

5ETI Synthèse d'images: Animation physique

CPE Lyon
damien.rohmer@cpe.fr

2012/2013

Maillage

Animation physique

- Quand on ne sait pas le déformer à la main.
- Quand il faut modéliser des phénomènes physiques.



[Fedkiw SIGGRAPH 06],[Grinspun SIGGRAPH 07]

Maillage

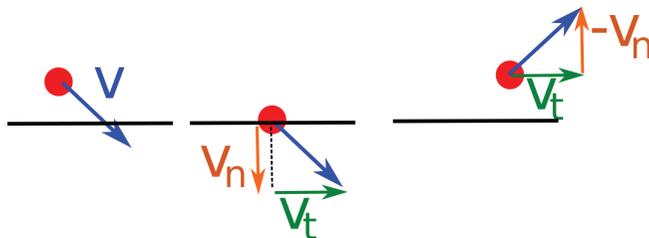
Système de particules + collision

- Les particules peuvent entrer en collision avec un plan :
 $\mathcal{P} : \langle x - p_0, n \rangle \geq 0$
- Détection : $\langle x - p_0, n \rangle < 0$
- Séparation : vitesse tangentielle v_t , vitesse normale v_n .

$$\begin{cases} v_n = \langle v, n \rangle \\ v_t = v - \langle v, n \rangle n \end{cases}$$

- Après collision, perte d'énergie : amortissement par $\mu = \text{coeff de restitution}$

$$v^{k+1} = -\mu \langle v^k, n \rangle n + (v^k - \langle v^k, n \rangle n)$$



Maillage

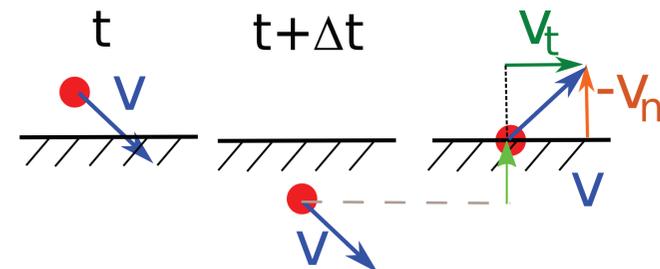
Système de particules + collision

- Attention à la discrétisation temporelle !

- 1 Projection : Simple, faux (instabilités).

$$x^{k+1} = x^k - \langle x^k - p_0, n \rangle n$$

- 2 Recherche arrière : Moins simple, moins faux.

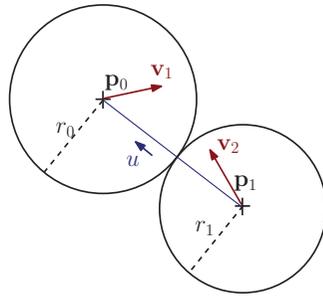


Maillage

Sphères dures

- Particules = Sphères masse m , centre x , rayon r .
- Particules en collision si

$$\|x_1 - x_2\| < r_1 + r_2$$



- Nouvelle vitesse en choc élastique

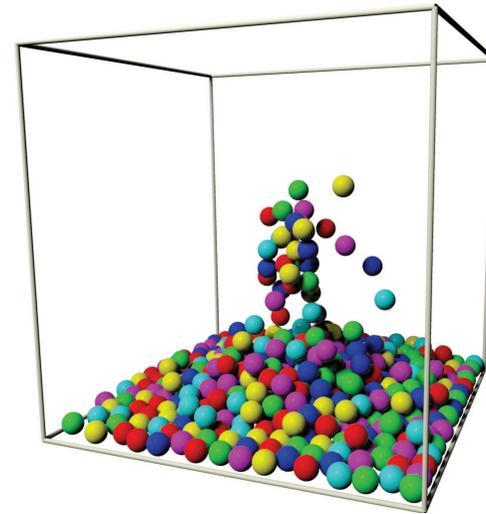
$$\begin{cases} v_1^{k+1} = v_1^k + \frac{1}{m_1+m_2} [m_2 < v_2^k, u > -\frac{1}{2}(m_1+3m_2) < v_1^k, u >] u \\ v_2^{k+1} = v_2^k + \frac{1}{m_1+m_2} [m_1 < v_1^k, u > -\frac{1}{2}(m_2+3m_1) < v_2^k, u >] u \\ u = x_1 - x_0 \end{cases}$$

