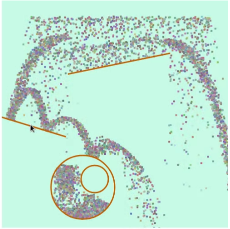
Chapitre 4 : Collision des particules

Image et Interaction 2D

Licence Informatique 2021-2022

1 Principe de la collision

Problème

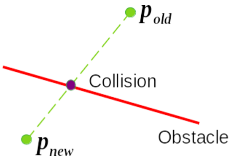


lien vidéo

- Les particules en mouvement peuvent rentrer en collision avec des obstacles.
- Obstacles : cercles et segments dans la scène
- Les étapes du traitement de la collision sont :
  1. La détection de collision :
     - déterminer s'il y a intersection entre la trajectoire de la particule et l'obstacle.
     - déterminer les informations nécessaires à l'étape suivante de réponse (par exemple : quel est le point où se produit la collision ?).
  2. La réponse à la collision : modifier la trajectoire de la particule ("rebond").

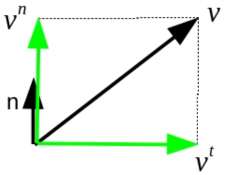
Détection de la collision

- On considère l'instant $t - \delta t$ (l'image d'avant) et l'instant t (l'image courante).
- On doit connaitre les positions p_{old} (la particule à l'instant $t - \delta t$) et p_{new} (la particule à l'instant t).
- Entre ces 2 positions, on considère que la particule se déplace en ligne droite.
- $\Rightarrow$ Détection collision = intersection entre le segment $[p_{old}, p_{new}]$ et l'obstacle (détaillé plus loin dans le cours).



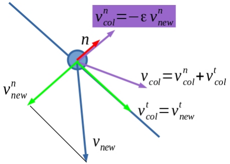
Réponse par impulsion : décomposition de la vitesse

- S'il y a collision, il y a une modification instantanée de la vitesse de la particule (pour traduire un "rebond").
- Pour calculer ce changement de vitesse, on décompose en premier lieu la vitesse en une composante **normale** v^n et une composante **tangentielle** v^t.
- $v = v^n + v^t$.
- v^n correspond à la projection de v sur la direction n normale à l'obstacle.
- Comment calculer v^n ? Par le produit scalaire $v^n = (v \cdot n)n$ (si n unitaire ; rendre n unitaire : $n' = \frac{n}{\|n\|}$)
- v^t est simplement obtenu par $v^t = v - v^n$.



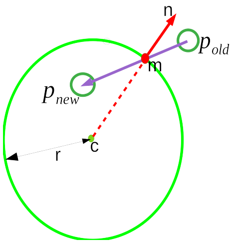
Réponse par impulsion

- On corrige v_{new} (la vitesse à l'image courante, c'est-à-dire $v(t)$) pour traduire le "rebond". On notera cette valeur corrigée v_{col}.
- Au moment de la collision, la vitesse v_{new} change instantanément (principe d'impulsion) :
  - La composante normale de la vitesse est opposée en lui appliquant un coefficient de restitution ε (à 1 la particule rebondit parfaitement ; à 0 la particule s'écrase sur l'obstacle).
  - La composante tangentielle de la vitesse reste inchangée.



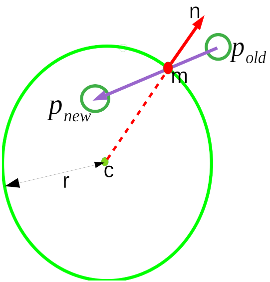
2 Calculs pour la collision

Détection pour le Cercle



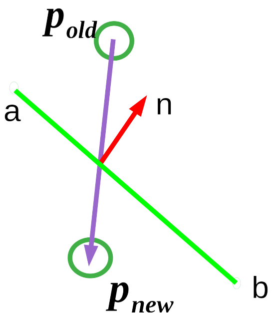
- Le cercle est défini par son centre c et son rayon r.
- Il y a collision si p_{old} et p_{new} sont de part et d'autre du contour (un à l'intérieur et l'autre à l'extérieur).
- Pour la réponse il faudra fournir la normale n au point de collision.
- La normale est simplement dans la direction qui va du centre c au point de collision m.
- A priori, il faut calculer m (intersection segment/cercle = équation du second degré), **mais** on se contente d'**une approximation** : on considère que la collision se fait au milieu de p_{old} et p_{new} (cohérent si les déplacements sont petits).
- Pour la normale, on se contente donc de la direction de c au milieu de $[p_{old}, p_{new}]$.

Détection pour le cercle (calcul)



- Un point P à l'intérieur ? Distance de P au centre plus petit que le rayon r (à l'extérieur sinon).
- Remarque : on évite de considérer les cas limites en informatique graphique car c'est rarement nécessaire (par exemple ici : "sur" le cercle pourra être considéré "intérieur").
- Remarque : ce type de test est appelé **test de localisation** (*In/Out Test*; qui se traduit par un booléen).
- Direction de la normale ? C'est la direction entre le centre du cercle et le point de collision `m` : $n = (m - c)/\|m - c\|$ (normalisé).
- Position de la collision m ? Prendre $m = \frac{p_{old} + p_{new}}{2}$ (le milieu).

