MUX104

Synthèse d'image et réalité virtuelle

Trajectoires simulées

Pierre Cubaud

cubaud @ cnam.fr

mars 2020

le cnam

Plan du cours

- **Dynamique du point**
- **Particules**
- **Nuées**
- **Passage au solide (indéformable)**

1. Dynamique du point

Formule fondamentale de la dynamique :

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \text{ avec } \vec{a} = \begin{pmatrix} d^2x/dt^2 \\ d^2y/dt^2 \\ d^2z/dt^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \\ \ddot{z} \end{pmatrix}$$

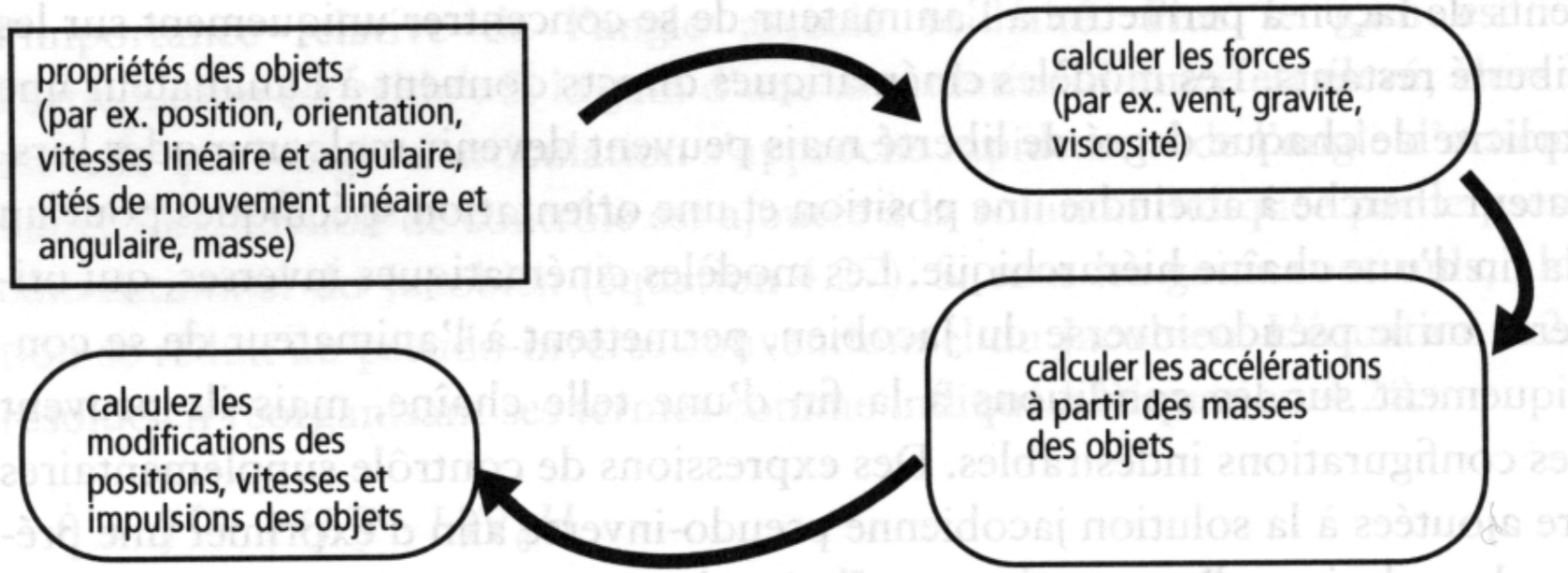
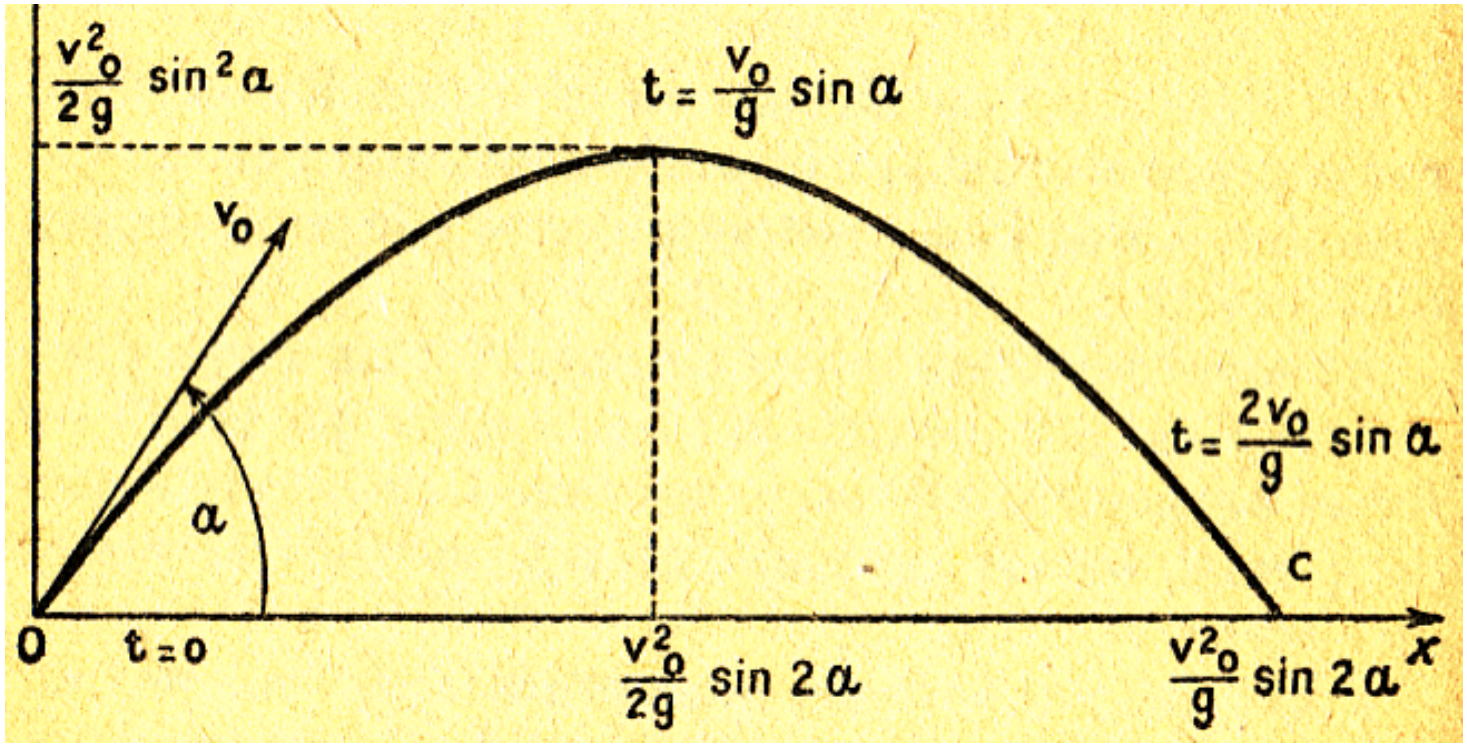


Figure 4.23 **Cycle de mise à jour de la simulation des corps rigides**

[PAR]

Exemple d'un projectile dans le vide

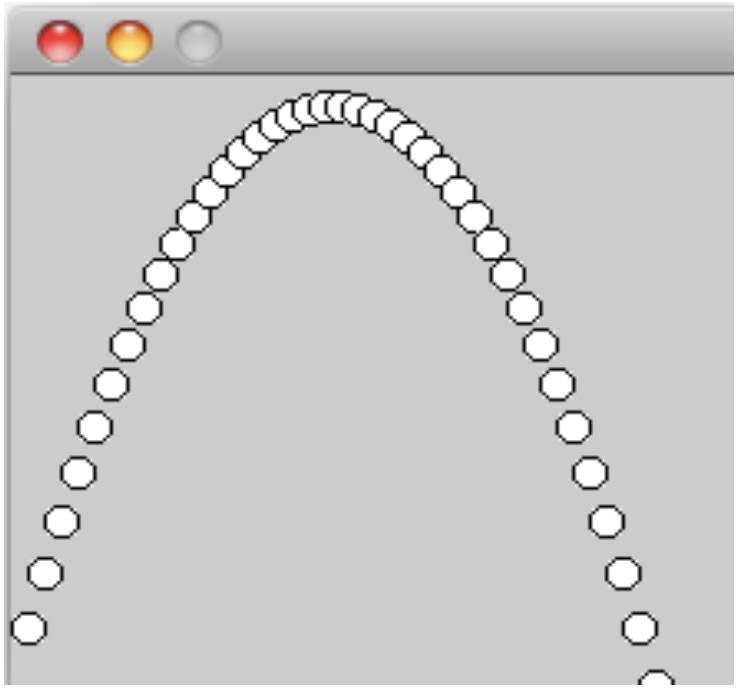


$$\sum \vec{F} = \begin{pmatrix} 0 \\ -mg \\ 0 \end{pmatrix} = m\vec{a} = \begin{pmatrix} m\ddot{x} \\ m\ddot{y} \\ m\ddot{z} \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{cases} \dot{x} = v_0 \cos\alpha \\ \dot{y} = v_0 \sin\alpha - gt \\ \dot{z} = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = v_0 t \cos\alpha \\ y = v_0 t \sin\alpha - \frac{1}{2} g t^2 \\ z = 0 \end{cases}$$

