

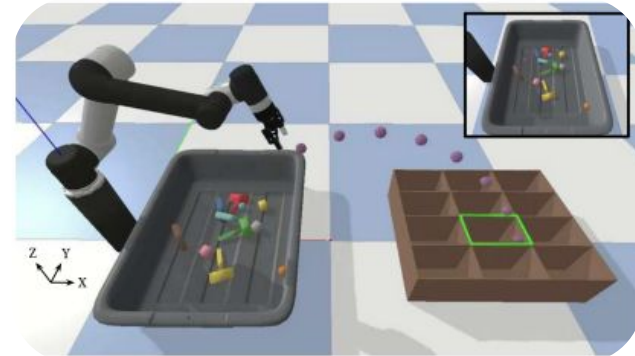
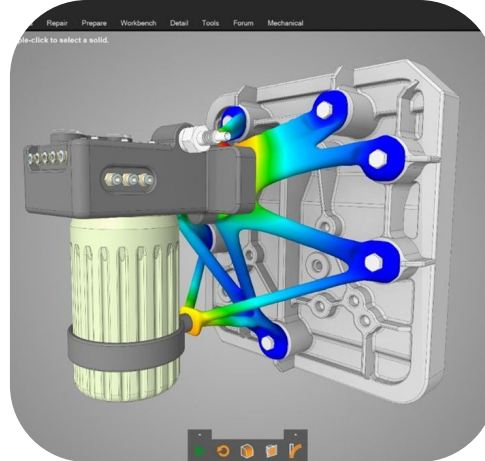
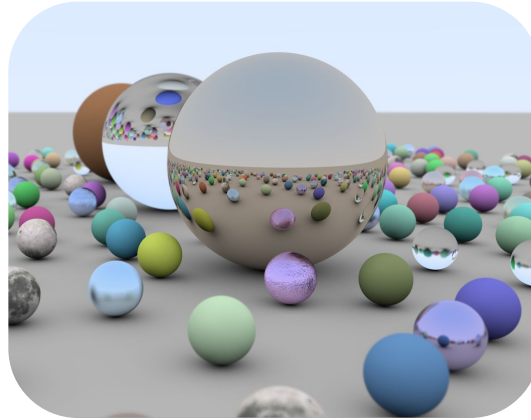
Algoritmi nella simulazione della fisica nella CG e BulletPhysics

Lorenzo del Prete, A.A 2023/2024
885465



Utilizzi della simulazione della fisica

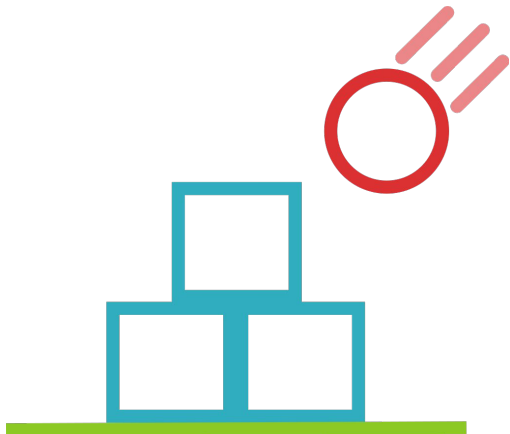
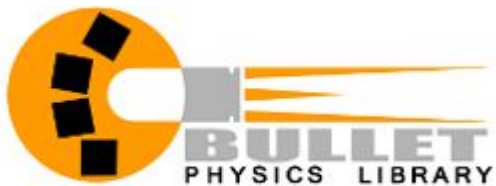
- Interattività e realismo
- Ray-Tracing
- Produzioni multimediali
- Videogiochi
- Industrial Design
- Robotica

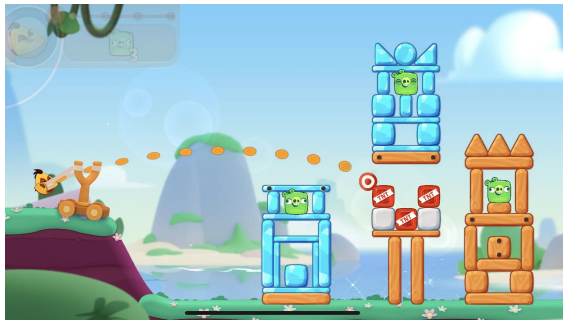
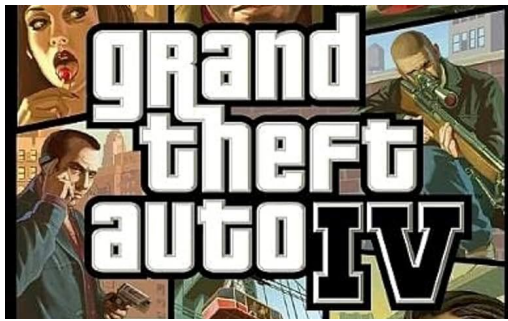


Motore fisico

- Risparmio di tempo;
- Aumento della complessità;
- Riutilizzabilità del codice.

