

Rendu de Fluides

Moteurs de Jeux

Kevin Bollini
Geoffrey Mélia

Université Montpellier 2

8 Novembre 2012

Sommaire

- 1 Introduction
- 2 Modélisation
- 3 Rendu
- 4 Conclusions et Perspectives

Plan

- 1 Introduction
 - Généralités
 - Propriétés Fondamentales
 - Approches
- 2 Modélisation
- 3 Rendu
- 4 Conclusions et Perspectives

Généralité

Généralité

Qu'est ce qu'un "Fluide"?

- Milieu matériel déformable
- Liquides (peu compressibles)
- Gaz (compressibles)

Généralité

Qu'est ce qu'un "Fluide" ?

- Milieu matériel déformable
- Liquides (peu compressibles)
- Gaz (compressibles)

Quelles différences avec un solide ?

- Propriétés Mécaniques
- Propriétés Optiques
- Modélisations différentes

Propriétés Rhéologiques

La rhéologie est l'étude de la déformation et de l'écoulement de la matière sous l'effet d'une contrainte appliquée.

Propriétés Rhéologiques

La rhéologie est l'étude de la déformation et de l'écoulement de la matière sous l'effet d'une contrainte appliquée.

Plusieurs types de fluides

- Newtonien
- Non Newtonien

Propriétés Rhéologiques

La rhéologie est l'étude de la déformation et de l'écoulement de la matière sous l'effet d'une contrainte appliquée.

Plusieurs types de fluides

- Newtonien
- Non Newtonien

Fluides Newtoniens

- Linéarité entre contraintes et déformations
- Ce facteur donne la viscosité
- Fluides 'classiques' : eau, lait, jus de fruit, miel, huiles, etc.

Propriétés Rhéologiques

La rhéologie est l'étude de la déformation et de l'écoulement de la matière sous l'effet d'une contrainte appliquée.

Plusieurs types de fluides

- Newtonien
- Non Newtonien

Fluides Newtoniens

- Linéarité entre contraintes et déformations
- Ce facteur donne la viscosité
- Fluides 'classiques' : eau, lait, jus de fruit, miel, huiles, etc.

Fluides non Newtoniens

- Vitesse de déformation (taux de cisaillement) non directement proportionnelle à la force appliquée
- Sable mouillée, mélange eau/fécule de maïs

Description du mouvement

L'équation de Navier-Stokes permet de décrire le mouvement des fluides newtoniens :

$$\frac{\partial(\rho\vec{v})}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho\vec{v} \otimes \vec{v}) = -\vec{\nabla} p + \vec{\nabla} \cdot \vec{\tau} + \rho\vec{f}$$

Description du mouvement

L'équation de Navier-Stokes permet de décrire le mouvement des fluides newtoniens :

$$\frac{\partial(\rho\vec{v})}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho\vec{v} \otimes \vec{v}) = -\vec{\nabla} p + \vec{\nabla} \cdot \vec{\tau} + \rho\vec{f}$$

- t représente le temps

Description du mouvement

L'équation de Navier-Stokes permet de décrire le mouvement des fluides newtoniens :

$$\frac{\partial(\rho\vec{v})}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho\vec{v} \otimes \vec{v}) = -\vec{\nabla} p + \vec{\nabla} \cdot \vec{\tau} + \rho\vec{f}$$

- t représente le temps
- ρ désigne la masse volumique du fluide

Description du mouvement

L'équation de Navier-Stokes permet de décrire le mouvement des fluides newtoniens :

$$\frac{\partial(\rho\vec{v})}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho\vec{v} \otimes \vec{v}) = -\vec{\nabla} p + \vec{\nabla} \cdot \vec{\tau} + \rho\vec{f}$$

- t représente le temps
- ρ désigne la masse volumique du fluide
- \vec{v} désigne la vitesse eulérienne d'une particule fluide

Description du mouvement

L'équation de Navier-Stokes permet de décrire le mouvement des fluides newtoniens :

$$\frac{\partial(\rho\vec{v})}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho\vec{v} \otimes \vec{v}) = -\vec{\nabla} p + \vec{\nabla} \cdot \vec{\tau} + \rho\vec{f}$$