avec g = 9.81 m/s^2

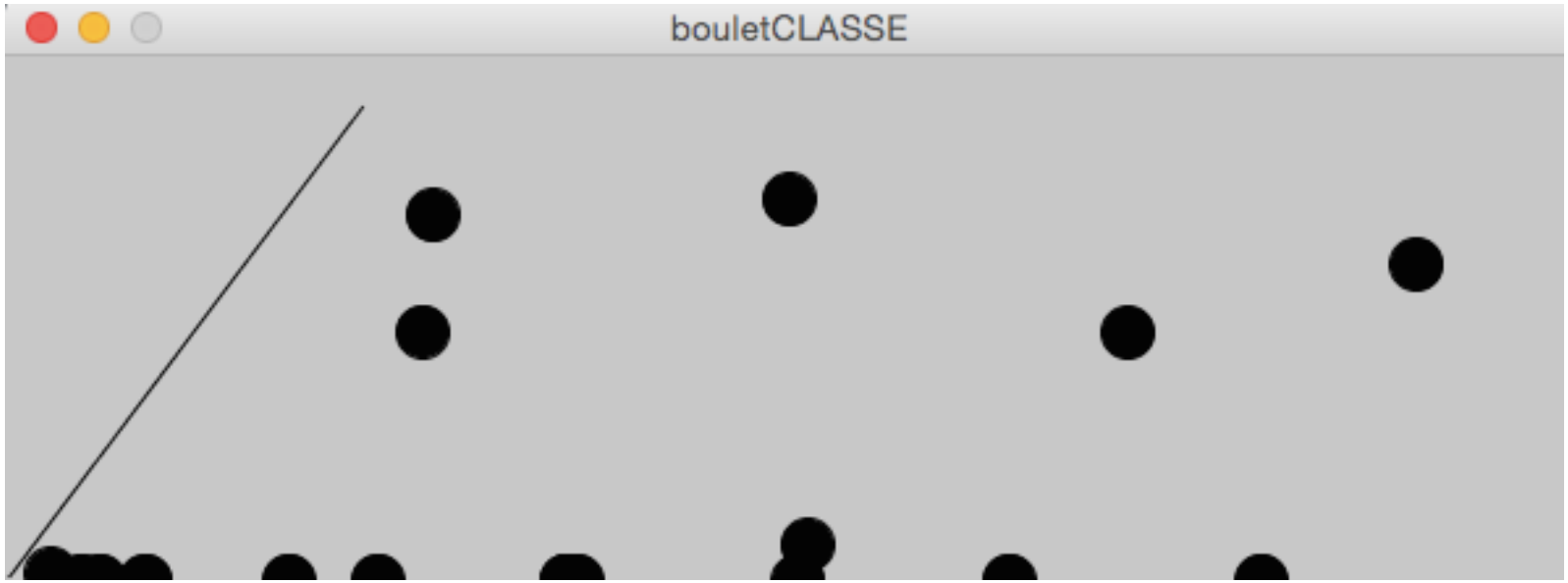
boulet

```
float x,y,vx,vy,ax,ay;

void setup(){
  size(600,200);
  x = 0;
  y = 0;
  vx = 5;
  vy = 20;
}

void draw()  {
  ax = 0;
  ay = -1                    = 1 m/s2
  vx = vx + ax;
  vy = vy + ay;
  x = x + vx;
  y = y + vy;
  ellipse(x,height-y,10,10);
}
```



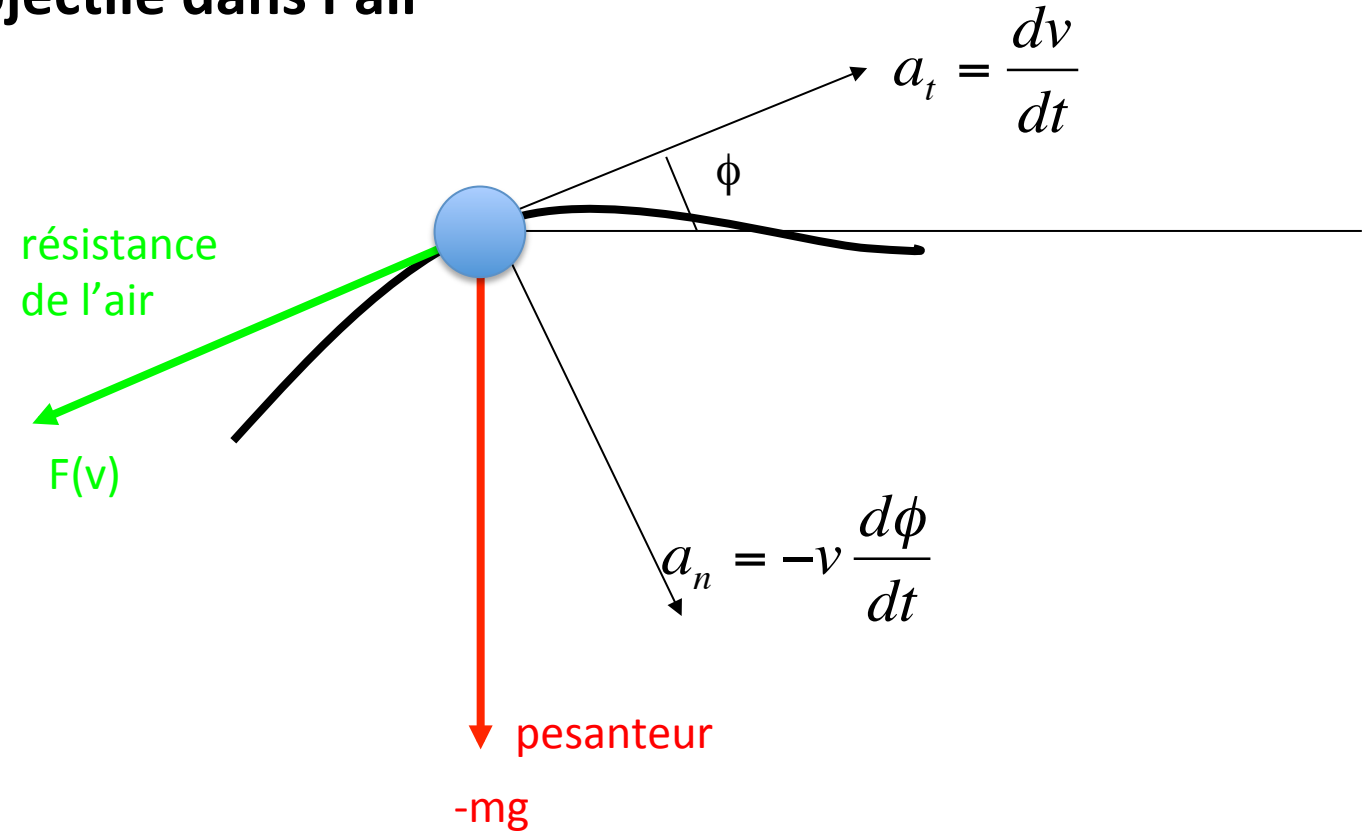
demo

Choix du vecteur Vo et ajout des rebonds :



demo

Le projectile dans l'air



Equation différentielle : $$\frac{dv}{d\phi} = v\left(\tan\phi + \frac{F(v)}{mg\cos\phi}\right)$$

Résolution par intégration numérique : de Euler à Runge-Kutta

2. Particules

"Genesis Effect from Star Trek II: The Wrath of Khan »
(By William Reeves)

Video clip from
"Particle Dreams"
by Karl Sims.

W. T. Reeves, "Particle Systems - A Technique for Modeling a Class of Fuzzy Objects", *Computer Graphics*, vol. 17, no. 3, pp 359-376, 1983

Hypothèses :

- les particules n'entrent pas en collision entre elles
- ne projettent de l'ombre que sur le reste du monde
- ne réflechissent pas la lumière, sont des sources de lumières ponctuelles
- durée de vie finie (aléatoire). On génére des 100k part. dans une animation. Quelques K actifs simultanément

Applications : explosions, feux, ...

Cycle de vie :

`pour chaque plage temporelle faire :`

1. générer N nouvelles particules
2. donner des attributs aux nouvelles particules
3. détruire les particules dont la durée de vie est passée
4. animer les particules restantes : gestion collision+ombre
5. (les collisions peuvent être destructives, le hors-champs aussi)
6. dessiner les particules restantes