- Perdita di specificità;
- Problemi di ottimizzazione.





Real-time Physics Engine Pipeline

Rappresentazione dei bodies
(Rigid, Soft)



Broad, Narrow Collision Phase



Resolution Phase

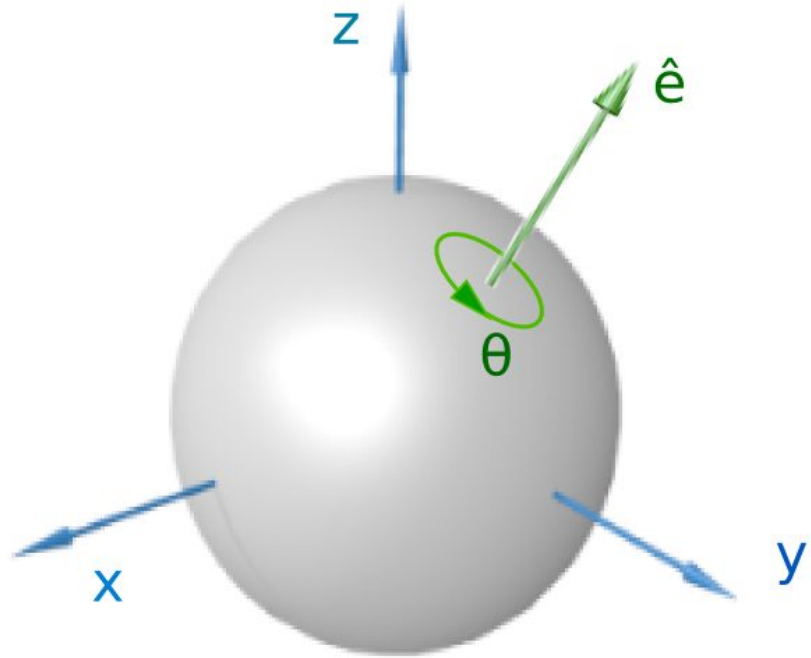


Integrazione temporale

Corpi Rigidi

- Vincolo di distanze fisse
- Origine nel centro di massa
- 6 gradi di libertà
- Rappresentazione axis-angle
- Velocità angolare
- Momento d'inerzia

$$\vec{x}_{com} = \frac{\sum_i^N m_i \cdot \vec{x}_i}{\sum_i^N m_i}$$



Collision Detection: Broad Phase

Check approssimativo per escludere coppie di corpi (*collision pairs*) che sicuramente non collideranno

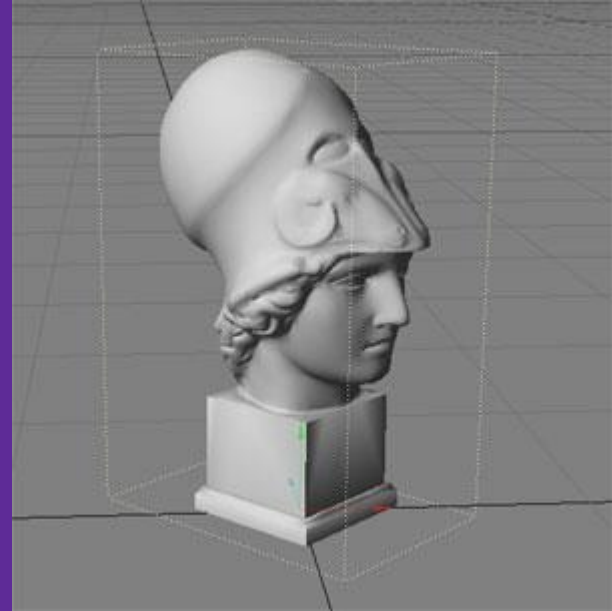
Algoritmo Brute-Force

```
for (ogni corpo in Body) do
  for (ogni altro corpo in Body) do
    if (collidono) then
      aggiungi i bodies alla lista Collision Pairs
```

Tempo di calcolo: $O(n^2)$

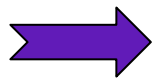
Bounding Volume

Volume geometrico che contiene interamente l'oggetto in una forma primitiva (cubo, sfera, ...)

