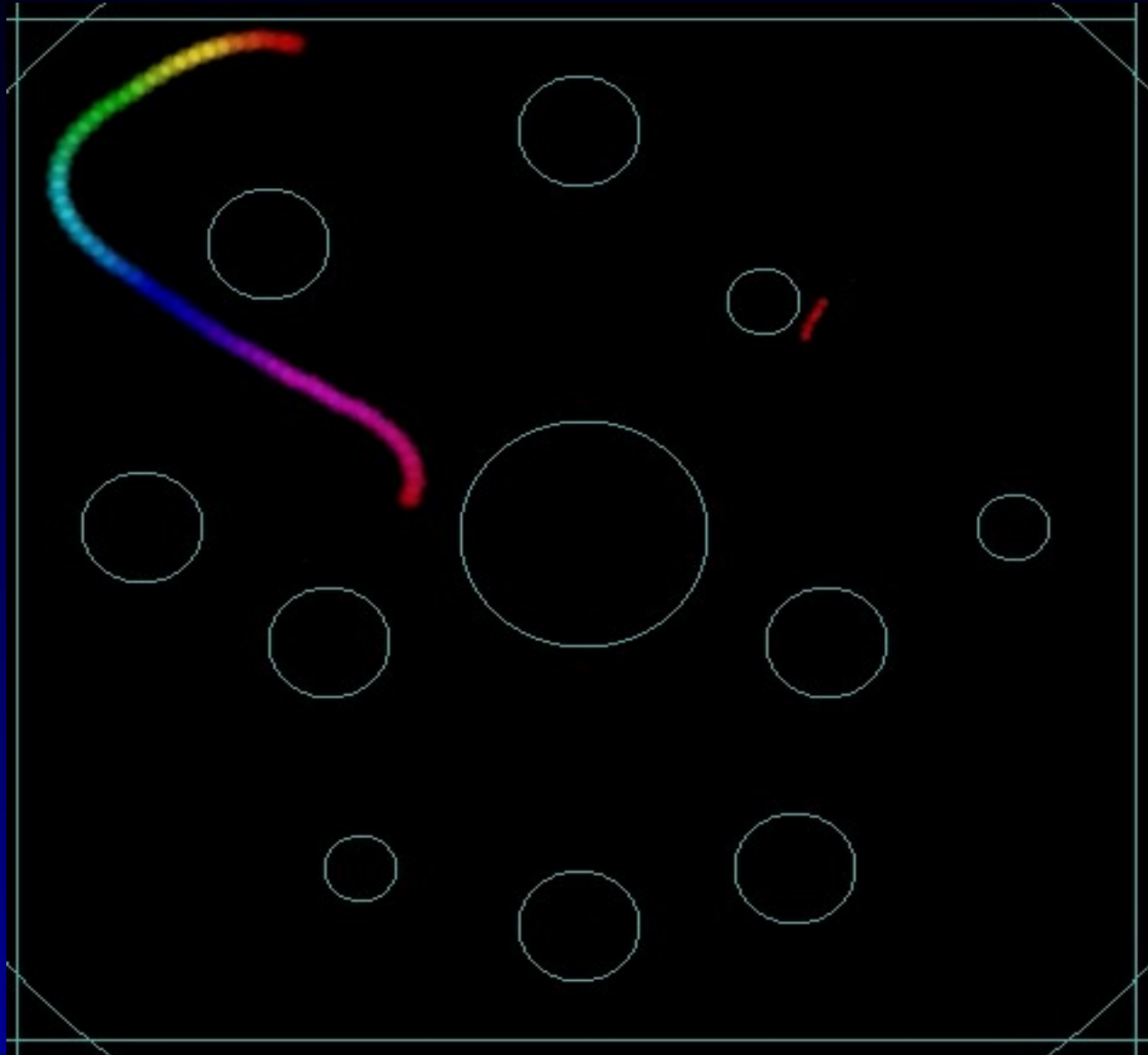


pseudo-particules

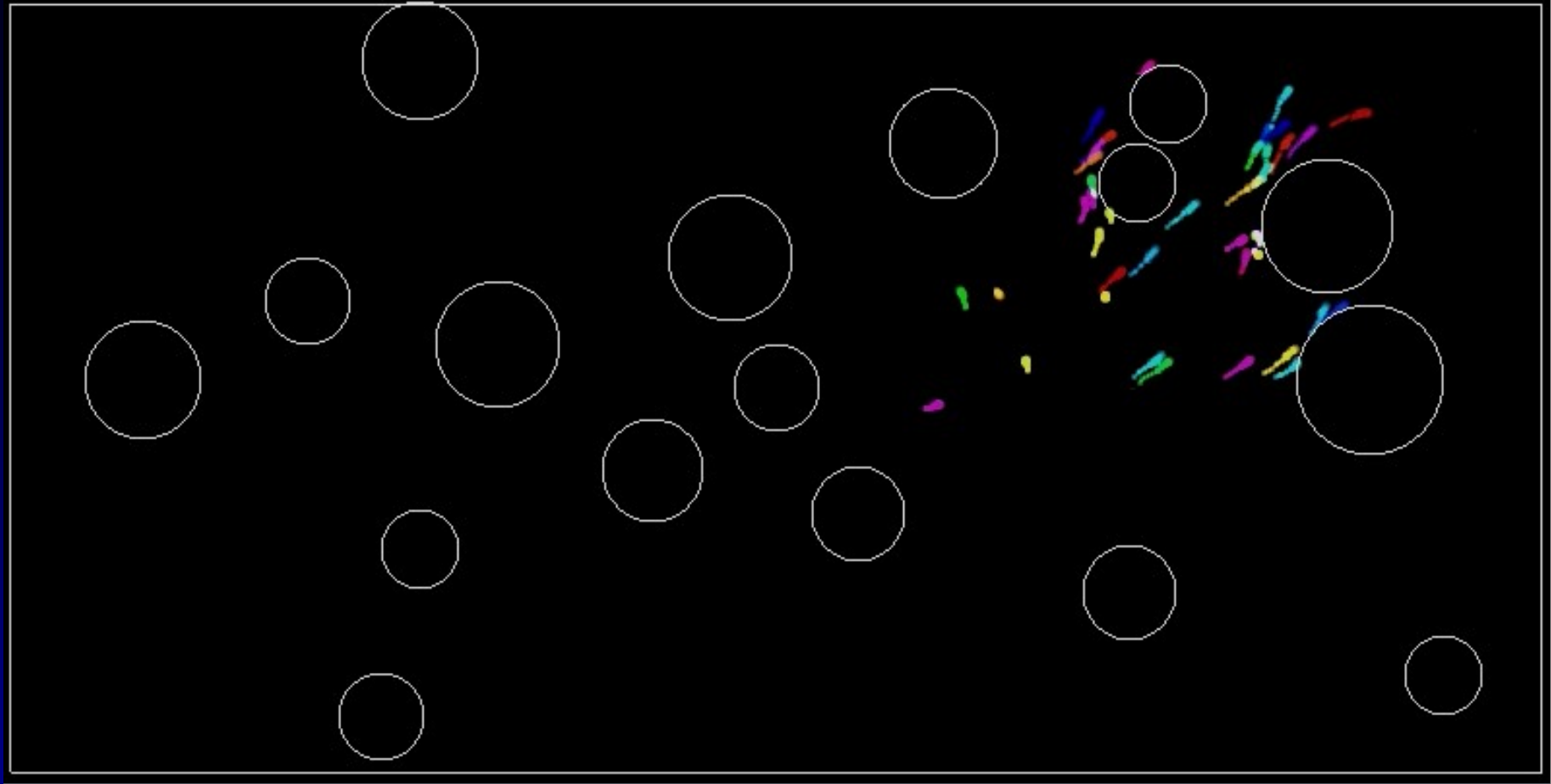


collisions : cinétique inverse

Simulation (*contrôle cinétique avancé*)



Simulation (*contrôle cinétique avancé*)



Limites de ce type d'animation :

manque de variété (*séquences répétitives*)

manque de réalisme (*mouvements 'artificiels', contrôle précis difficile*)

phénomènes naturels complexes inaccessibles

Champs d'application courant : *animation de personnages*

mélange procédural / motion-capture

couplage avec techniques plus évoluées

suffisant en “vue de loin”

Surcouches de plus haut niveau

habillage (*Skinning, Mesh/FFD hiérarchiques*)

enrichissement procédural (*Logique Floue*)

systèmes coopératifs/autonomes (*Systèmes Multi-Agents*)

Simulateurs Physiques (*contrôle dynamique*)

Le système *MASSIVE* (*physique + agents + logique floue*)



...à suivre (*animation comportementale / vie artificielle*)

pour aller plus loin :

Simulation Dynamique

(physics-based simulation)