- t représente le temps
- ρ désigne la masse volumique du fluide
- \vec{v} désigne la vitesse eulérienne d'une particule fluide
- p désigne la pression

Description du mouvement

L'équation de Navier-Stokes permet de décrire le mouvement des fluides newtoniens :

$$\frac{\partial(\rho\vec{v})}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho\vec{v} \otimes \vec{v}) = -\vec{\nabla} p + \vec{\nabla} \cdot \vec{\tau} + \rho\vec{f}$$

- t représente le temps
- ρ désigne la masse volumique du fluide
- \vec{v} désigne la vitesse eulérienne d'une particule fluide
- p désigne la pression
- $\vec{\tau} = (\tau_{i,j})_{i,j}$ est le tenseur des contraintes visqueuses (en Pa)

Description du mouvement

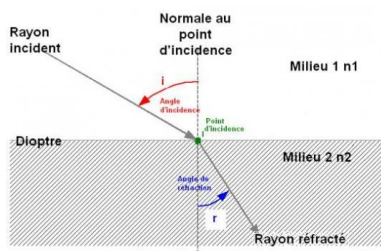
L'équation de Navier-Stokes permet de décrire le mouvement des fluides newtoniens :

$$\frac{\partial(\rho\vec{v})}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho\vec{v} \otimes \vec{v}) = -\vec{\nabla} p + \vec{\nabla} \cdot \vec{\tau} + \rho\vec{f}$$

- t représente le temps
- ρ désigne la masse volumique du fluide
- \vec{v} désigne la vitesse eulérienne d'une particule fluide
- p désigne la pression
- $\vec{\tau} = (\tau_{i,j})_{i,j}$ est le tenseur des contraintes visqueuses (en Pa)
- \vec{f} désigne la résultante des forces massiques s'exerçant dans le fluide

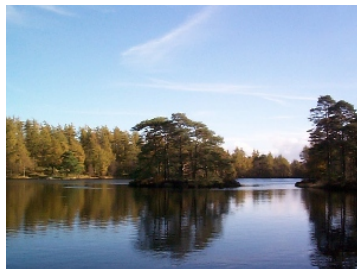
Propriétés Optiques

- Propriétés optiques



Propriétés Optiques

- Propriétés optiques
- Réflexions



Propriétés Optiques

- Propriétés optiques
- Réflexions
- Spéculaire



Approches

Deux approches pour décrire le mouvement :

Approches

Deux approches pour décrire le mouvement :

Eulérienne

- Définition d'un référentiel commun
- Étude du mouvement par rapport à ce référentiel

Approches

Deux approches pour décrire le mouvement :

Eulérienne

- Définition d'un référentiel commun
- Étude du mouvement par rapport à ce référentiel

Lagrangienne

- On s'accroche à une particule
- On suit ainsi le mouvement de chacune des particules
- En chaque instant, on connaît leurs coordonnées

Plan

- 1 Introduction
- 2 Modélisation**
 - Généralités
 - SPH Modelisation
 - Grid-based Modelisation
- 3 Rendu
- 4 Conclusions et Perspectives

Généralités

Deux Approches

- SPH Modelisation
- Grid-based Modelisation

Modélisation par particules

Fonctionnement

Modélisation par particules

Fonctionnement

- Approche lagrangienne (sans maillage)

Modélisation par particules

Fonctionnement

- Approche lagrangienne (sans maillage)
- On divise le fluide en éléments discret : les particules

Modélisation par particules

Fonctionnement

- Approche lagrangienne (sans maillage)
- On divise le fluide en éléments discret : les particules

Avantages

Modélisation par particules

Fonctionnement

- Approche lagrangienne (sans maillage)
- On divise le fluide en éléments discret : les particules

Avantages

- Garantit la conservation de la masse

Modélisation par particules

Fonctionnement

- Approche lagrangienne (sans maillage)
- On divise le fluide en éléments discret : les particules