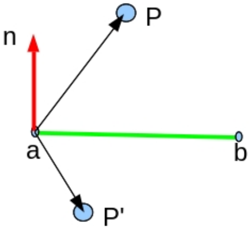
Détection pour le segment



- Un segment est défini par ses 2 extrémités a et b.
- Pour la détection de collision : on teste que le segment $[a, b]$ coupe le segment $[p_{old}, p_{new}]$ **sans** calcul d'intersection (cf transparent suivant)
- Pour la normale au point de collision : quelque soit le point d'intersection, c'est la normale au segment (la normale est la même pour tous les points du segment).

Détection pour le segment (calcul 1/2)

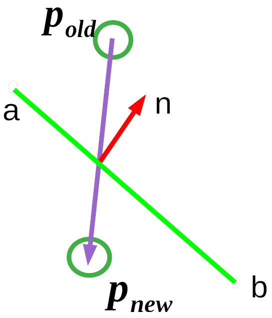
- Segment $[a, b]$ coupe $[p_{old}, p_{new}]$? On s'appuie sur la localisation d'un point par rapport à une droite.



  - Si n est une normale d'une droite et a un point de cette droite : le point P est dit positif par rapport à la droite s'il est du même coté que la normale.
  - Par le calcul : c'est le signe de $(P - A) \cdot n$ (voir le transparent sur l'interprétation du produit scalaire)

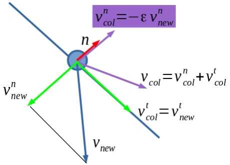
Détection pour le segment (calcul 2/2)

- Ainsi pour le segment, il y a intersection si
  - les signes de p_{old} et p_{new} par rapport à $[a, b]$ sont distincts (p_{old} et p_{new} de part et d'autre de (ab)).
  - **et** les signes de a et b par rapport à $[p_{old}, p_{new}]$ sont distincts (a et b de part et d'autre de $(P_{old}P_{new})$)



- Direction de la normale ? une normale à $u = b - a$ est $n = (-u_y, u_x)$.
- **Remarque :** inutile de calculer explicitement une intersection droite/droite (résolution d'équation).

Correction de la vitesse



- Calcul de la composante normale de la vitesse v^n_{new} :

$$v^n_{\text{new}} = (v_{\text{new}} \cdot n)n \text{ (avec n normalisé)}$$

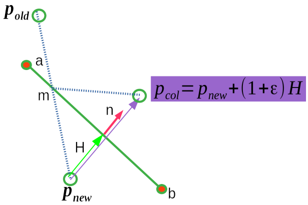
- Calcul de la vitesse corrigée v_{col} :
  - $v^n_{\text{col}} = -\varepsilon v^n_{\text{new}}$ et $v^t_{\text{col}} = v^t_{\text{new}} = v_{\text{new}} - v^n_{\text{new}}$
  - avec $v_{\text{col}} = v^n_{\text{col}} + v^t_{\text{col}}$

$$\boxed{v_{\text{col}} = v_{\text{new}} - (1+\varepsilon)v^n_{\text{new}}}$$

  - (i.e. on corrige la vitesse v_{new} en lui retirant $(1+\varepsilon)v^n_{\text{new}}$).

Réponse à la collision : il faut aussi corriger la position

- La position actuelle p_{new} de la particule est incorrecte : il faut la corriger sur p_{col}

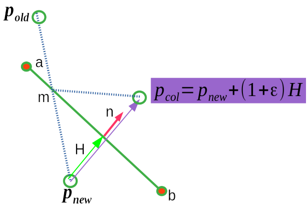


- p_{col} est la position "miroir" de p_{new} par rapport à la normale n (en tenant compte du coefficient de restitution ε).
- Le déplacement H se calcule par projection de $\overrightarrow{p_{new}m}$ sur la normale :

$$H = (\overrightarrow{p_{new}m} \cdot n)n$$

- Pour le segment : projeter $\overrightarrow{p_{new}m}$ ou $\overrightarrow{p_{new}a}$ donne le même H (inutile de calculer explicitement m).
- Pour le cercle : on prendra pour m le milieu de $[p_{new}, p_{old}]$ (approximation déjà faite lors de la détection).

Correction de la position



- On obtient alors p_{col} par :

$$\boxed{p_{col} = p_{new} + (1+\varepsilon)H}$$

3 Limitations

Restrictions

- Les obstacles sont statiques pour la simulation :
  - Ils ne sont pas mis en mouvement par des forces (il faudrait intégrer les moments des forces pour tenir compte des rotations)
  - Ils ne subissent pas la collision : ils ne bougent pas du fait du choc par les particules (il faudrait complexifier le calcul de réponse).
  - La collision des particules ne tient pas compte du mouvement à la souris des obstacles
- $\Rightarrow$ en TP on tiendra cependant compte de l'interaction des obstacles pour éviter que les particules traversent les obstacles en mouvement.
- Les multi-collisions ne sont pas gérées :
  - La correction de la position et de la vitesse sont faites pour un seul obstacle (à chaque image).
  - La correction peut remettre la particule en situation de collision sur la même image (et elle ne sera pas détectée).