Différentes théories physiques : *autant de simulateurs*

Dynamique du point

Dynamique du solide

Dynamique des objets déformables

Dynamique des fractures

Dynamique des milieux granulaires

Dynamique des fluides

Dynamique des milieux gazeux

Dynamique chimique

Dynamique sub-atomique

Dynamique spatiale

Electromagnétisme

Physique de la Lumière

Physiques newtoniennes

Physiques statistiques

Physiques Quantiques

Différentes théories physiques : *autant de simulateurs*

Dynamique du point

Dynamique du solide

Dynamique des objets déformables

Dynamique des fractures

Dynamique des milieux granulaires

Dynamique des fluides

Dynamique des milieux gazeux

Dynamique chimique

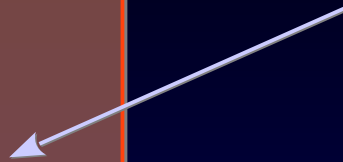
Dynamique sub-atomique

Dynamique spatiale

Electromagnétisme

Physique de la Lumière

masses/ressorts



Différentes théories physiques : *autant de simulateurs*

Dynamique du point

Dynamique du solide

Dynamique des objets déformables

Dynamique des fractures

Dynamique des milieux granulaires

Dynamique des fluides

Dynamique des milieux gazeux

Dynamique chimique

Dynamique sub-atomique

Dynamique spatiale

Electromagnétisme

Physique de la Lumière

systèmes de particules

The diagram consists of a central point on the right with five arrows pointing left towards a list of physics theories. The arrows point to 'Dynamique des milieux granulaires', 'Dynamique des fluides', 'Dynamique des milieux gazeux', 'Dynamique chimique', and 'Dynamique sub-atomique'. These five theories are grouped within a yellow rectangular border.

Différentes théories physiques : *autant de simulateurs*

Dynamique du point

Dynamique du solide

Dynamique des objets déformables

Dynamique des fractures

Dynamique des milieux granulaires

Dynamique des fluides

Dynamique des milieux gazeux

Dynamique chimique

Dynamique sub-atomique

Dynamique spatiale

Electromagnétisme

Physique de la Lumière

Simul. "Navier-Stokes"

Simul. "Coulomb"

Radiosités

Différentes théories physiques : *autant de simulateurs*

Dynamique du point

Dynamique du solide

Dynamique des objets déformables

Dynamique des fractures

Dynamique des milieux granulaires

Dynamique des fluides

Dynamique des milieux gazeux

Dynamique chimique

Dynamique sub-atomique

Dynamique spatiale

Electromagnétisme

Physique de la Lumière

Différences Finies

A diagram consisting of a central point on the right with the text 'Différences Finies' in orange italics. From this point, ten orange arrows with black outlines point leftwards to the first ten items in the list of physics theories. The arrows are distributed such that they point to 'Dynamique du point', 'Dynamique du solide', 'Dynamique des objets déformables', 'Dynamique des fractures', 'Dynamique des milieux granulaires', 'Dynamique des fluides', 'Dynamique des milieux gazeux', 'Dynamique chimique', 'Dynamique sub-atomique', and 'Dynamique spatiale'. The arrows do not point to 'Electromagnétisme' or 'Physique de la Lumière'.

Différentes théories physiques : *autant de simulateurs*

Dynamique du point

Dynamique du solide

Dynamique des objets déformables

Dynamique des fractures

Dynamique des milieux granulaires

Dynamique des fluides

Dynamique des milieux gazeux

Dynamique chimique

Dynamique sub-atomique

Dynamique spatiale

Electromagnétisme

Physique de la Lumière

*Éléments
Finis*

Différentes théories physiques : *autant de simulateurs*

Dynamique du point

Dynamique du solide

Dynamique des objets déformables

Dynamique des fractures

Dynamique des milieux granulaires

Dynamique des fluides

Dynamique des milieux gazeux

Dynamique chimique

Dynamique sub-atomique

Dynamique spatiale

Electromagnétisme

Physique de la Lumière

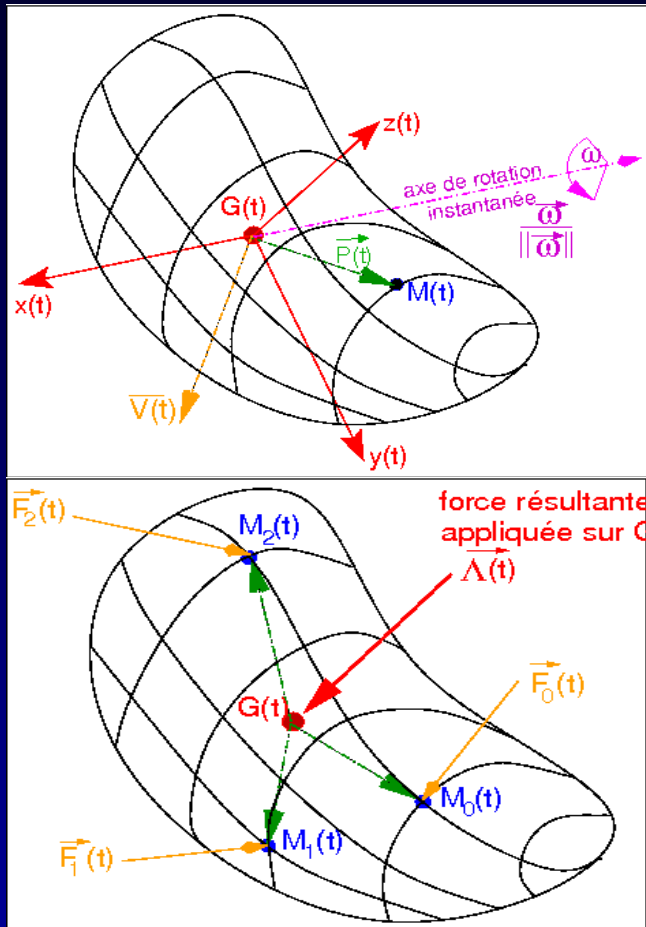
Assemblage Particulaire

A diagram illustrating the concept of 'Assemblage Particulaire' (Particle Assembly). It features a central text label 'Assemblage Particulaire' in orange italics. From this label, several red arrows point to a list of physics theories on the left. The theories are listed in a vertical stack, each within a colored rectangular box. The first five theories (Dynamique du point to Dynamique des fluides) are in a dark red box. The next three (Dynamique des milieux gazeux to Dynamique sub-atomique) are in a yellow-green box. The last one (Dynamique spatiale) is in a blue box. Below these boxes are two more theories, 'Electromagnétisme' and 'Physique de la Lumière', in green text. The arrows point from the central label to the boxes for 'Dynamique des objets déformables', 'Dynamique des milieux granulaires', 'Dynamique des fluides', 'Dynamique des milieux gazeux', 'Dynamique chimique', and 'Dynamique sub-atomique'.

Dynamique du Point : *à la base de (presque) tout*

➡ vue en détail dans les cours suivants

Dynamique du Solide : *le plus simple à mettre en oeuvre*



dyn. du point + rotations instantanées

usages : objets indéformables

atouts : simple, robuste

limites : gestion des interactions

rigidité "absolue"