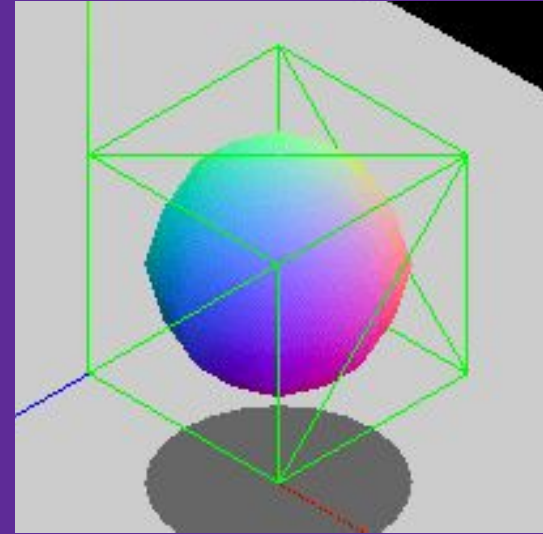


Axis-aligned bounding box (AABB)

bounding volume cubici con assi allineati al sistema mondo



test di overlap approssimato



Algoritmo sweep&prune

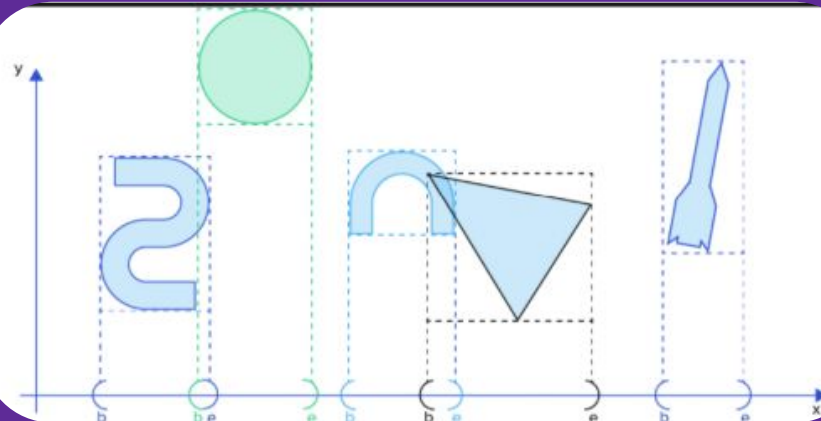
➡ sweeping: test di overlap su ogni asse tra coppie di AABB

➡ pruning: se il test fallisce su un asse allora la coppia non è una collision pair

```
for (AABB_A nella lista AABBs) do
  for (AABB_B nella lista ABBS) do
    if ( $x_{\min,A} < x_{\max,B}$  e  $x_{\max,A} > x_{\min,B}$ ) then
      aggiungi i due corpi nella lista Collision Pairs

for (ogni Collision Pair) do
  if ( $y_{\min,A} < y_{\max,B}$  e  $y_{\max,A} > y_{\min,B}$ ) then
    mantieni i due corpi nella lista Collision Pairs
  else
    rimuovili

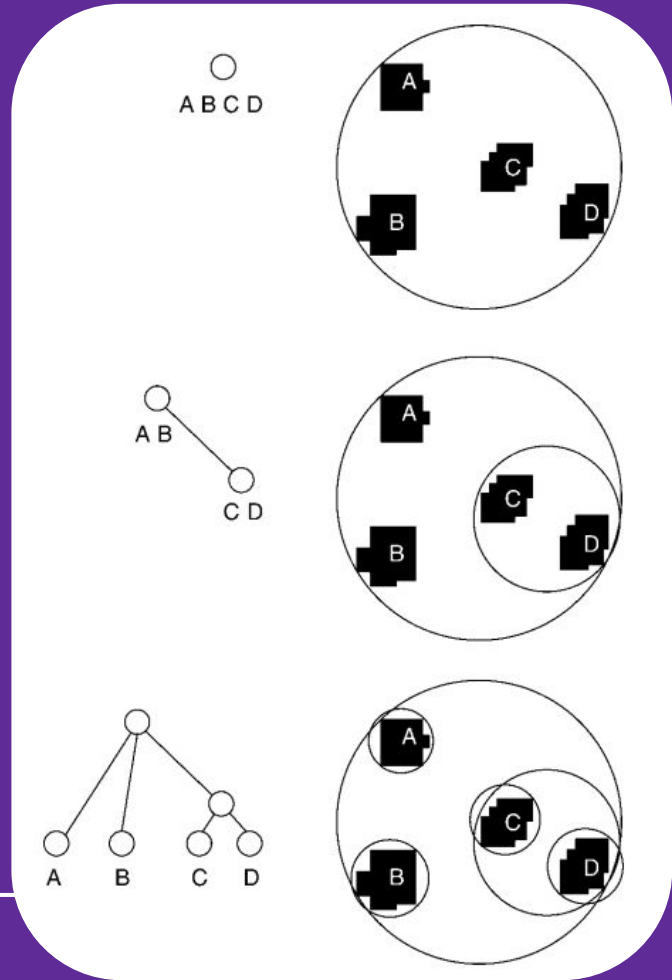
for (ogni Collision Pair) do
  if ( $z_{\min,A} < z_{\max,B}$  e  $z_{\max,A} > z_{\min,B}$ ) then
    mantieni i due corpi nella lista Collision Pairs
  else
    rimuovili
```