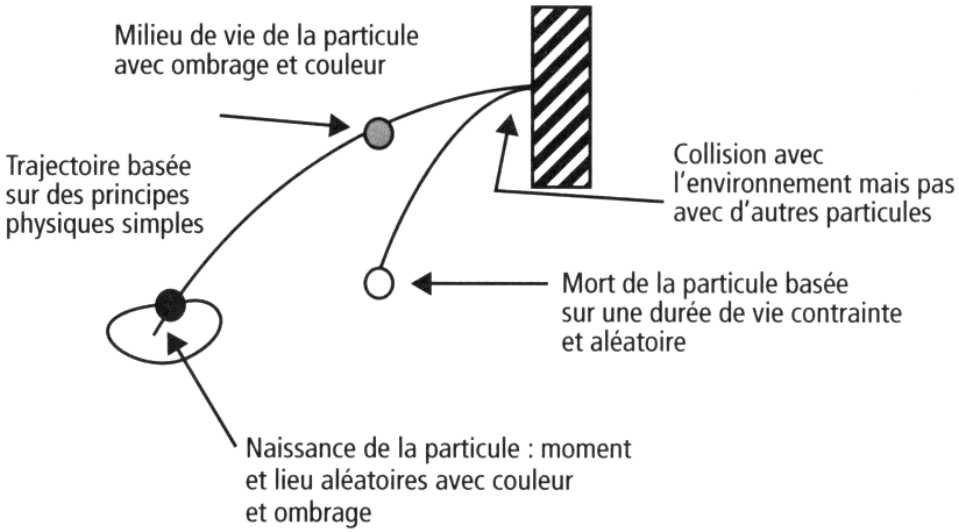


Figure 4.48 **Cycle de vie d'une particule**

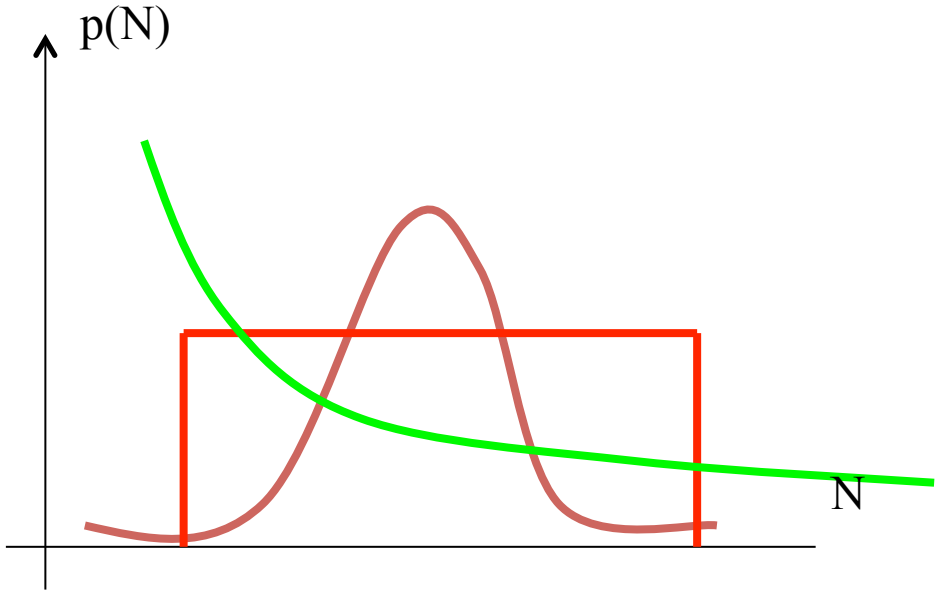
[PAR]

Génération des particules

N = moyenne + aléa()*plage

Exemple de loi aléatoire à utiliser pour aléa() :

-uniforme dans [-1,+1]
-normale(0,1)
-loi de Poisson
-etc...

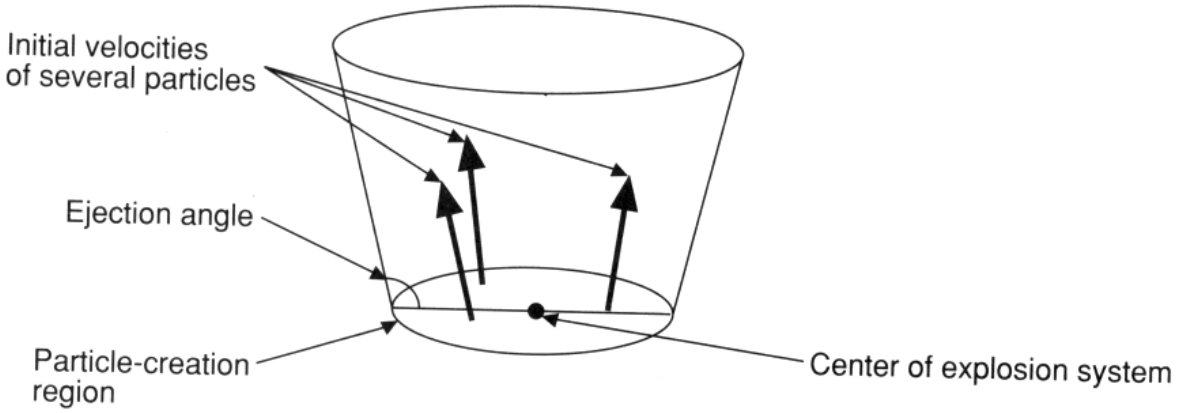


ATTENTION : plage ≠ variance (cf Foley-van Dam p.1032, etc.)
plutôt écart type (si loi Normale, mais pas pour les autres)

Attributs de la particule : déterministes ou aléatoires

-position
-vitesse
-paramètres de forme
-couleur
-transparence
-durée de vie (en nombre d'images)

en + pour l'animation :
- vecteur somme des forces
- masse

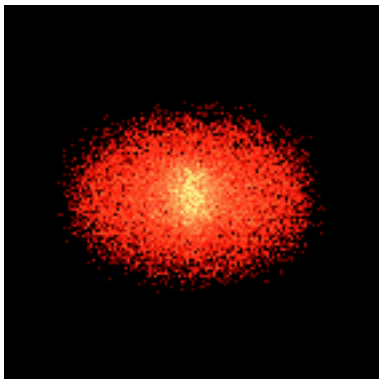


[PAR]

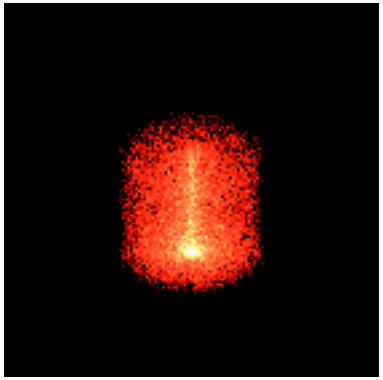
Fig. 20.17 The initial stage of a particle system for modeling an explosion.

Exemple simple : page web de Allen Martin

http://www.cs.wpi.edu/~matt/courses/cs563/talks/psys.html

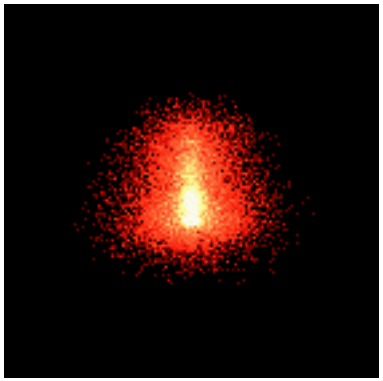


Particles are laid out in a circular disc structure and given an initial upwards
velocity. When the particle's lifetime is expired it is removed. If the particle
collides with the ground it remains stationary

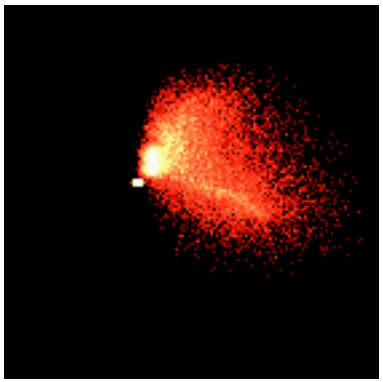


Similar to Example 1, but particles are initially clustered near a single point.

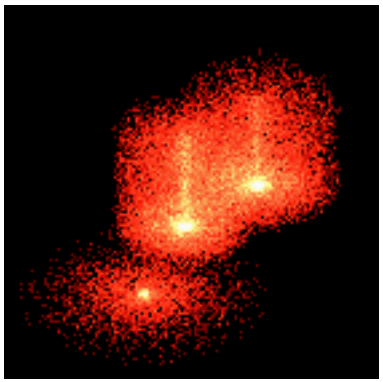
rque : on peut faire du « motion blur » en dessinant des traits au lieu de points



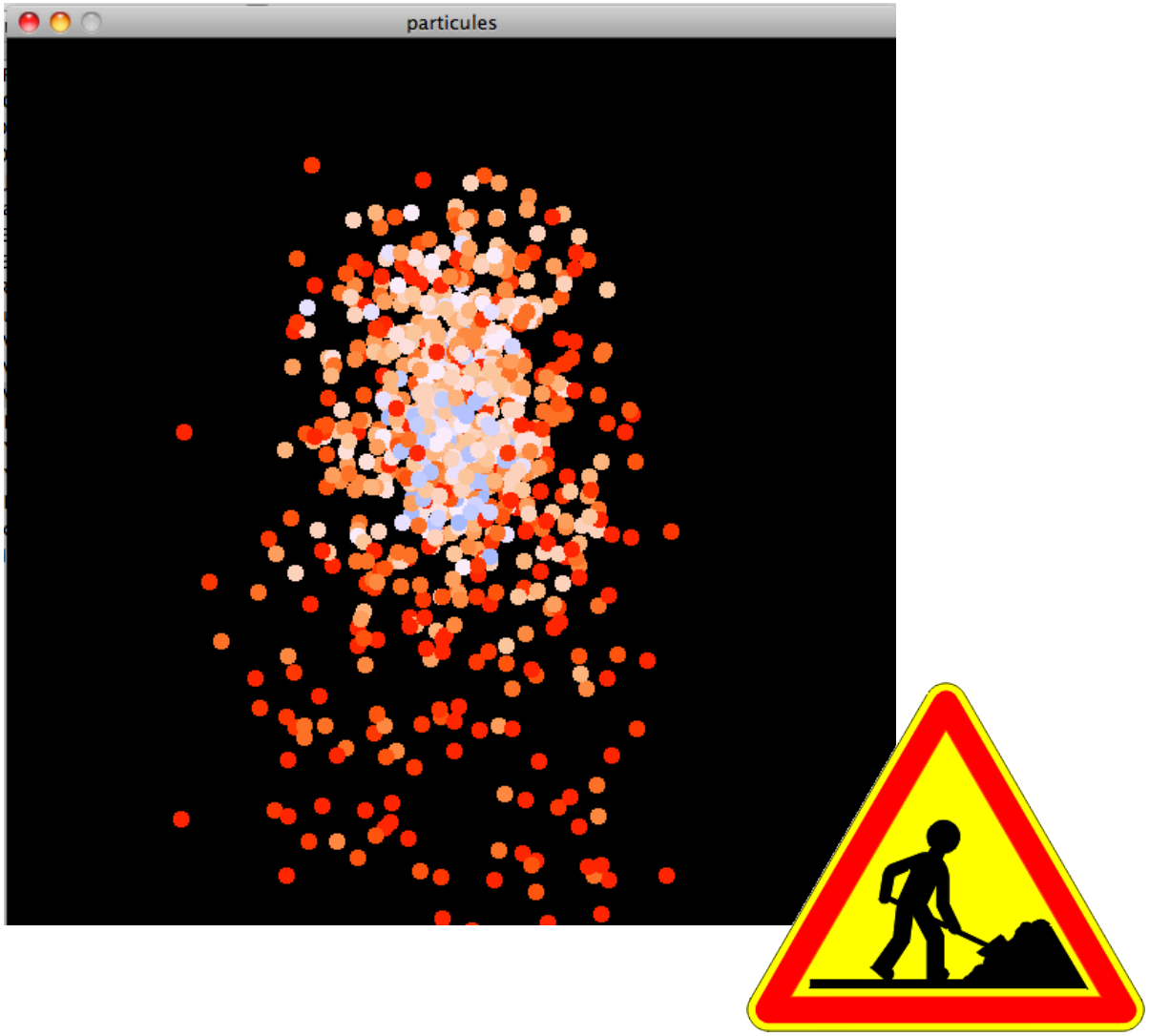
In this example the particles are initially clustered in a point similar to Example 2 but particles are constantly being regenerated at the start point. The effect looks very much like a fire or torch burning.