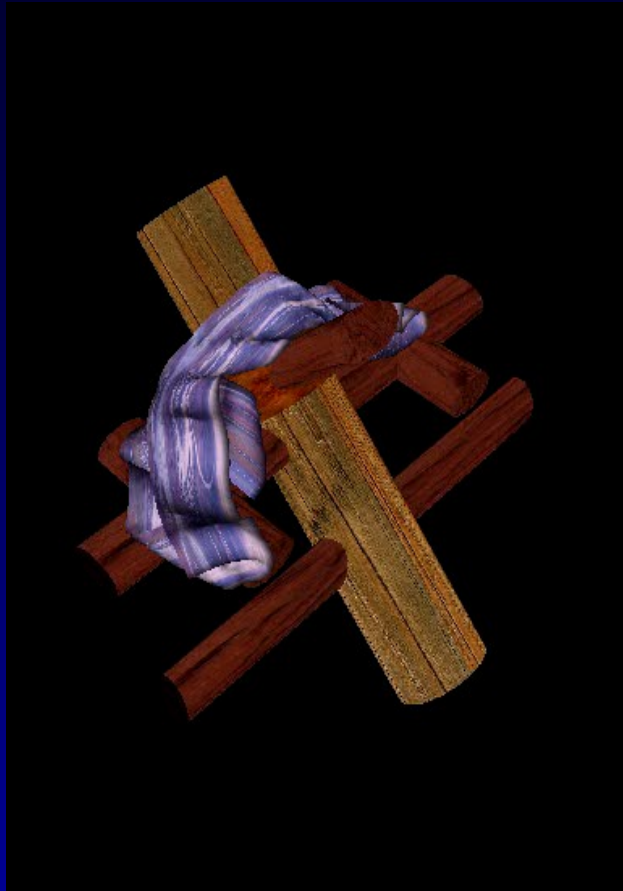
➡ *réalisme très limité*

tps. réel (CPU) ➡ jeux vidéo

Dynamique des Objets Déformables : *soft-bodies / textiles*

déformations à topologie fixe

➡ vue en détail dans les cours suivants



dyn. du point + topologie d'interconnexion

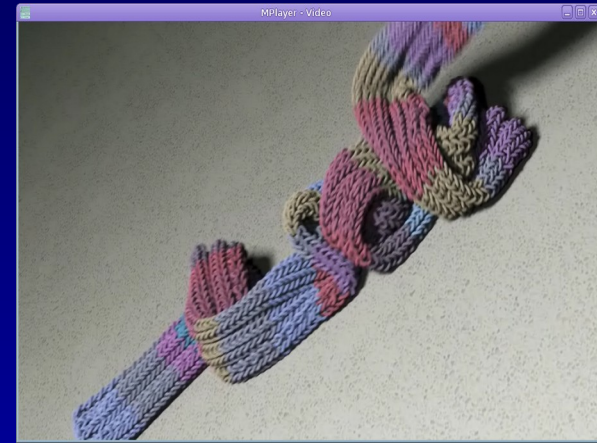
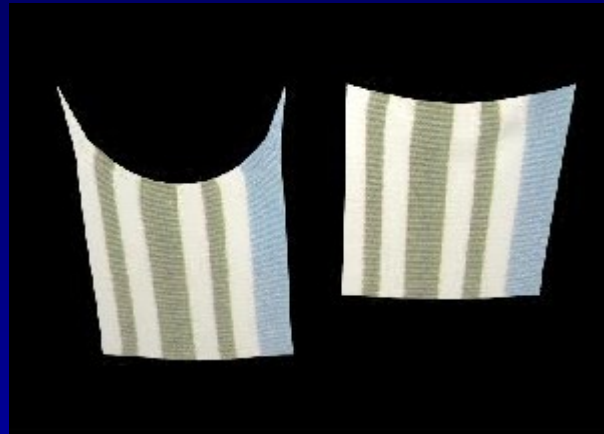
usages : soft-bodies, textiles

atouts : simple, très riche

limites : “super-élasticité”

objets très rigides

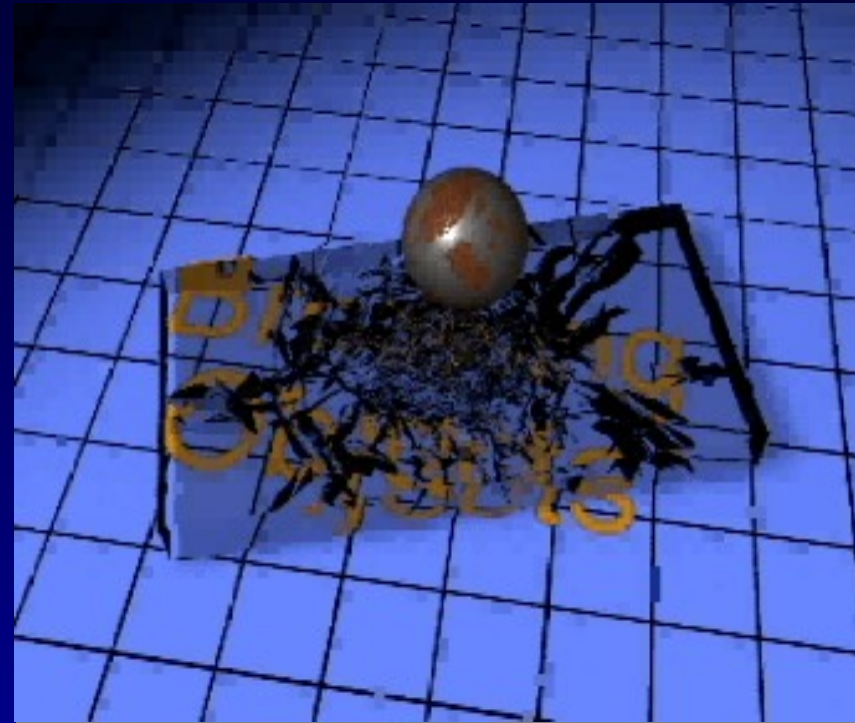
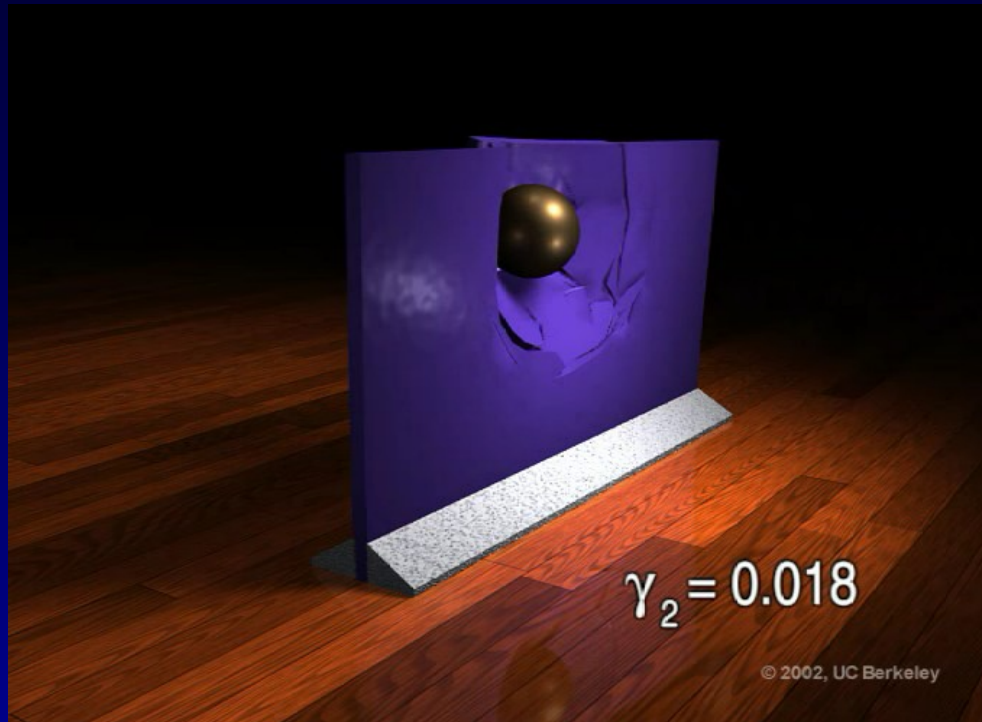
➡ devient lourd et/ou complexe



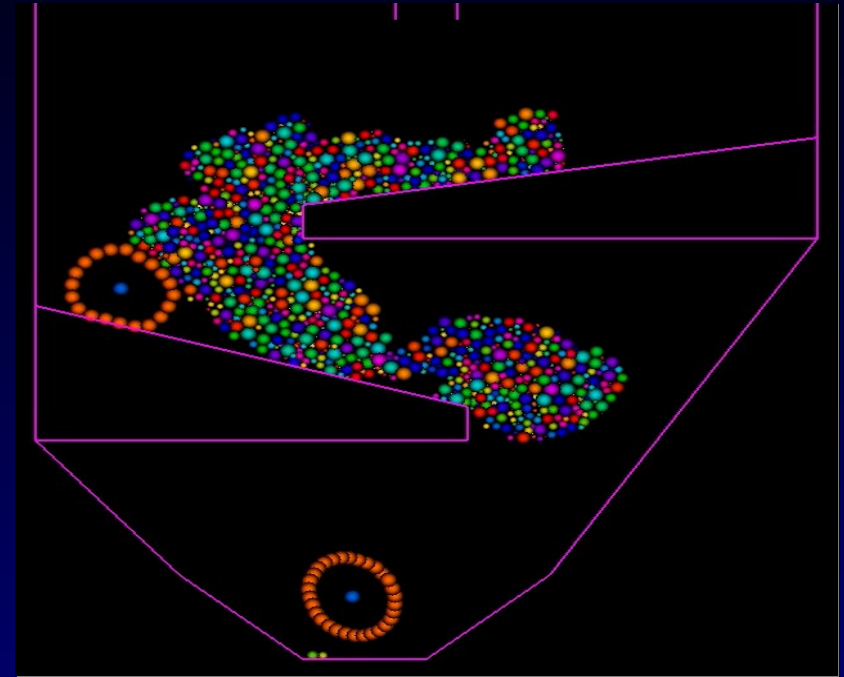
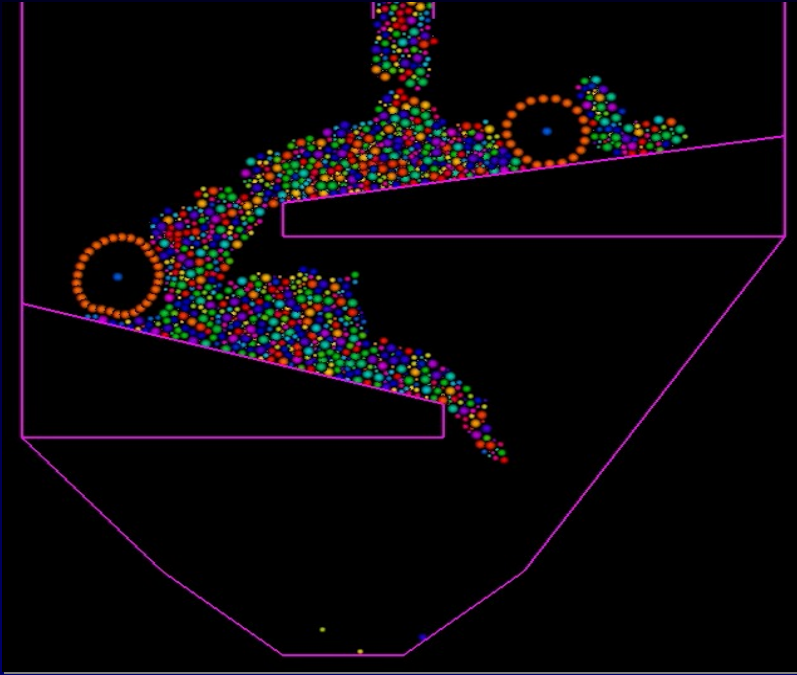
Dynamique des Fractures : *interfaces solide/déformable*

déformations à topologie variable

➡ Vue rapidement dans les cours suivants
Illustration de la méthode des Eléments Finis