Avantages

- Garantit la conservation de la masse
- Calcul local des interactions (au lieu de systèmes d'équations)

Modélisation par particules

Fonctionnement

- Approche lagrangienne (sans maillage)
- On divise le fluide en éléments discret : les particules

Avantages

- Garantit la conservation de la masse
- Calcul local des interactions (au lieu de systèmes d'équations)
- Surface libre à deux phases (particules et espaces)

Modélisation par particules

Fonctionnement

- Approche lagrangienne (sans maillage)
- On divise le fluide en éléments discret : les particules

Avantages

- Garantit la conservation de la masse
- Calcul local des interactions (au lieu de systèmes d'équations)
- Surface libre à deux phases (particules et espaces)
- Utilisation temps réel (jeu vidéo)

Modélisation par particules

Fonctionnement

- Approche lagrangienne (sans maillage)
- On divise le fluide en éléments discret : les particules

Avantages

- Garantit la conservation de la masse
- Calcul local des interactions (au lieu de systèmes d'équations)
- Surface libre à deux phases (particules et espaces)
- Utilisation temps réel (jeu vidéo)

Inconvénients

Modélisation par particules

Fonctionnement

- Approche lagrangienne (sans maillage)
- On divise le fluide en éléments discret : les particules

Avantages

- Garantit la conservation de la masse
- Calcul local des interactions (au lieu de systèmes d'équations)
- Surface libre à deux phases (particules et espaces)
- Utilisation temps réel (jeu vidéo)

Inconvénients

- Nombre important de particules pour un rendu de qualité

Modélisation par particules

Fonctionnement

- Approche lagrangienne (sans maillage)
- On divise le fluide en éléments discret : les particules

Avantages

- Garantit la conservation de la masse
- Calcul local des interactions (au lieu de systèmes d'équations)
- Surface libre à deux phases (particules et espaces)
- Utilisation temps réel (jeu vidéo)

Inconvénients

- Nombre important de particules pour un rendu de qualité
- Précision moindre qu'un système à maillage

Modélisation par grille de voxels

Fonctionnement

Modélisation par grille de voxels

Fonctionnement

- Approche Euclidienne : maillage de la scène

Modélisation par grille de voxels

Fonctionnement

- Approche Euclidienne : maillage de la scène
- On regarde chaque élément du maillage

Modélisation par grille de voxels

Fonctionnement

- Approche Euclidienne : maillage de la scène
- On regarde chaque élément du maillage

Avantages

Modélisation par grille de voxels

Fonctionnement

- Approche Euclidienne : maillage de la scène
- On regarde chaque élément du maillage

Avantages

- Niveau de détails important

Modélisation par grille de voxels

Fonctionnement

- Approche Euclidienne : maillage de la scène
- On regarde chaque élément du maillage

Avantages

- Niveau de détails important
- Facilement adapter le niveau de détails

Modélisation par grille de voxels

Fonctionnement

- Approche Euclidienne : maillage de la scène
- On regarde chaque élément du maillage

Avantages

- Niveau de détails important
- Facilement adapter le niveau de détails

Inconvénients

Modélisation par grille de voxels

Fonctionnement

- Approche Euclidienne : maillage de la scène
- On regarde chaque élément du maillage

Avantages

- Niveau de détails important
- Facilement adapter le niveau de détails

Inconvénients

- Temps de calcul important

Modélisation par grille de voxels

Fonctionnement

- Approche Euclidienne : maillage de la scène
- On regarde chaque élément du maillage

Avantages

- Niveau de détails important
- Facilement adapter le niveau de détails

Inconvénients

- Temps de calcul important
- Calculs supplémentaires pour vérifier la conservation de la masse

Modélisation "heightfield"

Fonctionnement

Modélisation "heightfield"

Fonctionnement

- Modélisation 2,5D

Modélisation "heightfield"

Fonctionnement

- Modélisation 2,5D
- "Tranche" grille de voxels

Modélisation "heightfield"

Fonctionnement

- Modélisation 2,5D
- "Tranche" grille de voxels

Avantages

Modélisation "heightfield"