In this example the point where the particles are being regenerated is translated in a circular motion through time. The effect looks like a wick burning.



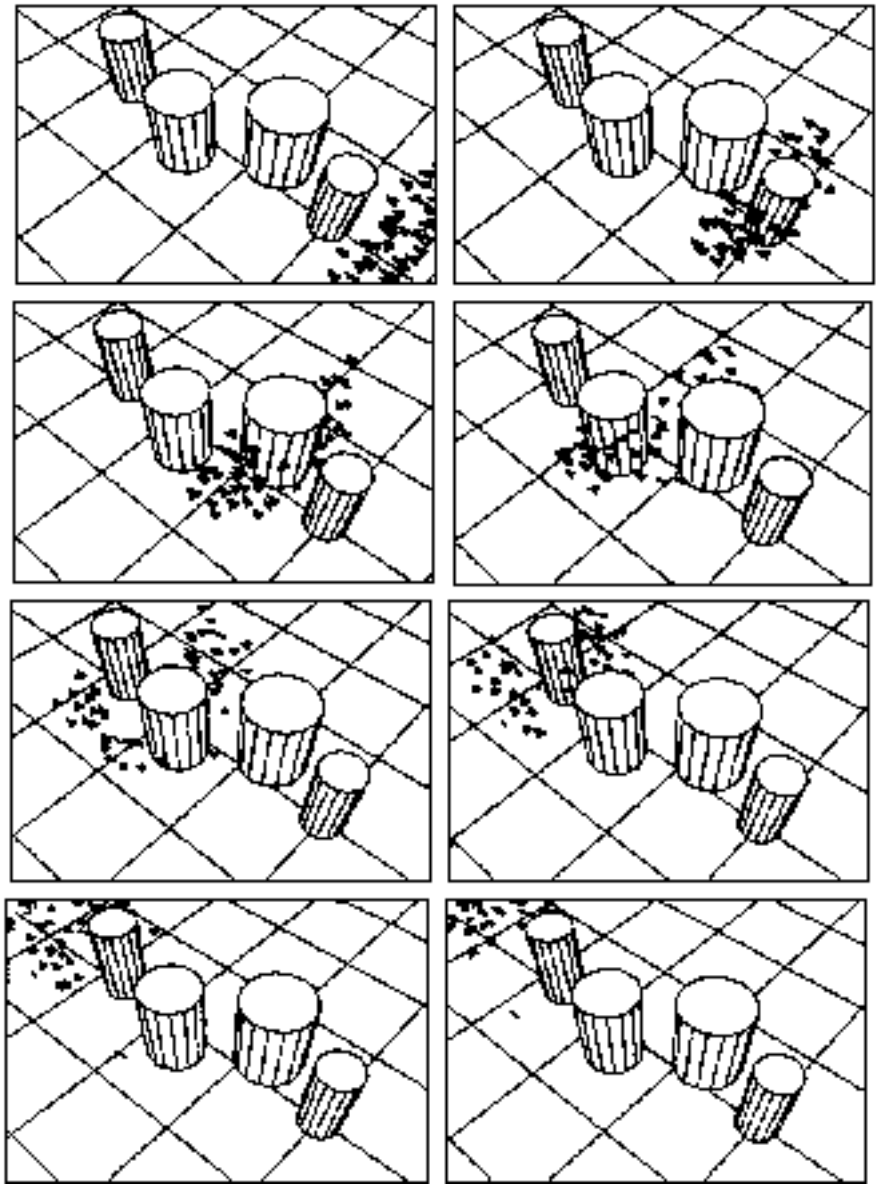
In this example there are multiple generation points. The generation point are randomly created within a square boundary on the ground at random times during the sequence. The particles are created in a cluster at each generation point and are not regenerated. The result looks like a series of volcanos erupting or bombs exploding


particules

3. Nuées

Différents types de groupes d'objets :

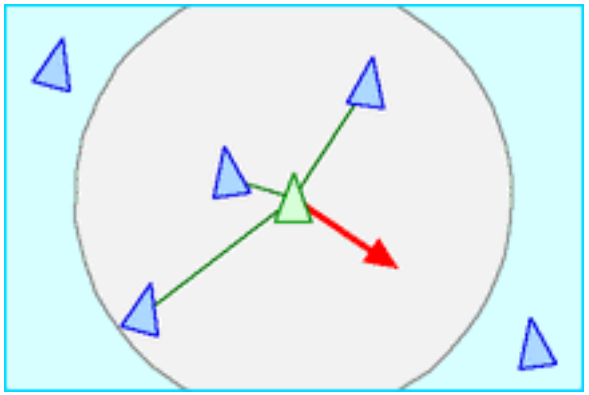
Type de groupe	**Nombre d'éléments**	**Lois physiques**	**Intelligence**
particules	très grand	nombreuses ds l'env.	aucune => comportement émergent
bandes = nuées = « boids »	moyen	ds l'env. + interne	limitée
individu	faible	petit nombre	grande



C. W. Reynolds,
"Flocks, Herds, and Schools:
A Distributed Behavioral Model",
Computer Graphics,
vol. 21, no. 4, pp 25-34, 1987.

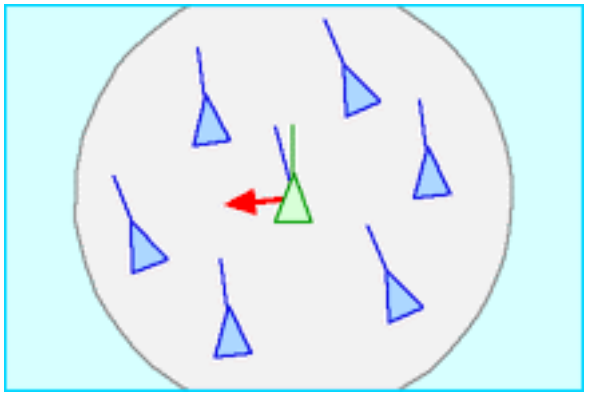
VOIR SON SITE !!
http://www.red3d.com/cwr/boids

video

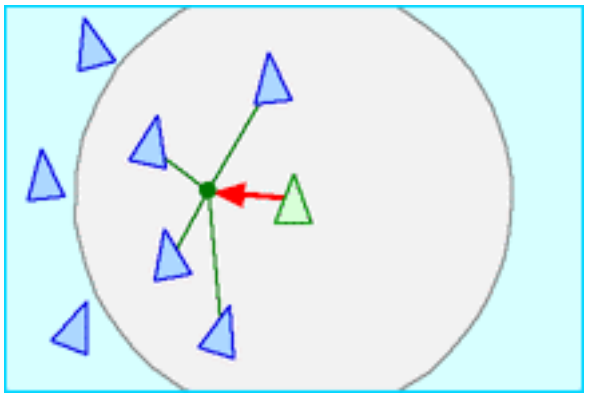


Separation: steer to avoid crowding local flockmates

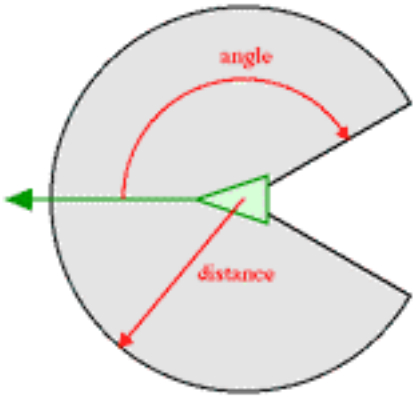
deux forces concurrentes :
-la cohésion au sein du groupe
-l'évitement de collision (prioritaire)