Bounding Volume Hierarchy

Creazione di struttura ad albero (es: albero ottale) permette un tempo di computazione $O(n \log(n))$

GLSL non permette l'uso di puntatori e ricorsioni

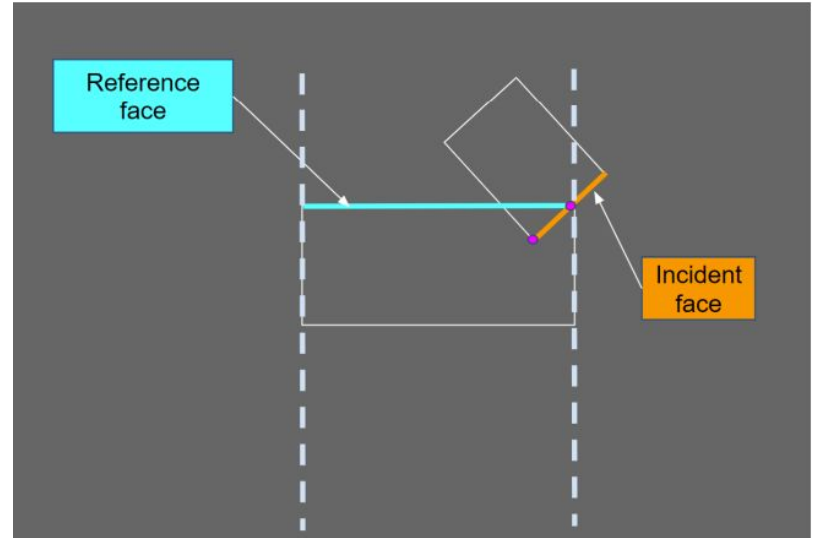
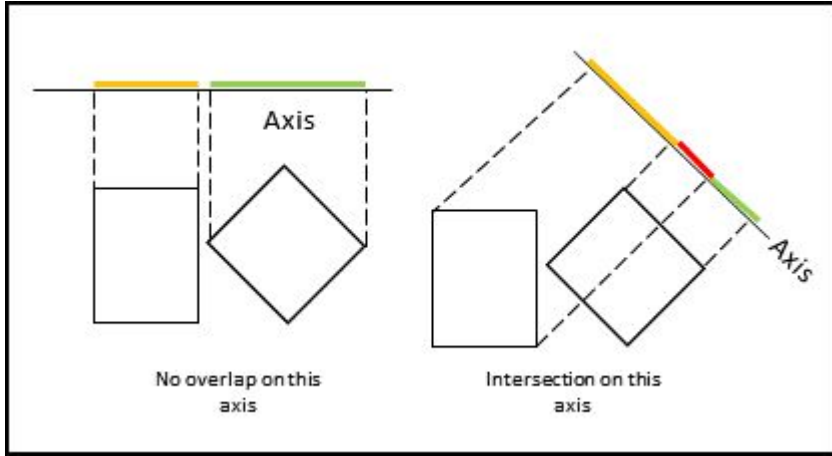