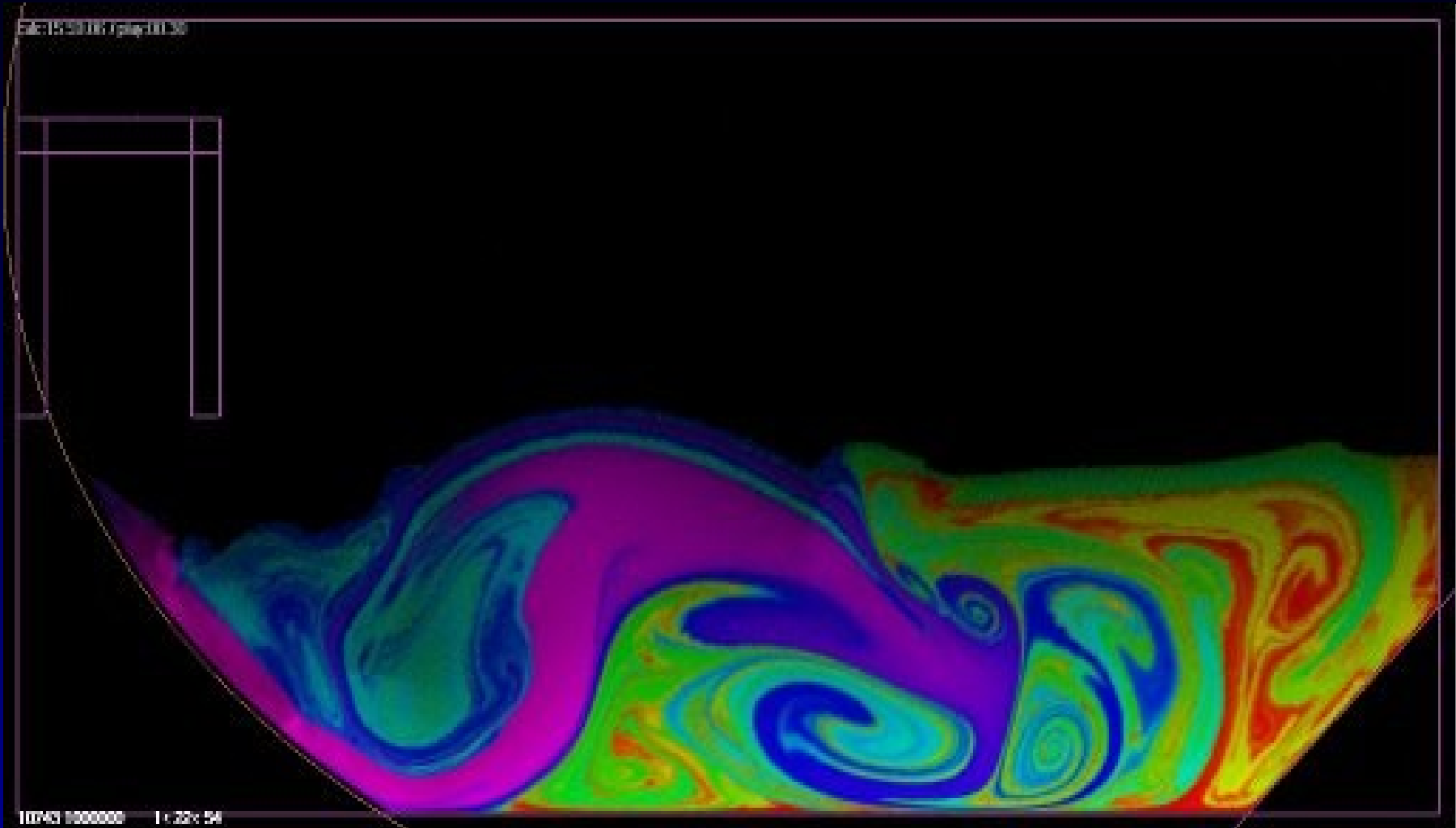


Dynamique Granulaire : *interfaces solide/liquides* déformations sans topologie

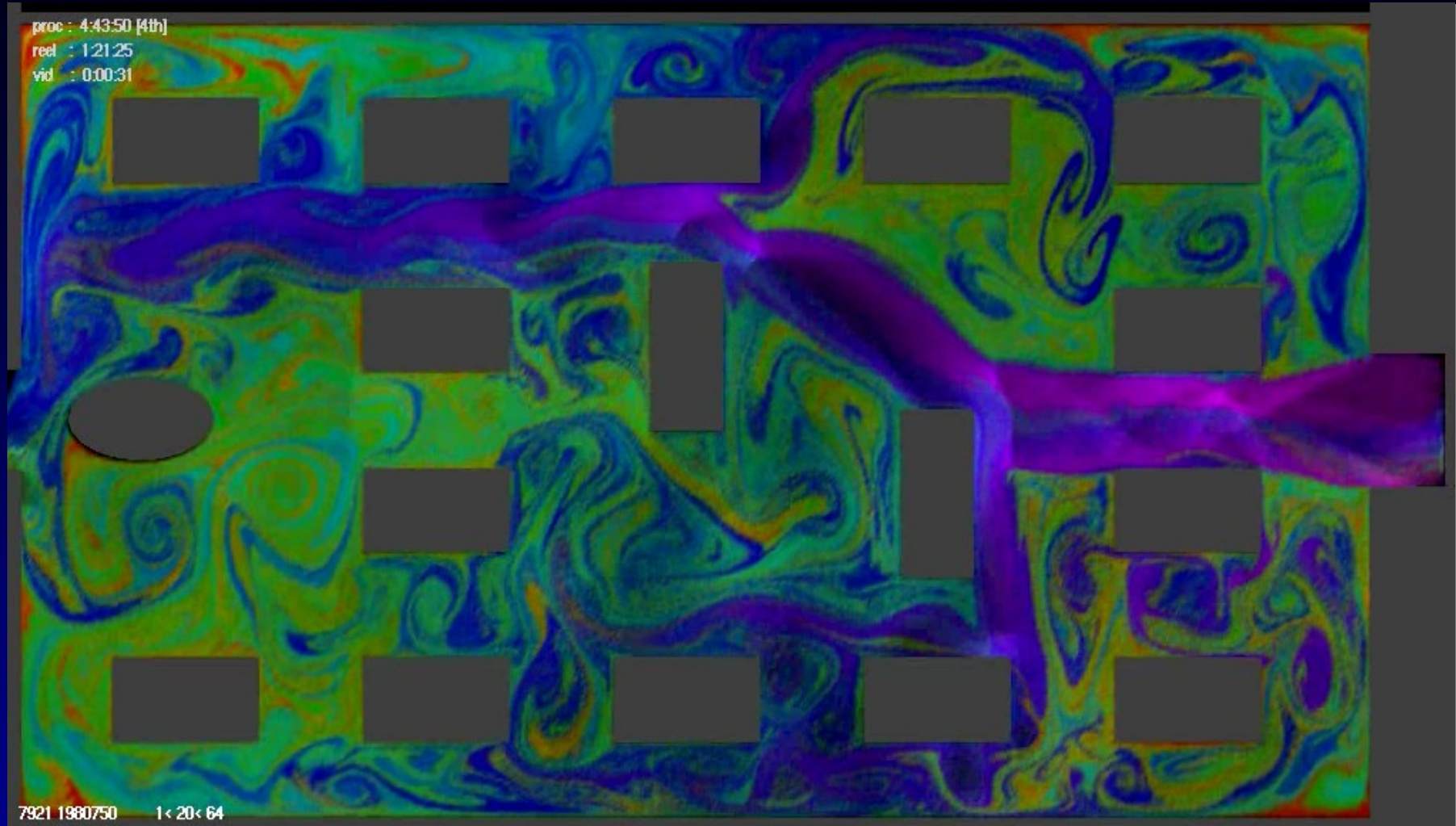


grains / sables / pâtes / fluides