Alignment: steer towards the average heading of local flockmates



Cohesion: steer to move toward the average position of local flockmates



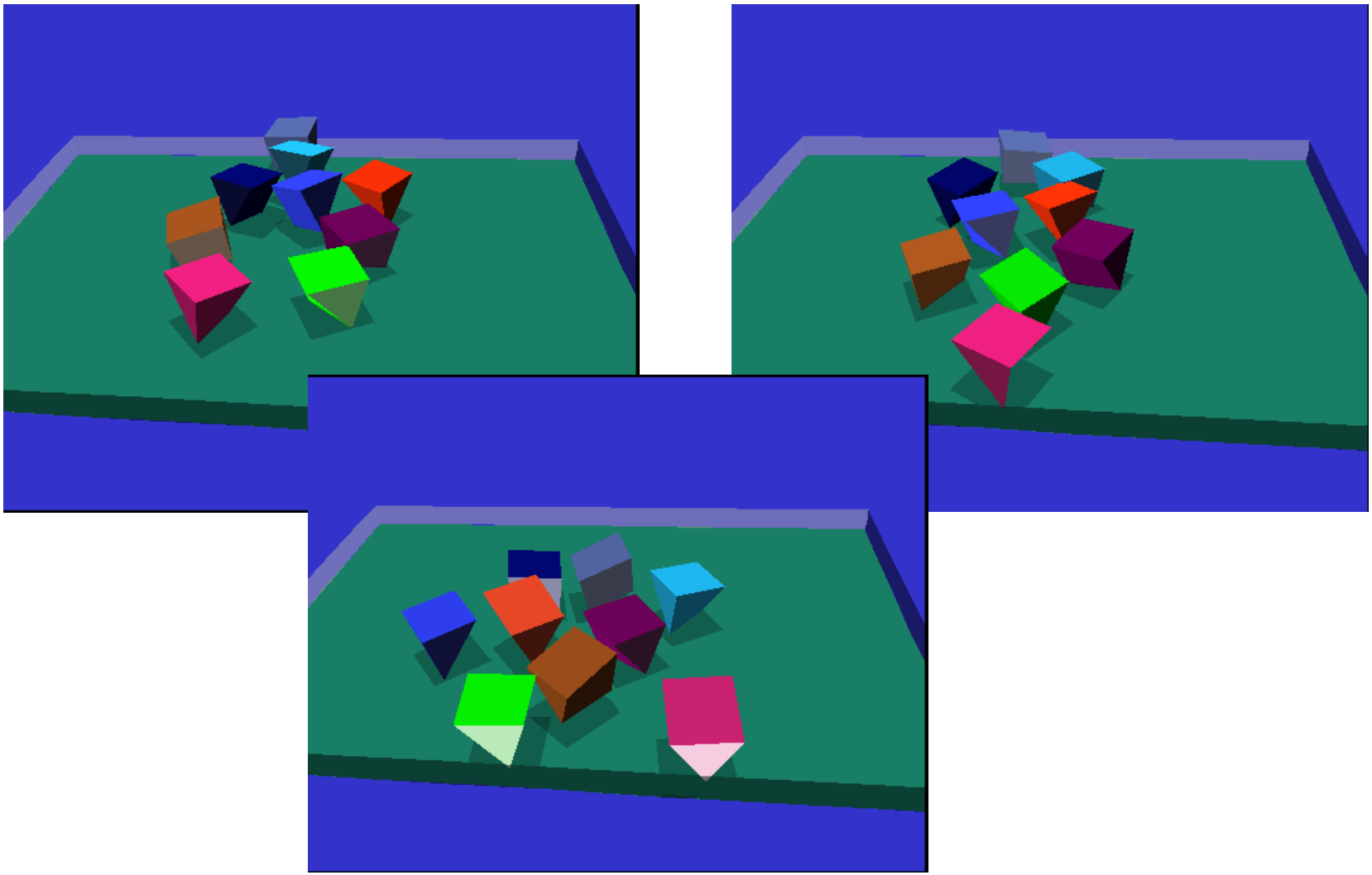
a boid's neighborhood

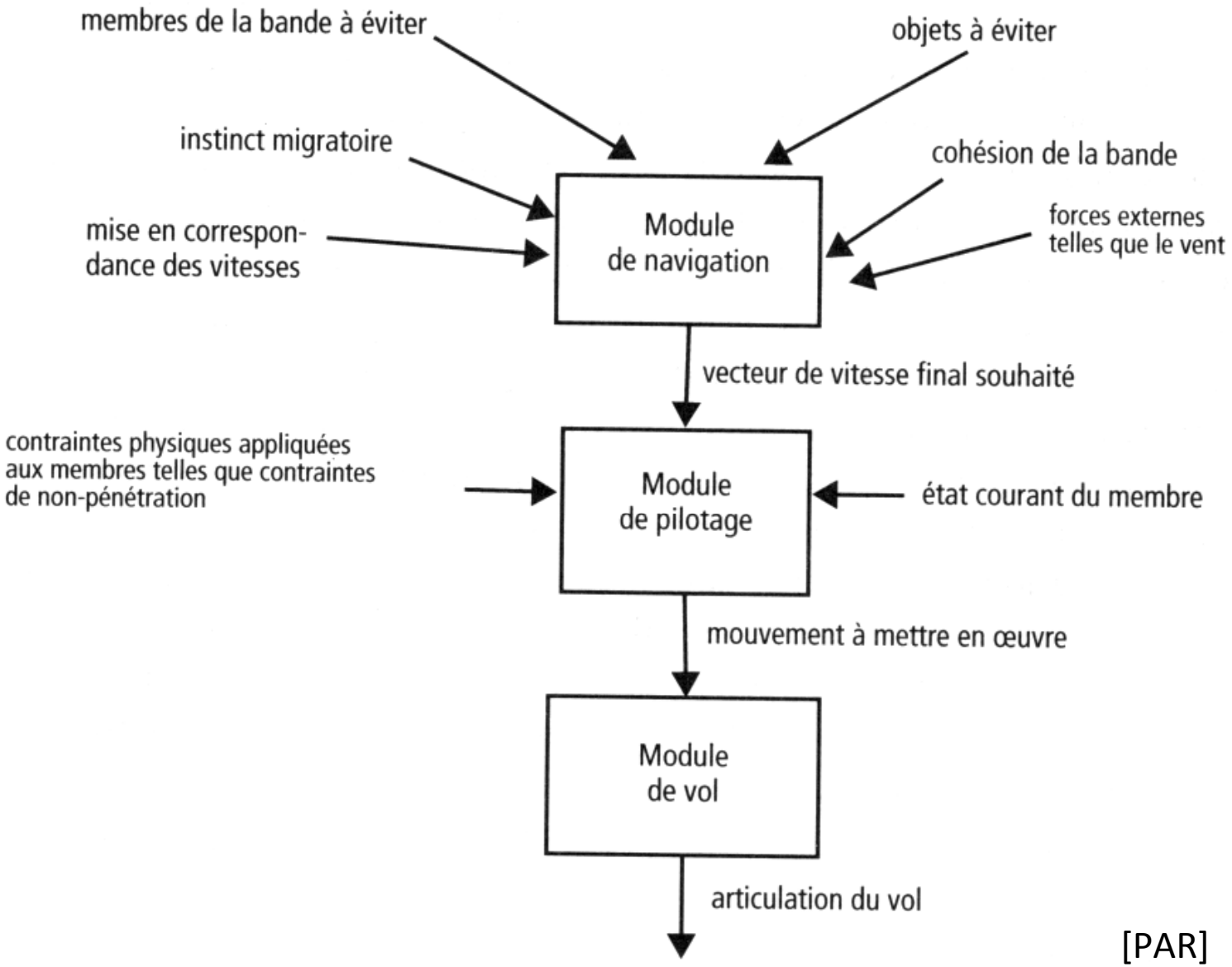
http://www.red3d.com/cwr/boids

Exemple de programmation avec Processing :

un autre exemple (avec code) : site de Ken PERLIN

http://mrl.nyu.edu/~perlin/experiments/polly/follow.html





[PAR]

Figure 4.49 **Négociation du mouvement**

Esquive de collision

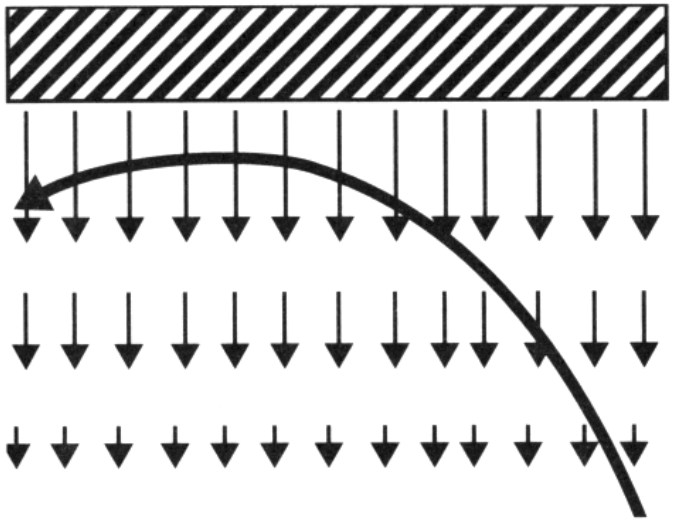


Figure 4.50 **Esquive de collision par champ de force**

[PAR]