Collision Detection: Narrow Phase

Calcolo di una geometria di collisione tra i due corpi rigidi, tenendo conto delle geometrie

Separating Axis Test (SAT)

- Se esiste un asse in cui le proiezioni dei due poligoni non sono sovrapposte, i poligoni non collidono
- Assi perpendicolari dei lati del poligono
 - Per ogni asse proiezione poligoni
 - Se proiezioni sovrappongono su ogni asse, allora collidono



Resolution Phase

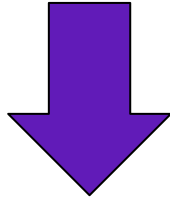
Definito un vincolo si risolve e si ricavano le velocità e le posizioni post collisione

Impulsed Based Resolution

- Definito un constraint $C: f(x_A, x_B)$
- Constraint di contatto:
 - $C: (x_A - x_B) \cdot n \geq 0$
- Traslazione nelle velocità
- Risoluzione nella velocità
- Metodo dei moltiplicatori di Lagrange
- Impulso = isolamento degli eventi in istanti di tempo

Integrazione temporale

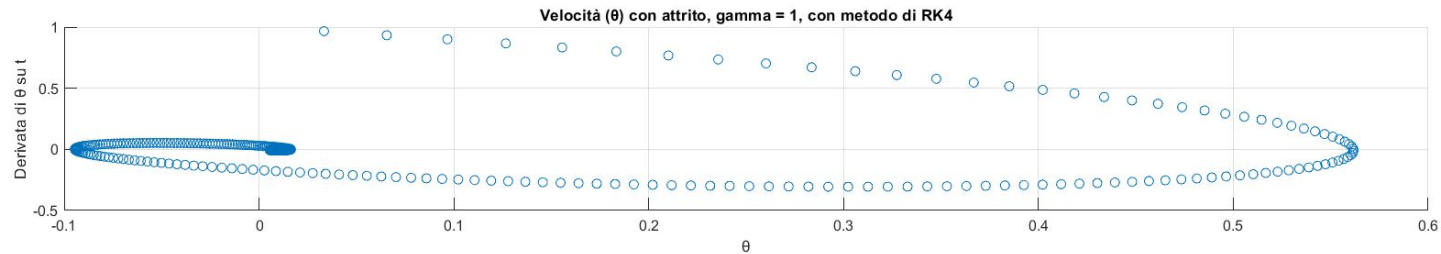
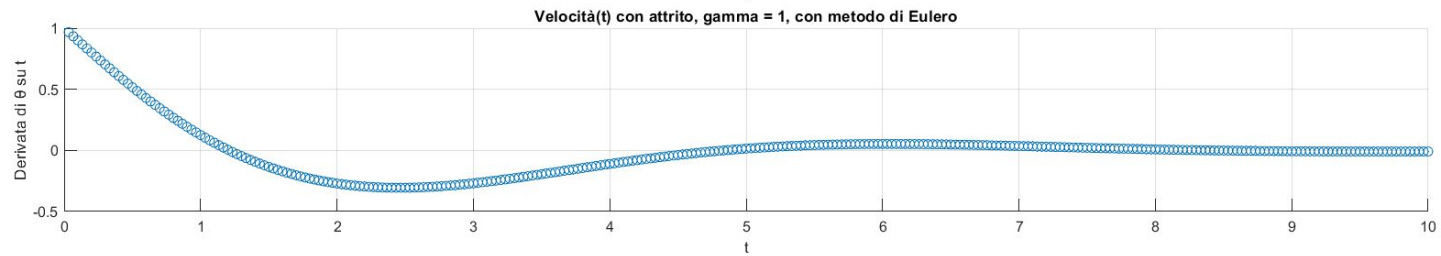
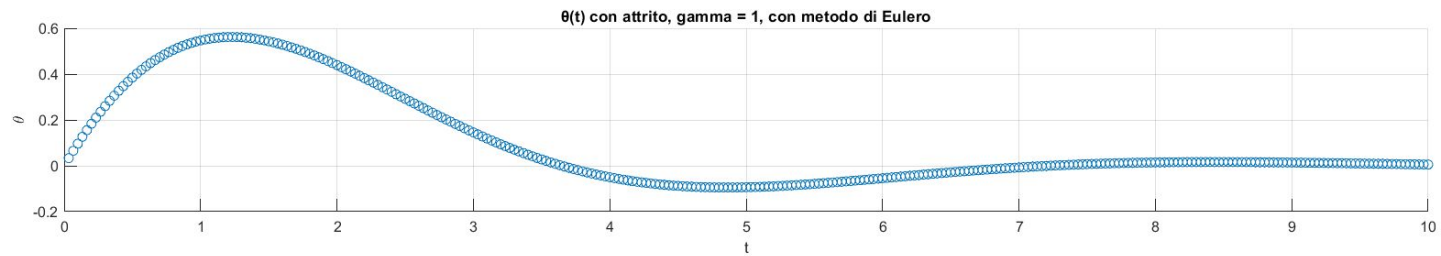
Equazione differenziale del moto