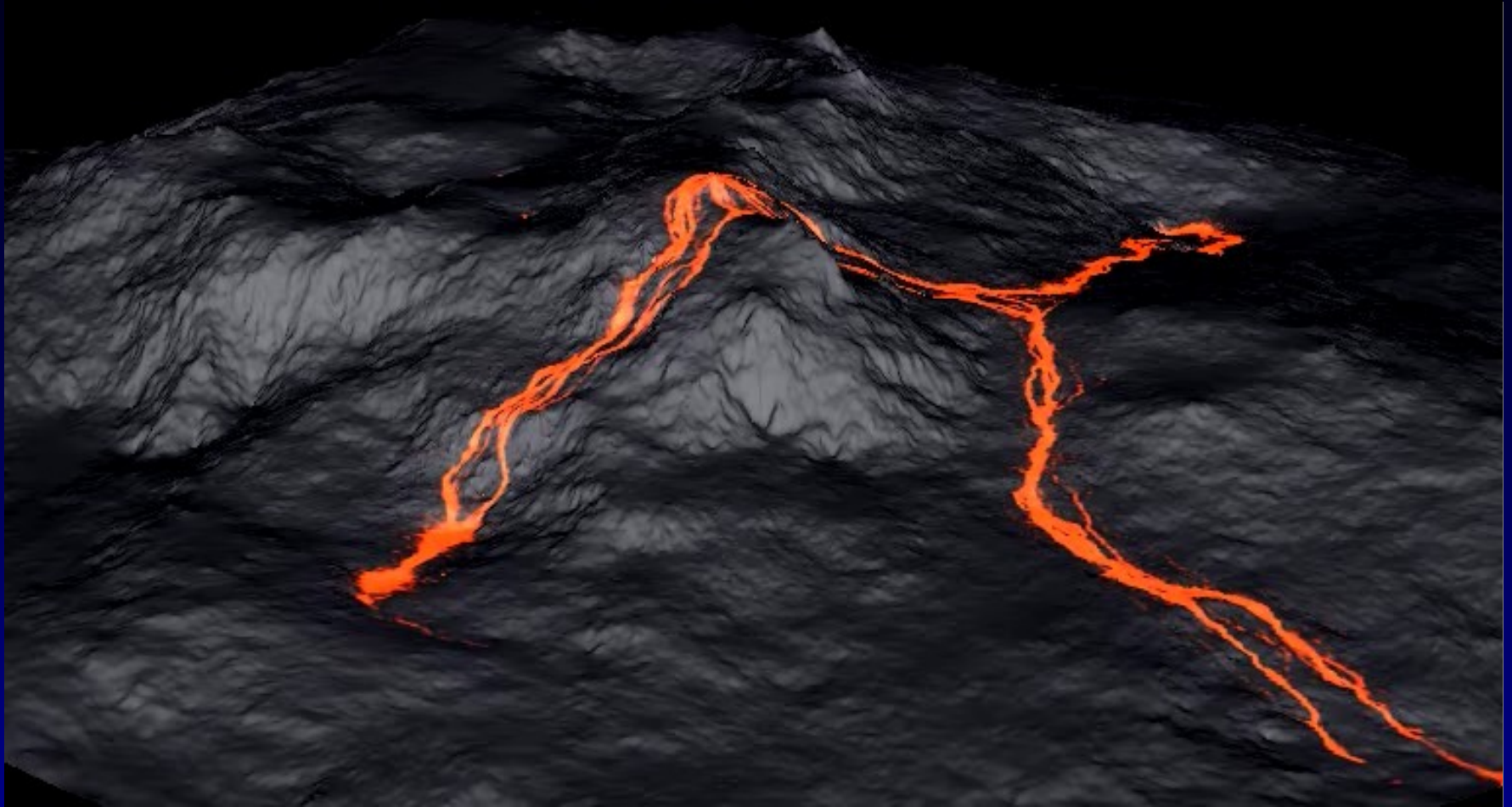
Systèmes de Particules : *grains* ? *Fluides* ?



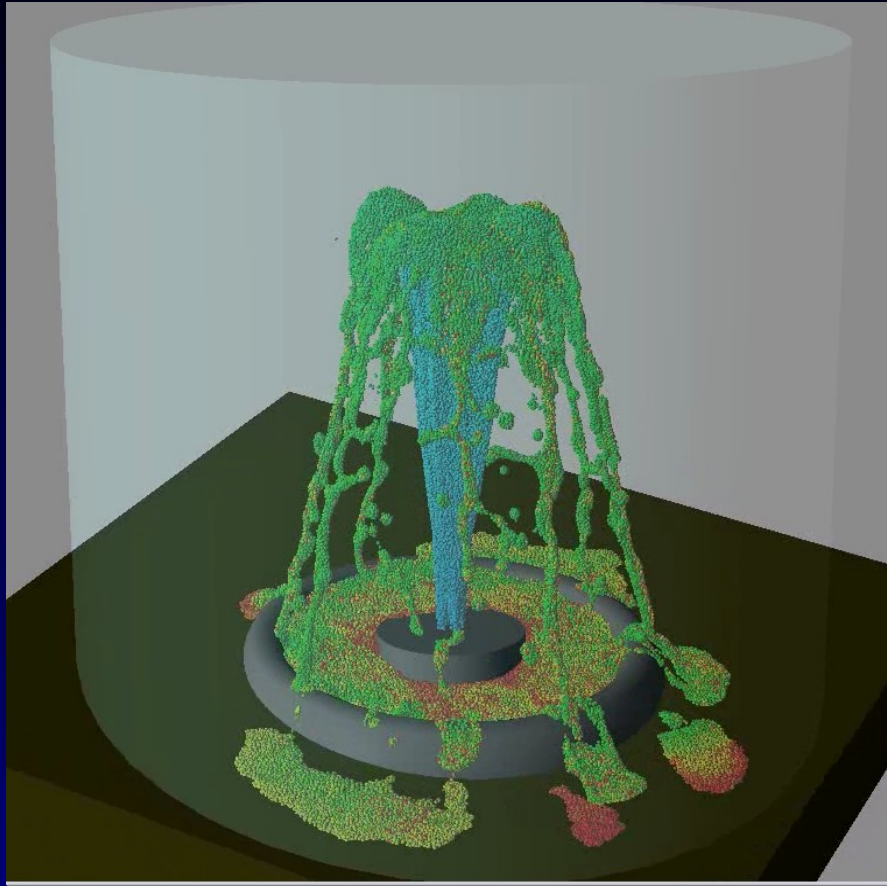
Systèmes de Particules : *grains ? Fluides ?*