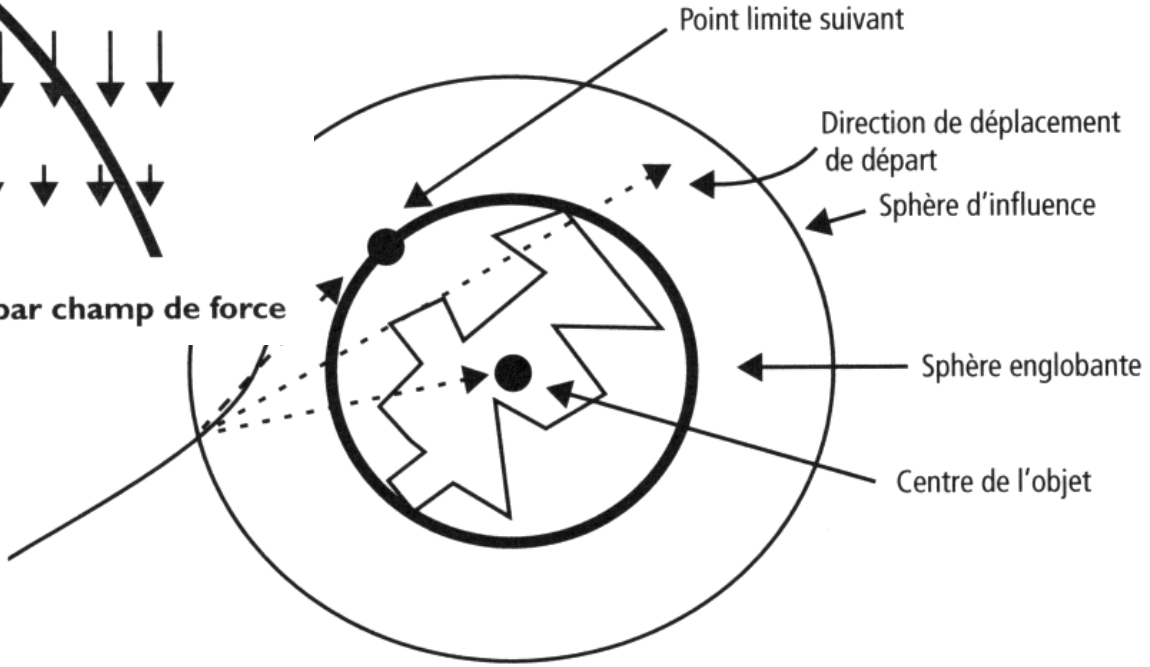


Figure 4.52 **Virage pour éviter une sphère englobante**

[PAR]

vers l'autonomie

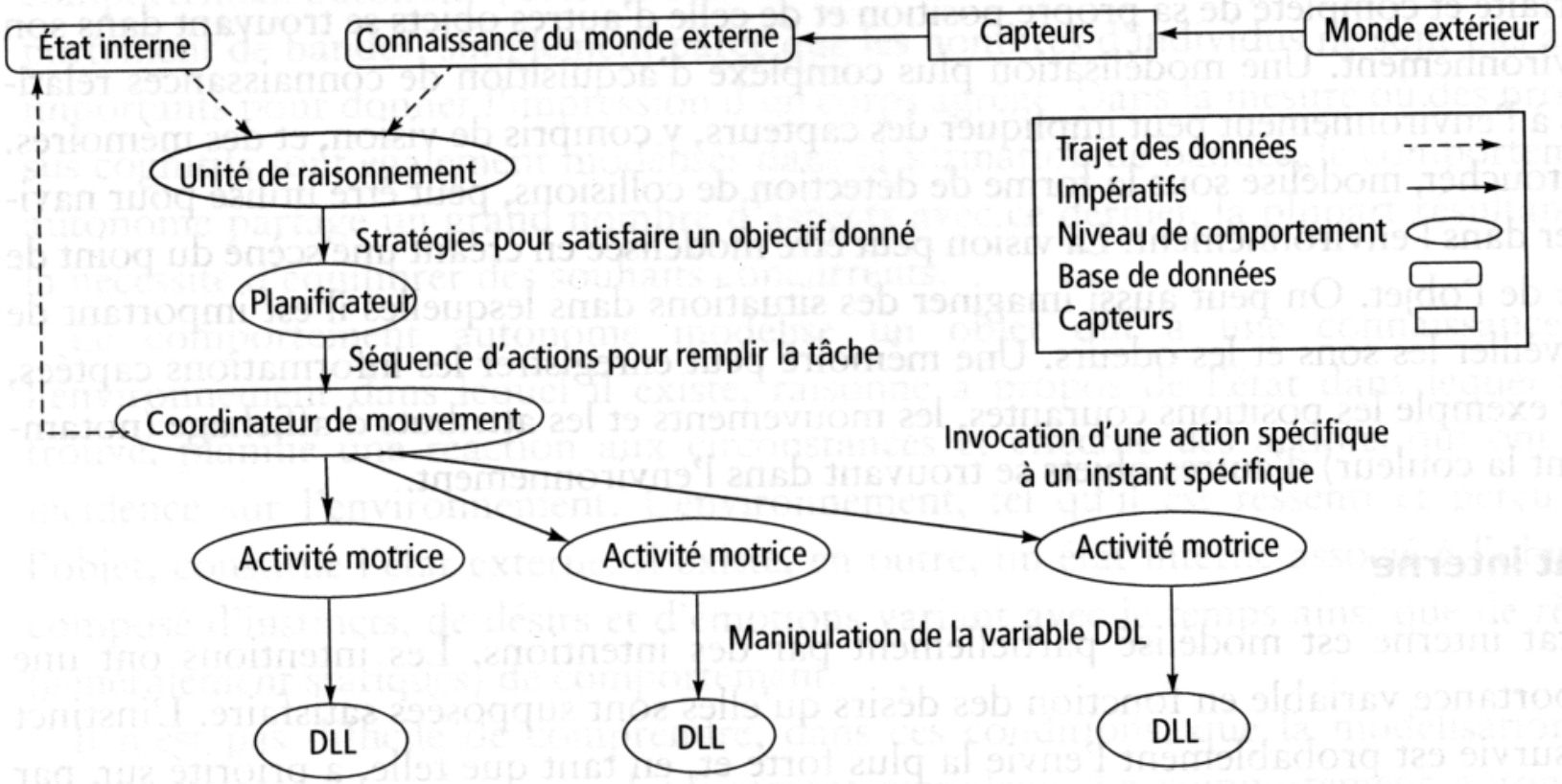
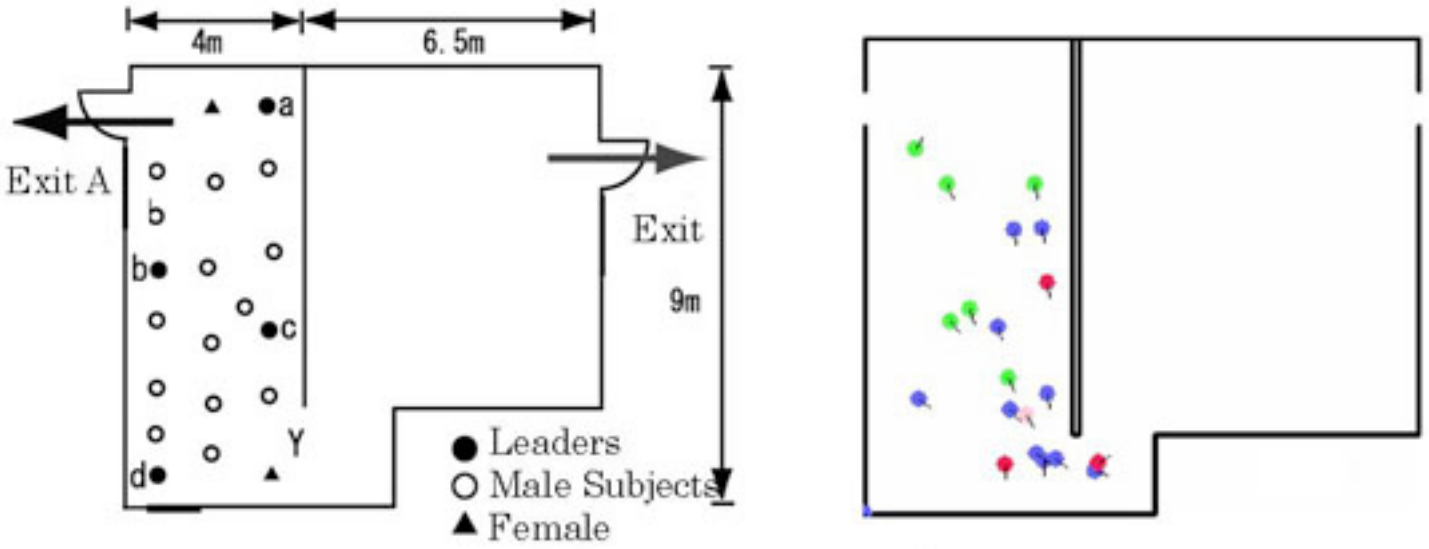