Traiettoria del corpo nel tempo

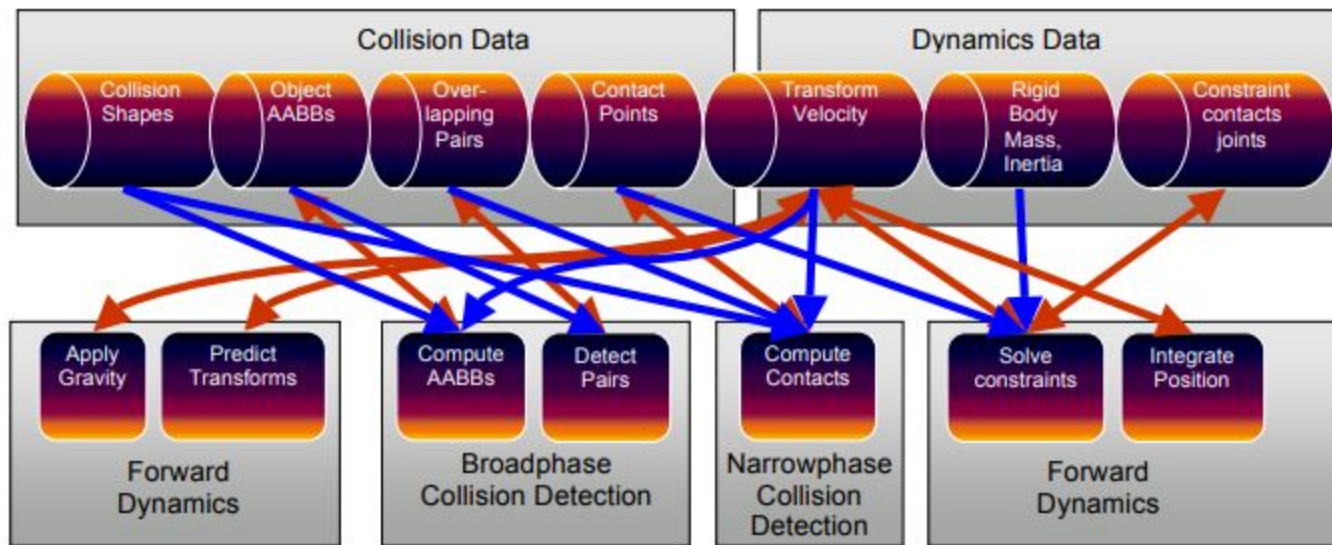
Metodo di Eulero semi implicito

- Legge di Newton $F = ma$
- In un passo temporale DT
- $v = v_p + a * DT$
- $x = x_p + v * DT$

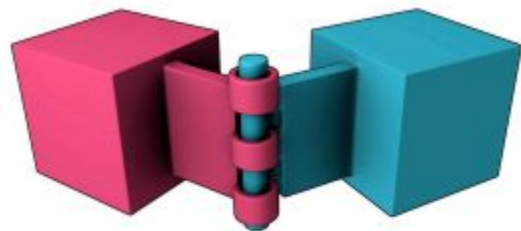
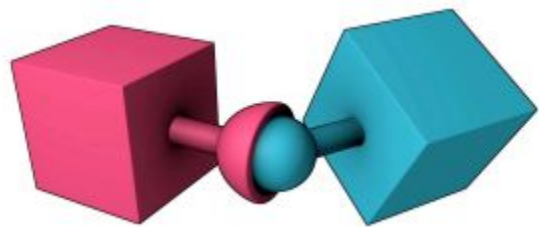