Systèmes de Particules : *faux 3D*



Systèmes de Particules : *vrai 3D*

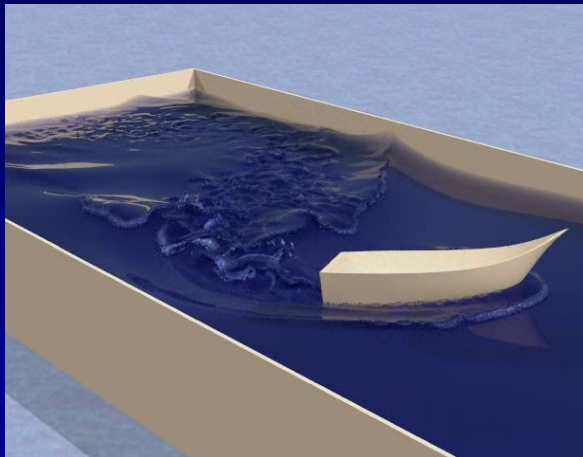
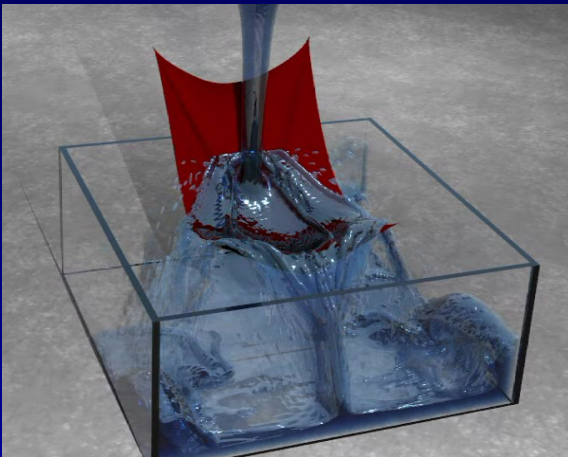
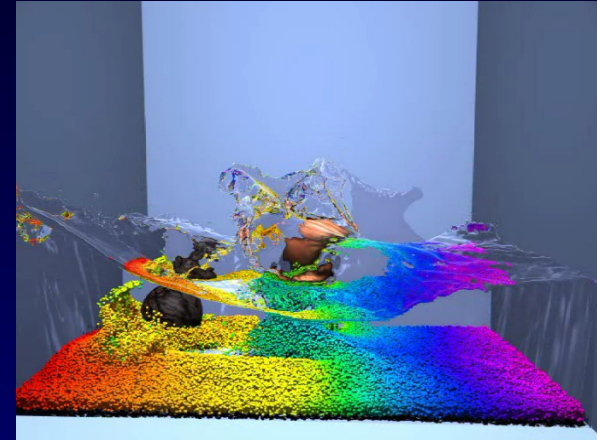
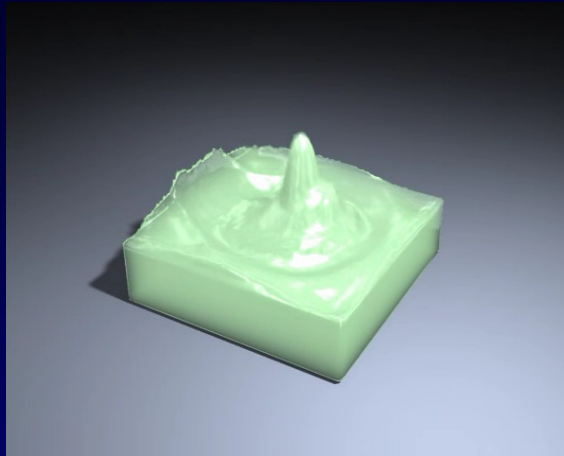
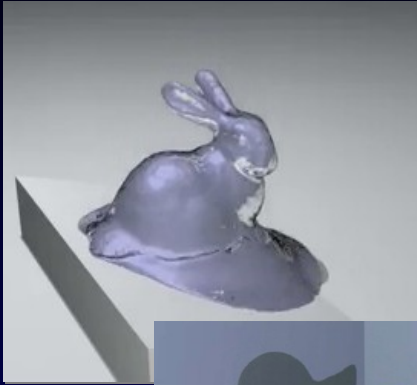


Dynamique Granulaire : *interfaces solide/particules*

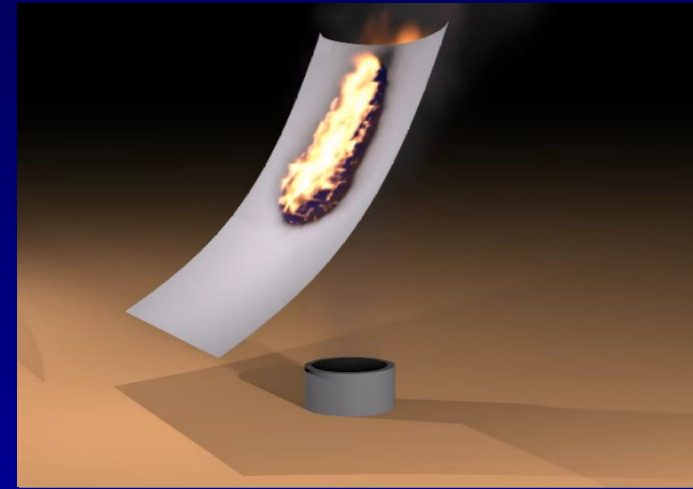
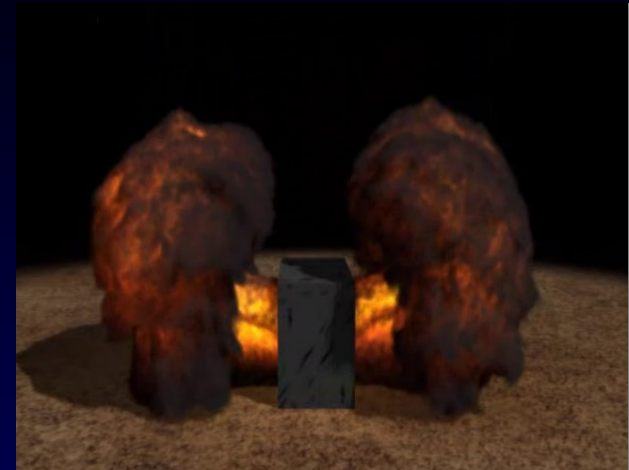
“Bullet Physics”



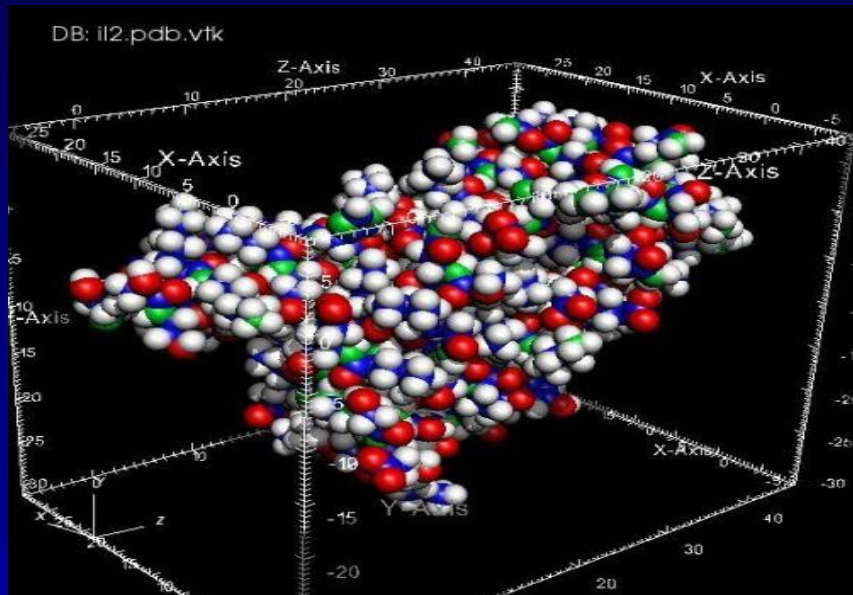
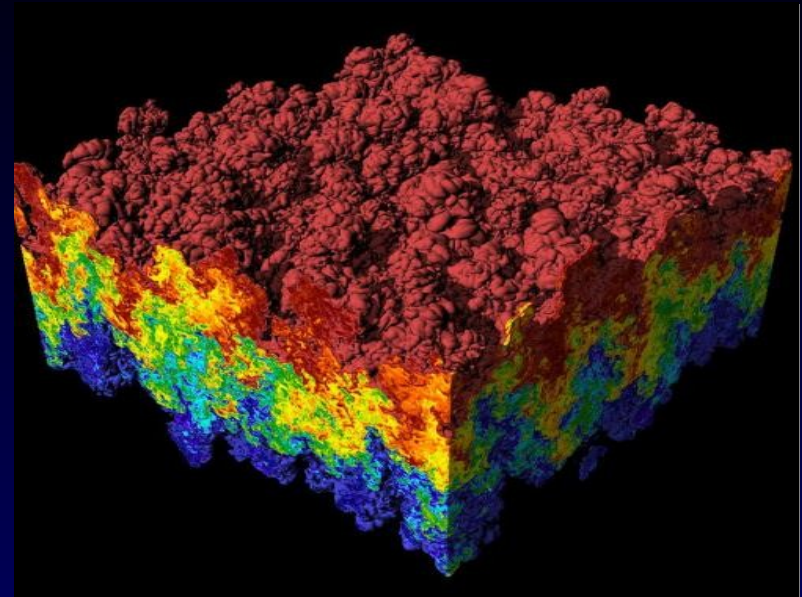
Dynamique des Fluides : *pâtes* / *liquides* / *gaz*



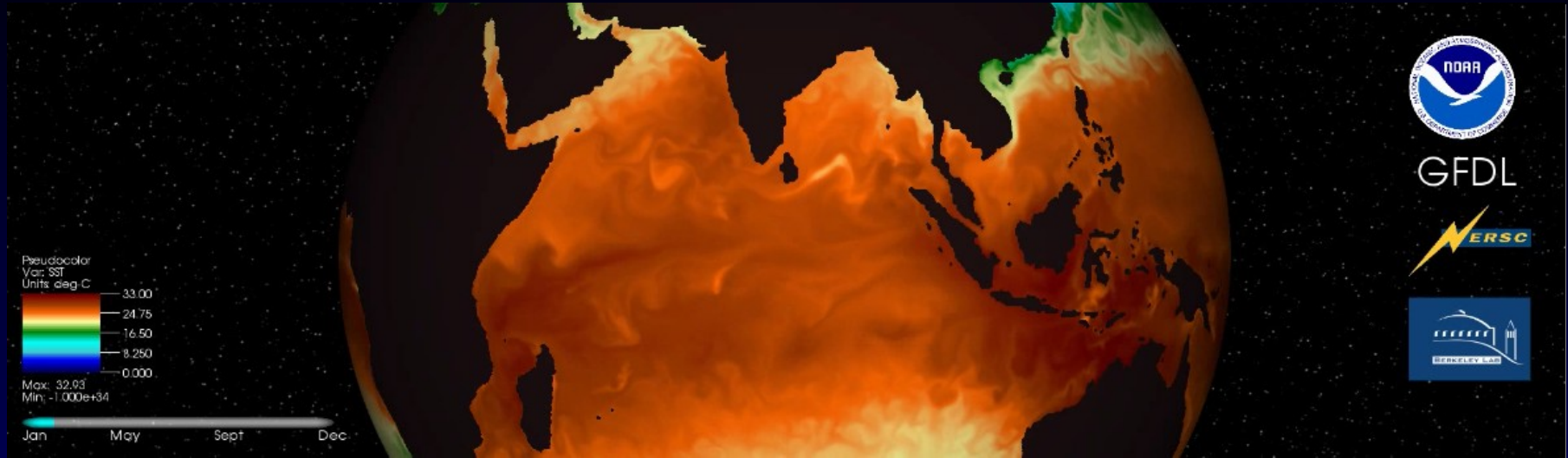
Dynamique des Milieux Gazeux : *fumées, flames, explosions*