Figure 4.60 **Niveaux de comportement**

[PAR]

http://ligwww.epfl.ch/



(a) The map of the basement room (b) Multi-agent simulator

Figure 1. Multi-agent simulation in the basement room experiment

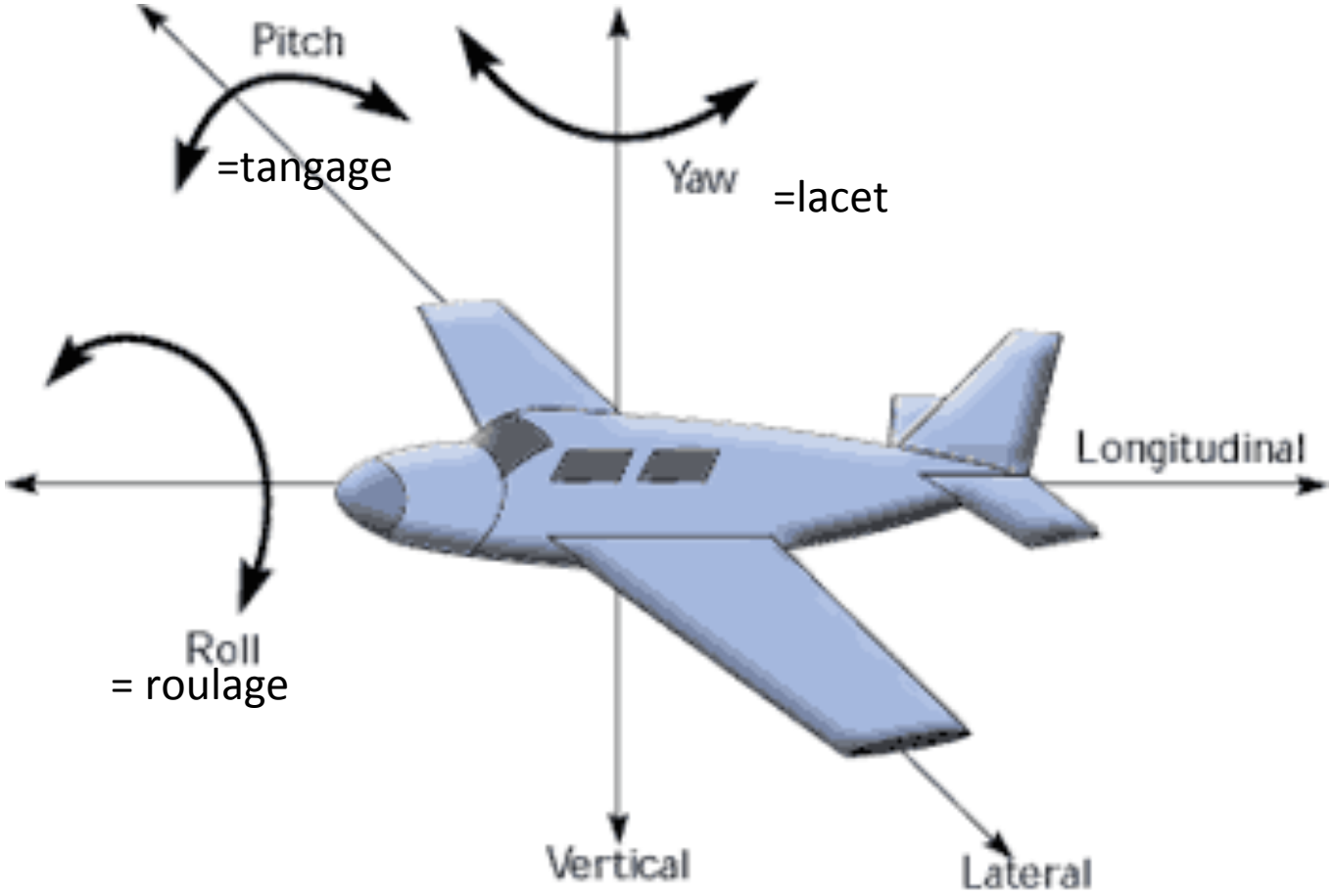
View from the evacuee agent Bird's-eye view

Figure 2. The basement room experiment in the virtual city simulator

4. Passage au solide indéformable

(re)voir "Gravity"

Angles d’Euler :



Mécanique du solide en rotation (Wikipedia)

Analogies Translation - Rotation

Grandeur	Notation	Unité		Grandeur	Notation	Unité
Vecteur déplacement	x	mètre (m)		Angle plan	ϕ	radian (rad)
Vitesse	v	$m \cdot s^{-1}$		Vitesse angulaire	ω	$rad \cdot s^{-1}$
Accélération	a	$m \cdot s^{-2}$		Accélération angulaire	α	$rad \cdot s^{-2}$
Force	F	$N=kg \cdot m \cdot s^{-2}$		Couple	C	$N \cdot m = J/rad$ $kg \cdot m^2 \cdot s^{-2} \cdot rad^{-1}$
Masse	m	kg		Moment d'inertie	I	$kg \cdot m^2 \cdot rad^{-2}$
Quantité de mouvement	p	$kg \cdot m \cdot s^{-1}$		Moment cinétique	$I \cdot \omega$	$kg \cdot m^2 \cdot s^{-1} \cdot rad^{-1}$

$F = m*a$ $C = I*\alpha$

effort = inertie * variation

A lire : wikipedia

Moment d'inertie

Pour les articles homonymes, voir Moment.

Le **moment d'inertie** est une grandeur physique qui caractérise la géométrie des masses d'un solide, c'est-à-dire la répartition de la matière en son sein. Il quantifie également la *résistance* à une mise en rotation de ce solide (ou plus généralement à une accélération angulaire), et a pour dimension $M \cdot L^2$ (le produit d'une masse et du carré d'une longueur, qui s'exprime en $kg \cdot m^2$ dans le S.I.). C'est l'analogue pour un solide de la masse inertielle qui, elle, mesure la *résistance* d'un corps soumis à une accélération linéaire.

Dans le cas simple de la rotation d'une masse autour d'un axe fixe, le moment d'inertie par rapport à cet axe est une grandeur *scalaire* qui apparaît dans les expressions du moment cinétique et de l'énergie cinétique de rotation de ce corps. Toutefois dans le cas général d'une rotation autour d'un axe dont la direction varie au cours du temps, il est nécessaire d'introduire un tenseur symétrique du second ordre, le tenseur d'inertie. Il est toujours possible de choisir un système d'axes, dits axes principaux d'inertie, tels que la matrice représentative de ce tenseur prenne une forme diagonale. Les trois moments correspondants sont *moments principaux d'inertie*. Dans le cas particulier d'un solide *homogène*, ils ne dépendent que de la forme géométrique de celui-ci.

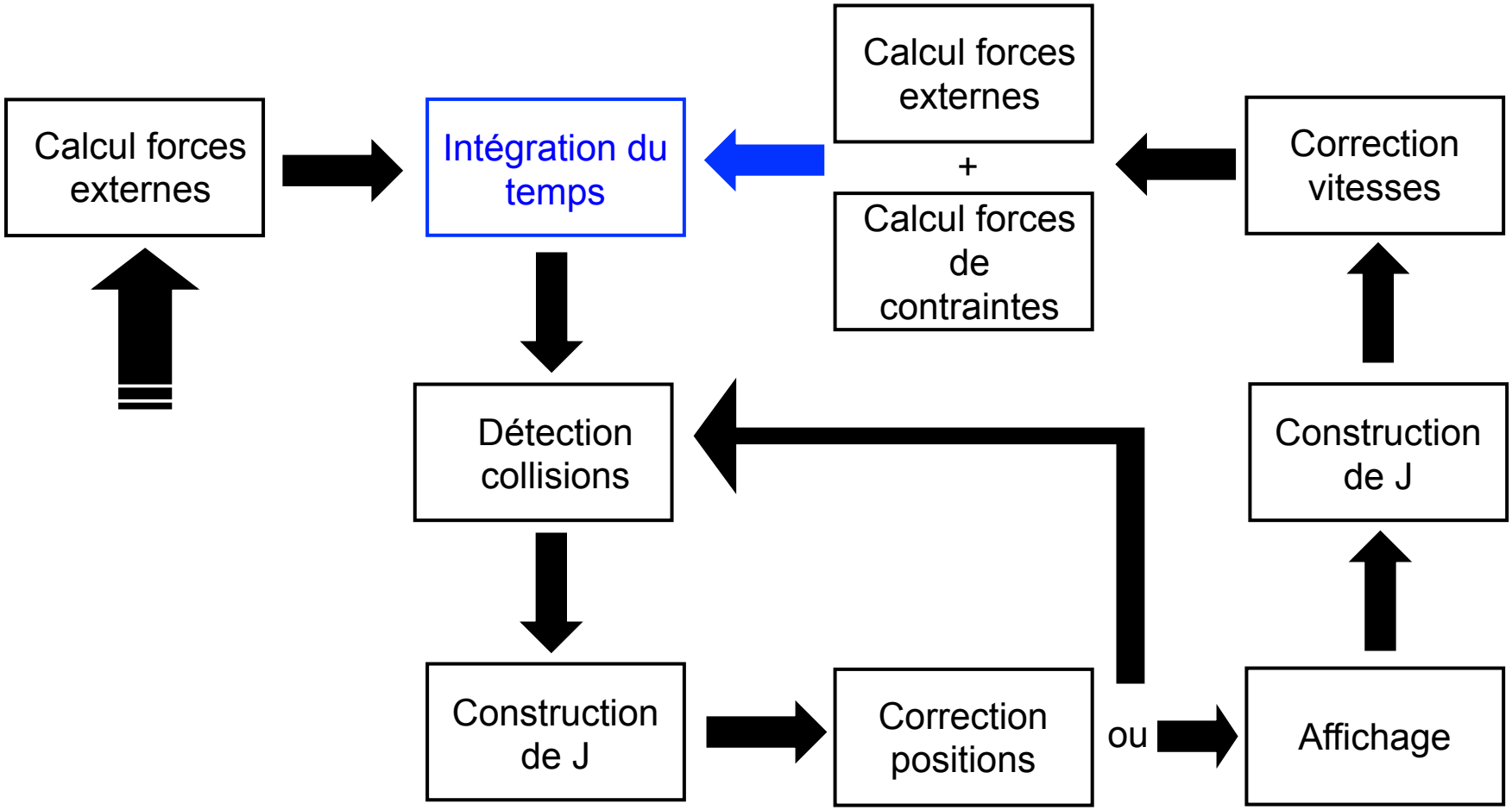
En mécanique des matériaux l'appellation de « moment d'inertie » est parfois utilisée pour déterminer la contrainte dans une poutre soumise à flexion. Il s'agit alors d'une notion physique différente,