BulletPhysics

- Creazione di corpi rigidi e soffici
- DynamicsWorld, interfaccia di alto livello
- Risoluzione di vincoli

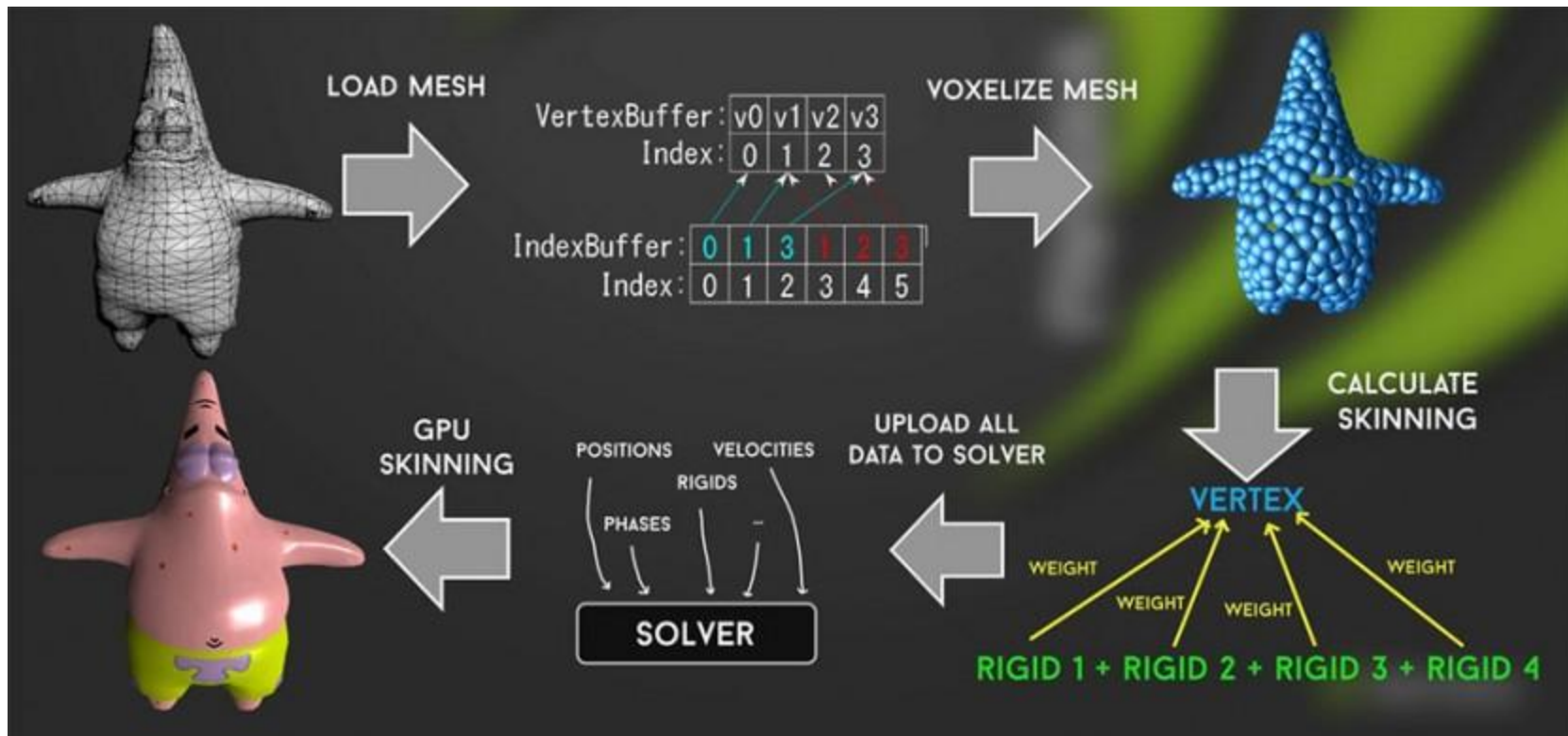


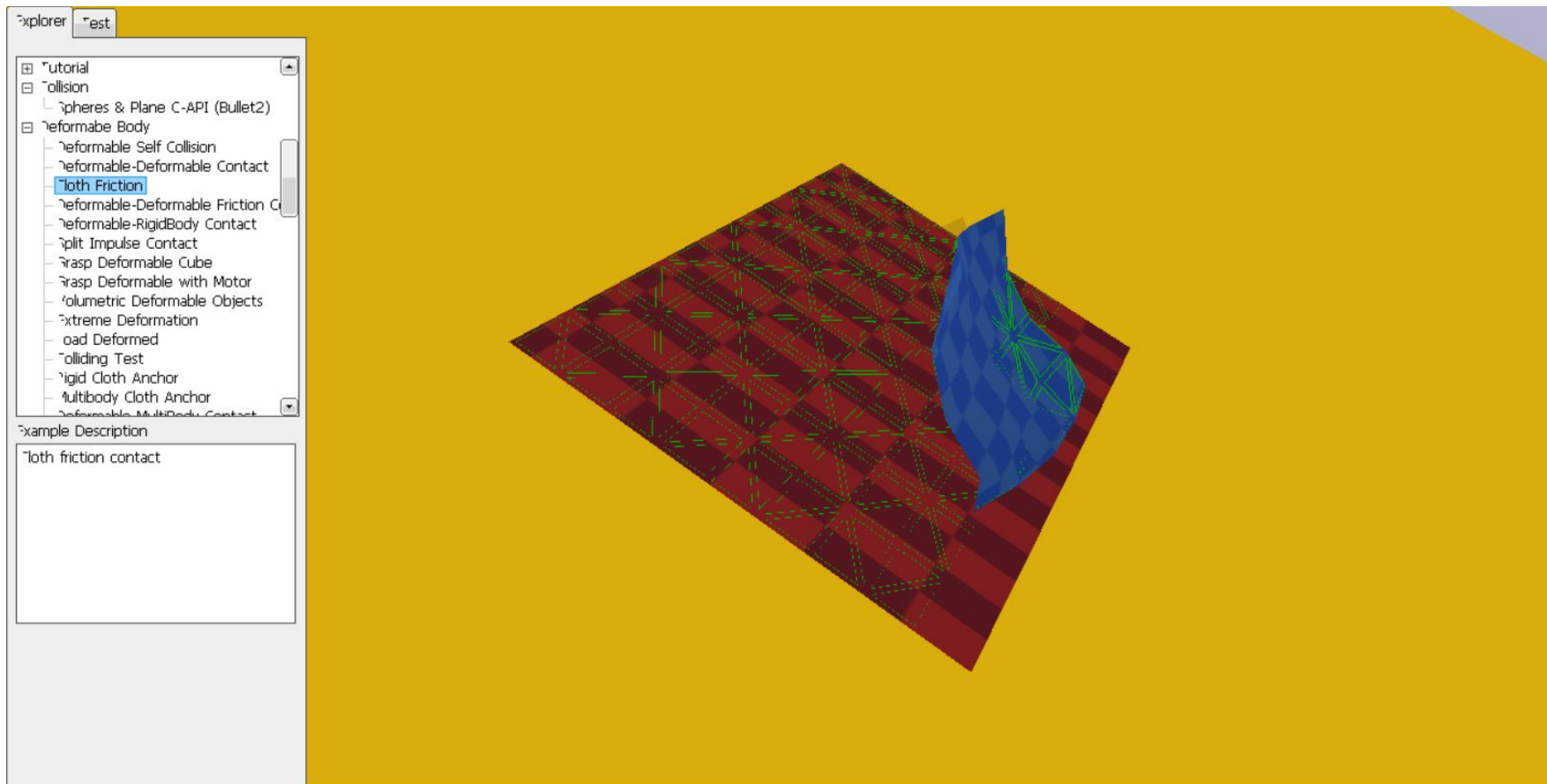
	box	sphere	convex,cylinder cone,capsule	compound	triangle mesh
box	boxbox	spherebox	gjk	compound	concaveconvex
sphere	spherebox	spheresphere	gjk	compound	concaveconvex
convex, cylinder, cone, capsule	gjk	gjk	gjk or SAT	compound	concaveconvex
compound	compound	compound	compound	compound	compound
triangle mesh	concaveconvex	concaveconvex	concaveconvex	compound	gimpact



Corpi Soffici

- No vincolo di distanze fisse
- Vertici legati tra molle
- in 3D da mesh superficiali a voxels
- Rendering offline





Selected demo: Deformable-Deformable Contact

Selected demo: Cloth Friction

Selected demo: Extreme Deformation

Selected demo: Spheres & Plane C-API (Bullet2)

Selected demo: Cloth Friction