Dynamiques Chimiques :

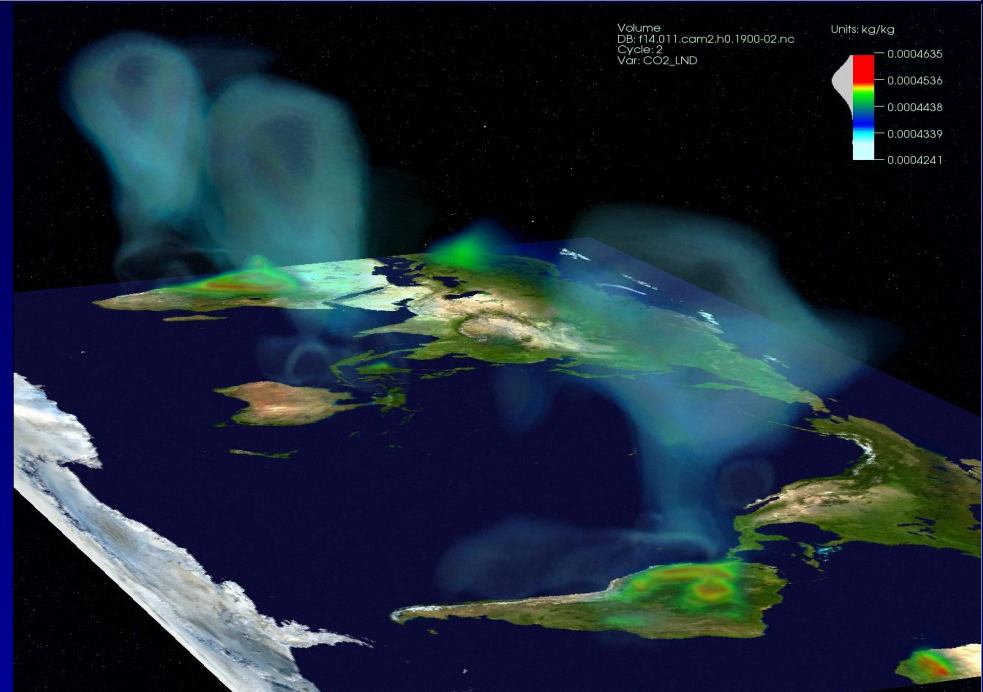


Simulation climatique :



courants océaniques

atmosphère

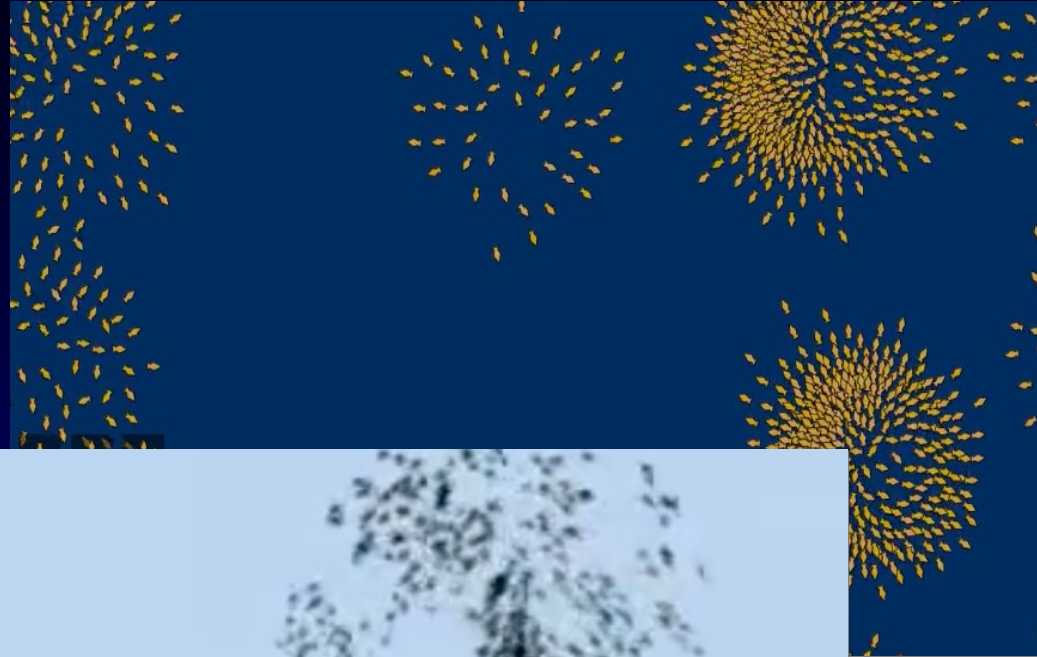


Simulation astrophysique :



pour aller encore plus loin :
Simulation Comportementale
(behavioral)
et
Vie Artificielle *(a-life)*

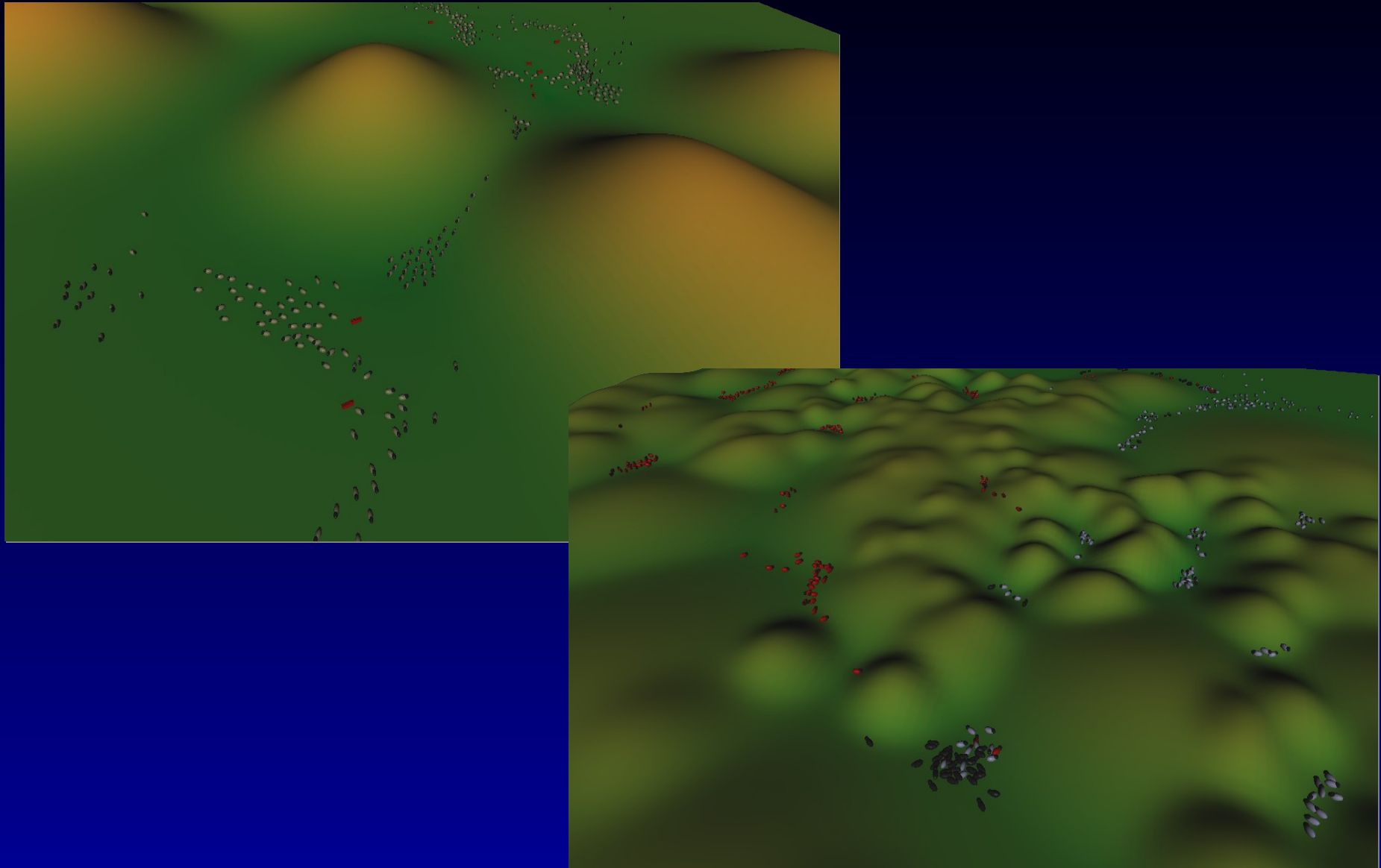
Flock, School, Swarm ... : *boids* / *ant-colony*