Fonctionnement

- Modélisation 2,5D
- "Tranche" grille de voxels

Avantages

- Rendu Réaliste

Modélisation "heightfield"

Fonctionnement

- Modélisation 2,5D
- "Tranche" grille de voxels

Avantages

- Rendu Réaliste
- Temps de calcul en 2D

Modélisation "heightfield"

Fonctionnement

- Modélisation 2,5D
- "Tranche" grille de voxels

Avantages

- Rendu Réaliste
- Temps de calcul en 2D

Inconvénients

Modélisation "heightfield"

Fonctionnement

- Modélisation 2,5D
- "Tranche" grille de voxels

Avantages

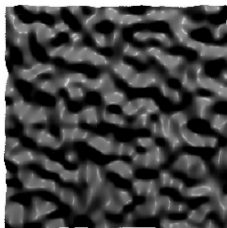
- Rendu Réaliste
- Temps de calcul en 2D

Inconvénients

- Limités aux surfaces

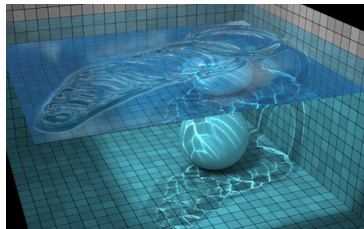
Modélisation "heightfield"

- Basé sur 2,5D



Modélisation "heightfield"

- Basé sur 2,5D
- Exemple



Plan

1 Introduction

2 Modélisation

3 Rendu

- Généralités
- Géométrie
- Réflexions

4 Conclusions et Perspectives

Généralités

Plusieurs approches pour le rendu

- Metaballs
- Marching Cube
- Ray-tracing

Métaballs

Metaballs

- Objets mous, aussi appelés Blob (Blinn Objects)
- Adapté au modélisation de particules

Métaballs

Metaballs

- Objets mous, aussi appelés Blob (Blinn Objects)
- Adapté au modélisation de particules

Interaction possible entre les balls :

- influence sur le déplacement
- modification de la forme : jusqu'à pouvoir fusionner



Blobs disjoints



Cas limite



Deux particules très proches

Métaballs

Metaballs

- Objets mous, aussi appelés Blob (Blinn Objects)
- Adapté au modélisation de particules

Interaction possible entre les balls :

- influence sur le déplacement
- modification de la forme : jusqu'à pouvoir fusionner



Marching Cube

Marching Cube

- Algorithme d'extraction de surface
- Adapté au rendu de heighfield

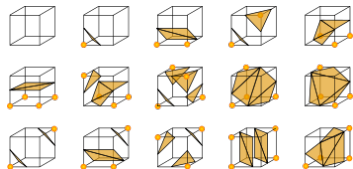
Marching Cube

Marching Cube

- Algorithme d'extraction de surface
- Adapté au rendu de heighfield

Fonctionnement

- On découpe l'espace en le parcourant par "cube"
- On approxime un polygone à tracer dans ce cube par rapport à la surface



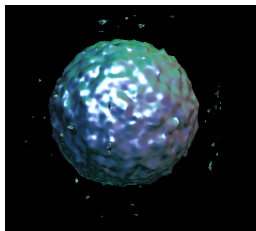
Marching Cube

Marching Cube

- Algorithme d'extraction de surface
- Adapté au rendu de heighfield

Fonctionnement

- On découpe l'espace en le parcourant par "cube"
- On approxime un polygone à tracer dans ce cube par rapport à la surface



Ray-Tracing

Ray-Tracing

- Technique de rendu fidèle à la physique
- Très lourde en terme de ressource

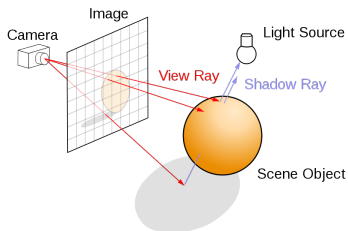
Ray-Tracing

Ray-Tracing

- Technique de rendu fidèle à la physique
- Très lourde en terme de ressource

Fonctionnement

- On tire un rayon partant de la camera pour chaque pixel de l'image
- On colore alors le pixel en fonction du premier objet qu'il heurte
- Cette coloration dépend des propriétés physique de l'objet rencontré