- Penser à reprojeter sur la surface de contact

Maillage

Sphères dures

- On génère beaucoup de sphères



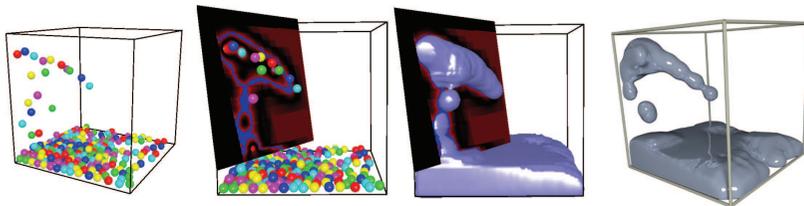
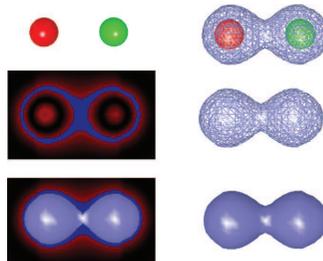
Maillage

Sphère : Potentiel implicite

- Affecte potentiel de l'espace à chaque particule (ex. blobs)

$$f(x) = \sum_i \exp(-a\|x - x_i\|^n)$$

⇒ Simulation de fluides.



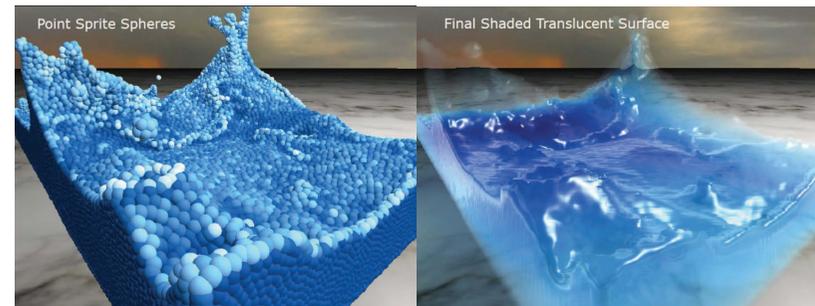
Maillage

Detection efficace de collision

- Algorithme force brute :

```
for (i=0; i<N; ++i)
  for (j=i+1; j<N; ++j)
    if ( norm(xi-xj) < r1+r2 )
      CollisionResponse(i, j)
```

- Complexité $\mathcal{O}(N^2)$
- Impossible pour 10^{3-6} particules en temps réel.

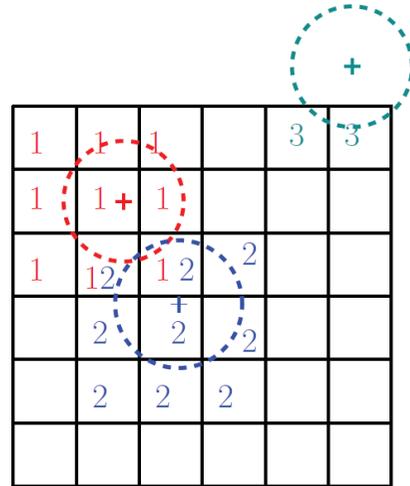


© NVIDIA, [Green, SIGGRAPH 10]