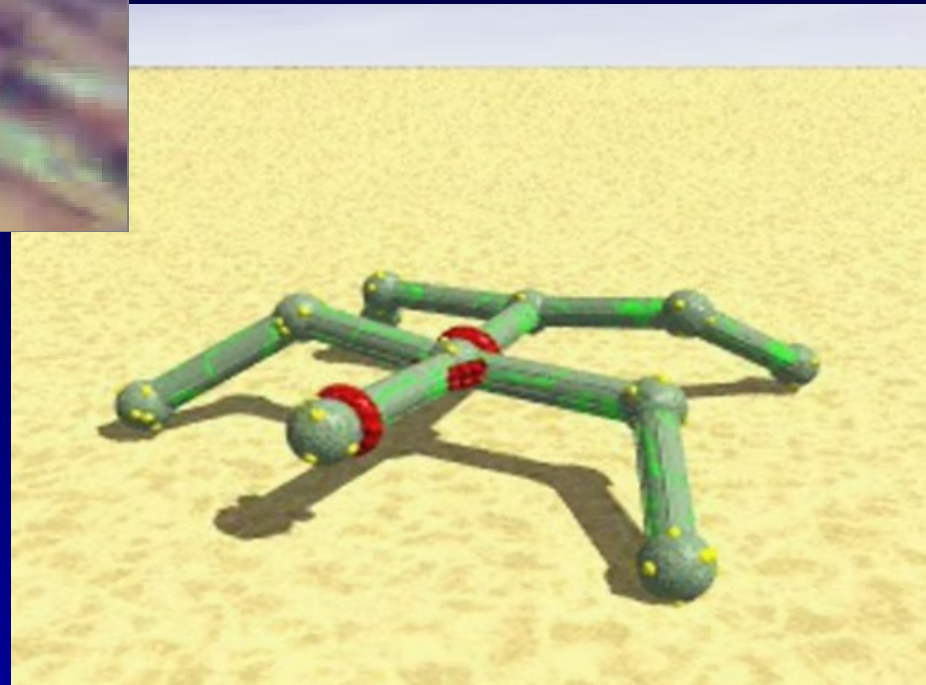
Simulation de foules :



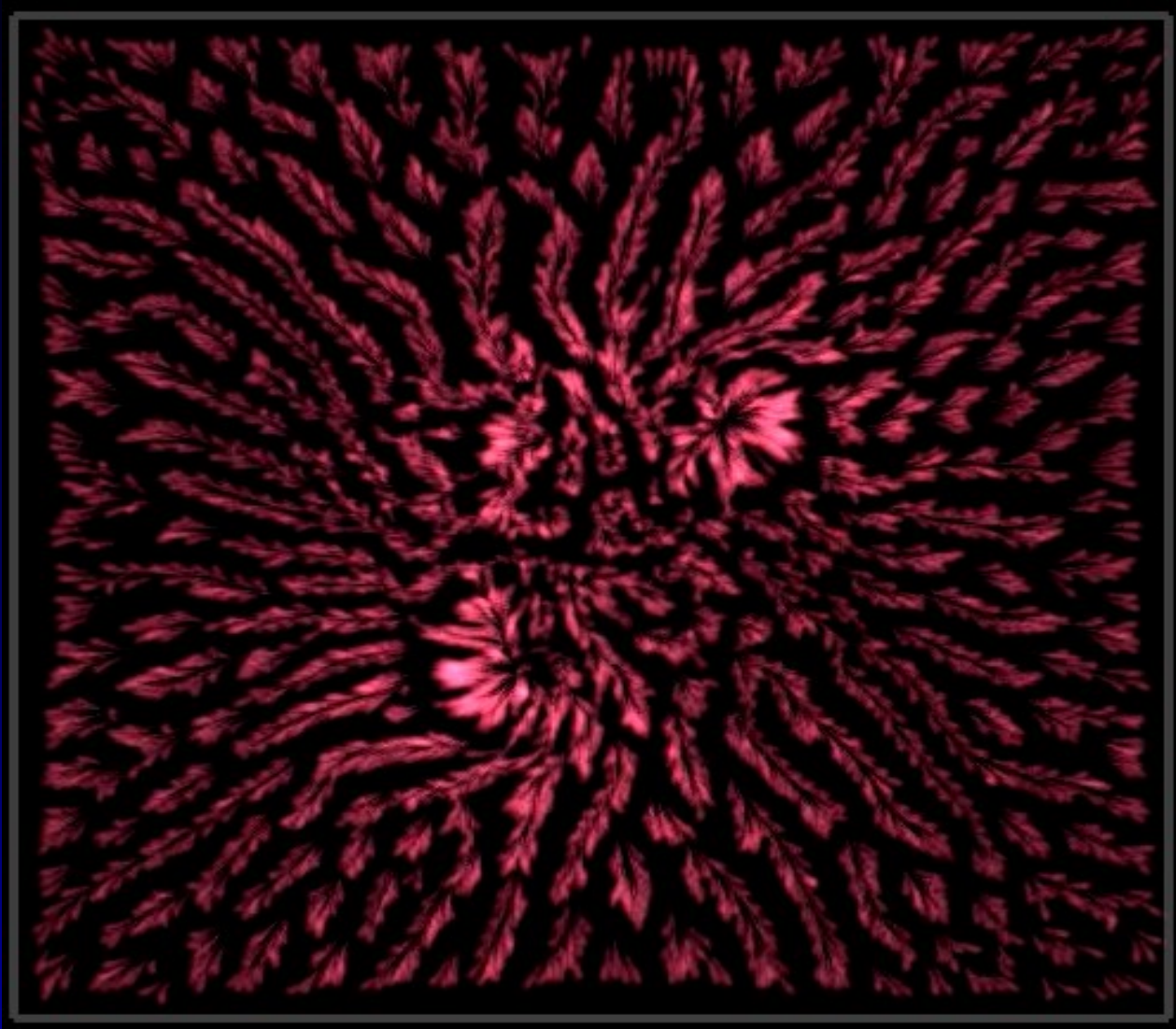
Simulation de foules : système de particules détourné



Vie Artificielle :



Système de Particules : auto-organisation



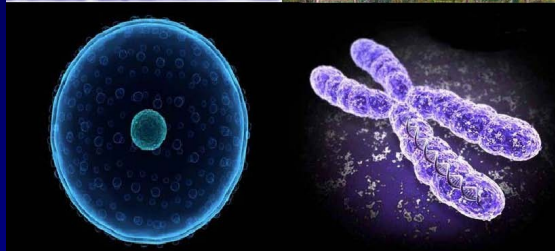
Et ça continue ... :

Morphogénèse : *croissance de végétaux*

Biogénèse : *modèles cellulaires*

Modèles génétiques

Nano-Technologies



**“Artificial, non-artificial, natural:
On the Ethics of Artificial Life”**

Michael Steinmann

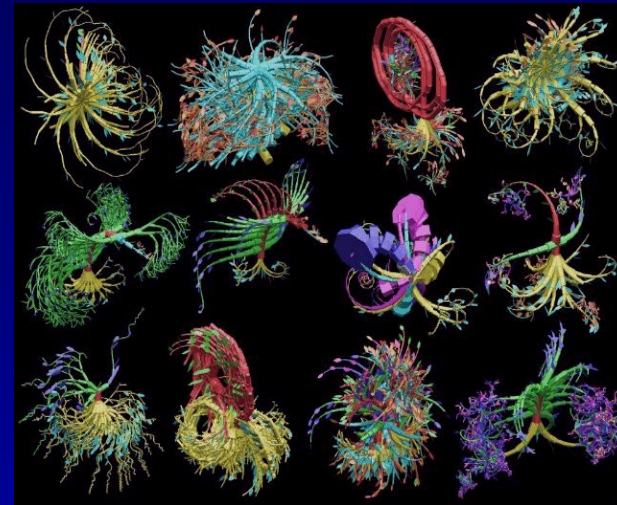
University of Tübingen and University of Pennsylvania

Date: Wednesday, March 26

Time: 3:15 P.M. Place: Pierce 216

Light refreshments will be served

College of Arts and Letters



Vue d'ensemble : *(tentative...)*