Moment d'inertie

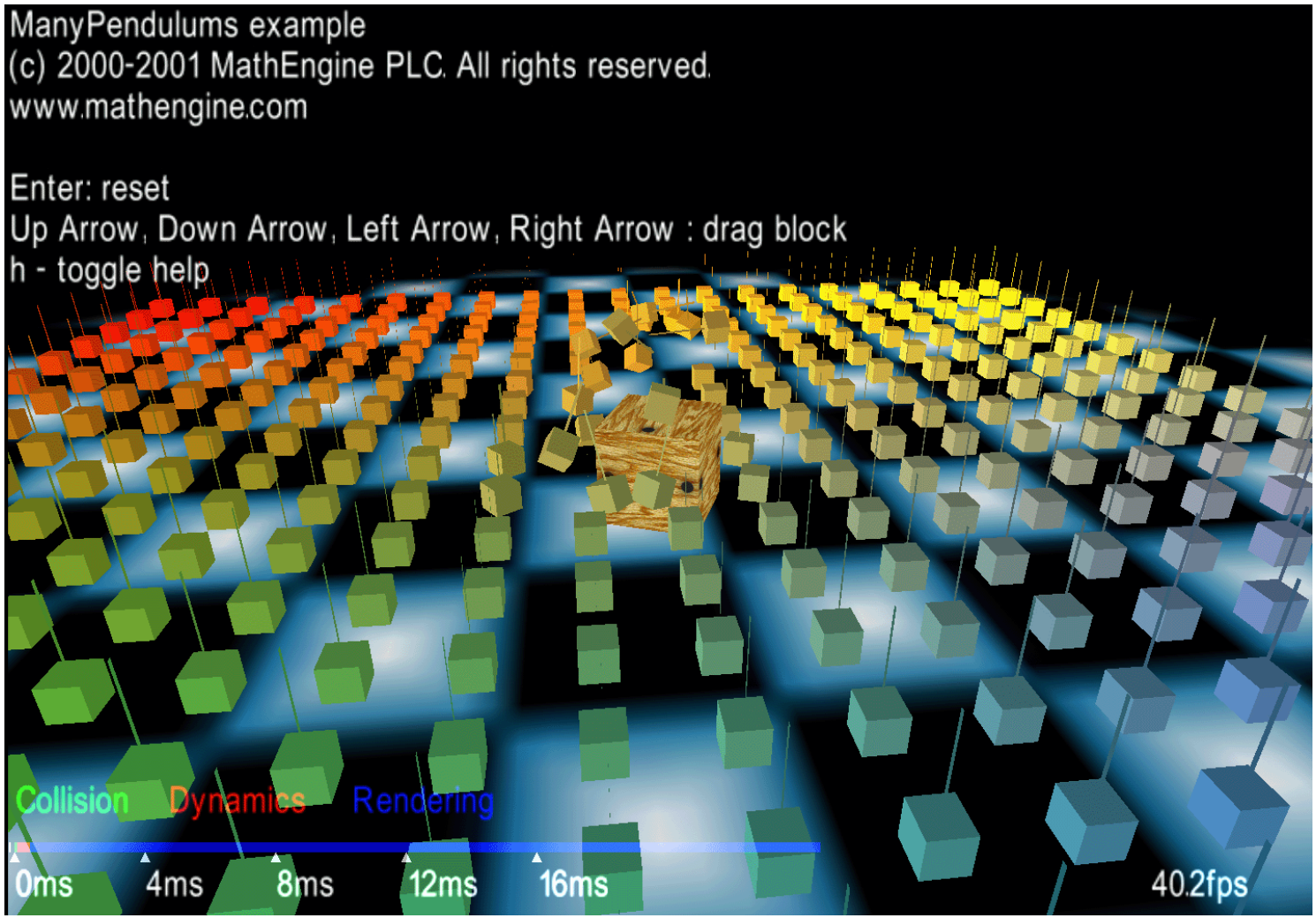
En serrant ses bras le long du corps, cette patineuse diminue son moment d'inertie, augmentant sa vitesse de rotation, puisque son moment cinétique est conservé.

Unités SI	$kg.m^2$
Dimension	$M.L^2$

Boucle de simulation

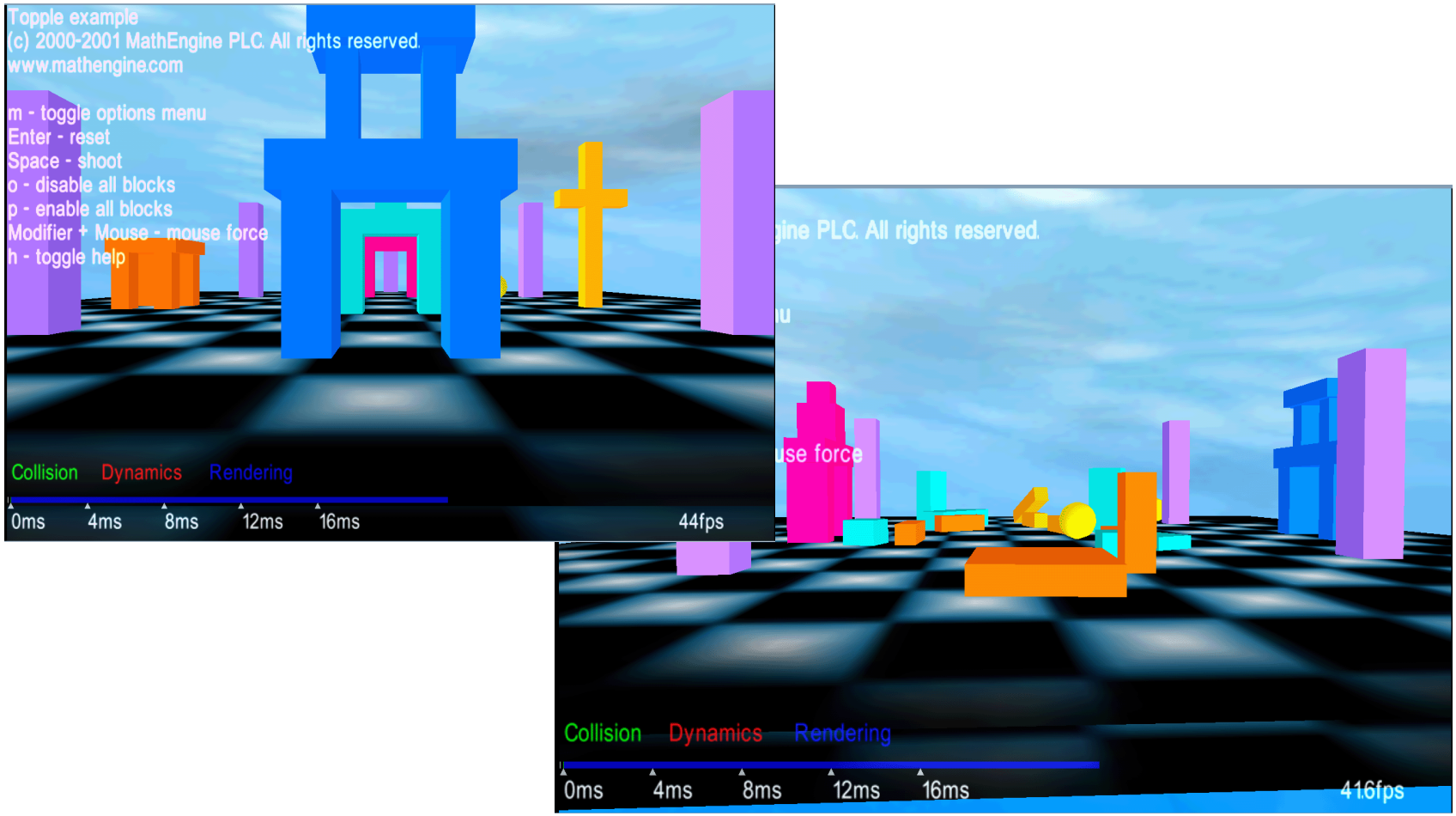


Moteurs physiques



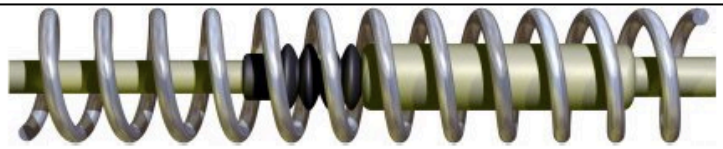
Karma (soc. MathEngine) utilisé dans Renderware

Une application ludique majeure : le « casse briques »



Doc encore en ligne en 2019 :
https://api.unrealengine.com/udk/Two/rsrc/Two/KarmaReference/KarmaUserGuide.pdf

À voir aussi



Open Dynamics Engine

Russ Smith

Contents

1. Introduction

ODE is an open source, high performance library for simulating rigid body dynamics. It is fully featured, stable, mature and platform independent with an easy to use C/C++ API. It has advanced joint types and integrated collision detection with friction. ODE is useful for simulating vehicles, objects in virtual reality environments and virtual creatures. It is currently used in many computer games, 3D authoring tools and simulation tools.

Get the source code from BitBucket.

http://www.ode.org/