Maillage

Grilles acceleratrices

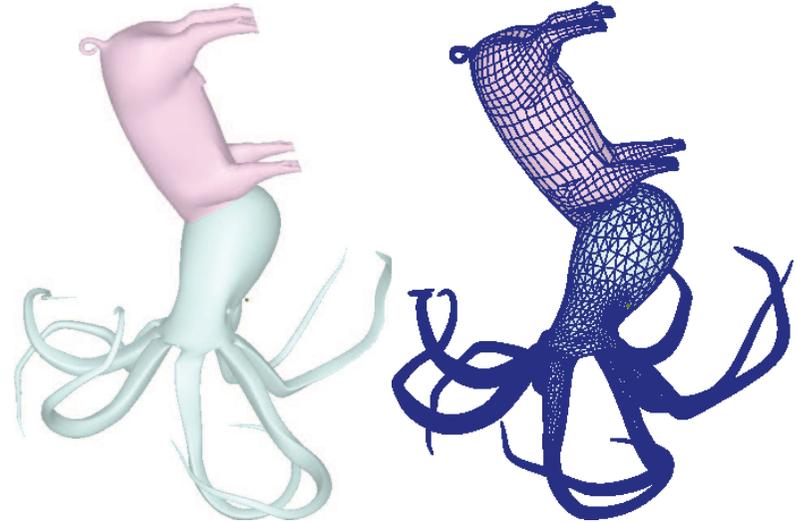
- Grille régulière
- Recherche en $\mathcal{O}(1)$
- + Simple, recherche dans l'espace efficace
- + Ok pour échantillonnage uniforme
- Utilisation mémoire



Maillage

Détection de collision objets

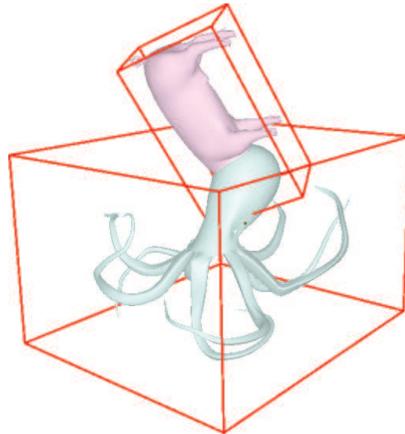
- Recherche triangles/triangles en $\mathcal{O}(N_{T1}N_{T2})$.
- Zones vides.



Maillage

Bounding Box

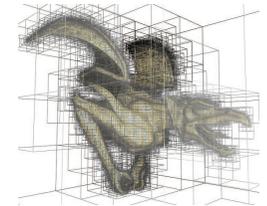
- Boite englobante = Bounding Box (BB)
- Le plus simple : AABB (Axis Aligned Bounding Box)
- Sphère englobantes
- + Détection de Non-Collision en $\mathcal{O}(N_{obj}^2)$



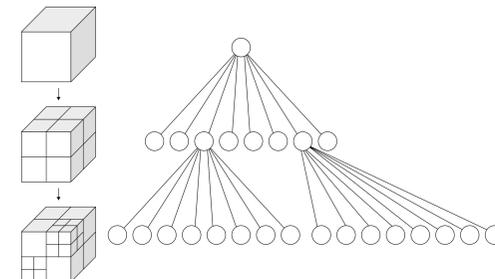
Maillage

Octree

- Grille auto-adaptable : **Octree**
- + Géométrie complexe
- + Recherche en $\mathcal{O}(\log(M))$, M taille arbre.



[Lefebvre GPU Gems 2, 2004]



Wikipedia

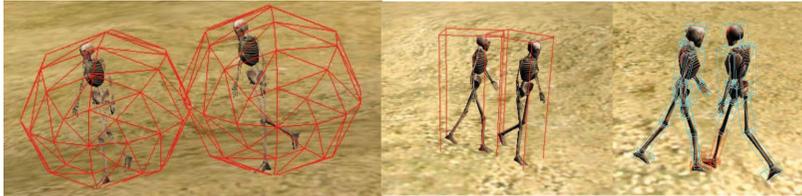
Maillage

Collisions

- En pratique : Niveaux de détails de boites englobantes

- ex. Spheres dans BB dans Octree

- ex. OBB dans AABB dans Spheres



Ditchburn

- 1 Test grossier

- 2 Test fin

- 3 ...

- 4 Optionnel : Calcul de la vraie collision

⇒ Tests de Non-collision rapide

⇒ Détection de collision lent