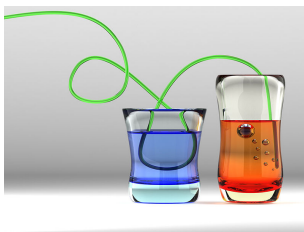
Ray-Tracing

Ray-Tracing

- Technique de rendu fidèle à la physique
- Très lourde en terme de ressource

Fonctionnement

- On tire un rayon partant de la camera pour chaque pixel de l'image
- On colore alors le pixel en fonction du premier objet qu'il heurte
- Cette coloration dépend des propriétés physique de l'objet rencontré



Cubemaps

Fonctionnement

- Cube d'images, regroupant les textures entourant un objet

Cubemaps

Fonctionnement

- Cube d'images, regroupant les textures entourant un objet

Avantages

- Possibilité de pré-calculer
- Rapide



Cubemaps

Fonctionnement

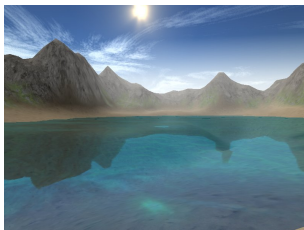
- Cube d'images, regroupant les textures entourant un objet

Avantages

- Possibilité de pré-calculer
- Rapide

inconvénients

- Peu efficace pour les réflexions "locale"



Planars mirrors

Fonctionnement

- Exploite la "stencil reflection"

Planars mirrors

Fonctionnement

- Exploite la "stencil reflection"

Avantages

- Résultat convainquant à l'oeil
- Simple à implémenter

Planars mirrors

Fonctionnement

- Exploite la "stencil reflection"

Avantages

- Résultat convainquant à l'oeil
- Simple à implémenter

inconvénients

- Résultat non conformes à la physique
- Limité au surface plane

Distorsions

Distorsions

Probleme

- L'eau n'est pas une surface parfaitement plane
- Les reflexions ne doivent donc pas non plus l'être

Distorsions

Probleme

- L'eau n'est pas une surface parfaitement plane
- Les reflexions ne doivent donc pas non plus l'être

Approximation

- Moduler la position x et y de chaque élément du fluide avant le calcul
- On utilise alors sa normale
- $P.x = d*N.x$ et $P.y = d*N.y$, avec d facteur de distorsion

Plan

- 1 Introduction
- 2 Modélisation
- 3 Rendu
- 4 Conclusions et Perspectives**
 - Conclusions
 - Perspectives
 - Références

Conclusions

Conclusions

Synthèse

- Rendus convaincants
- Problème ouvert

Conclusions

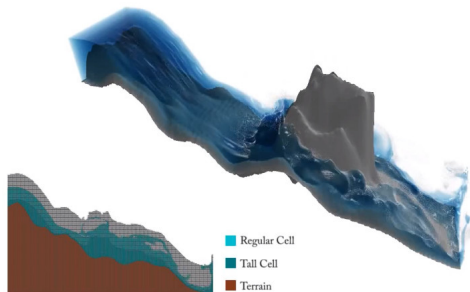
Synthèse

- Rendus convaincants
- Problème ouvert

Limites

- Difficilement fidèles aux lois de la physique en temps réel

Perspectives



Tall Cell, un hybride heightfield/grid-based

Références

Ressources Web :

- [http.developer.nvidia.com](http://developer.nvidia.com)
- www.irit.fr
- www.sciences.univ-nantes.fr
- www.gamedev.net
- ensiwiki.ensimag.fr
- wikipedia.org

Articles, thèses et revues scientifiques :

- *Real-Time Eulerian Water Simulation Using a Restricted Tall Cell Grid*,
[N.Chentanez, M.Muller ,NVIDIA PhysX Research, 2010]
- *Fitted BVH for Fast Raytracing of Metaballs*,
[Olivier Gourmel1 et al. IRIT-VORTEX LIGUM, 2010]