

Département Informatique, CNAM
valeur C - Conception d'Applications Multimédia
2003-2004

Animatique (2)

P. Cubaud

plan de l'exposé :

1. Introduction
2. Trajectoire d'un objet isolé
3. Environnement : collision, contraintes
4. Structures articulées
5. Déformation d'objets

3. prise en compte de l'environnement

(3.1 détections de collisions)



(3.2 réponse aux collisions)

3.3 les particules

3.4 les groupes

3.5 l'autonomie

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) («  oids )	moyen	ds l'env. + interne	limitée
individu	faible	petit nombre	grande

3.4. Les particules

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 courantes :

- les particules n'entrent pas en collision entre elles
- ne projettent de l'ombre que sur le reste du monde
- ne réfléchissent pas la lumière, sont des sources de lumières ponctuelles
- durée de vie finie (aléatoire). On génère 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

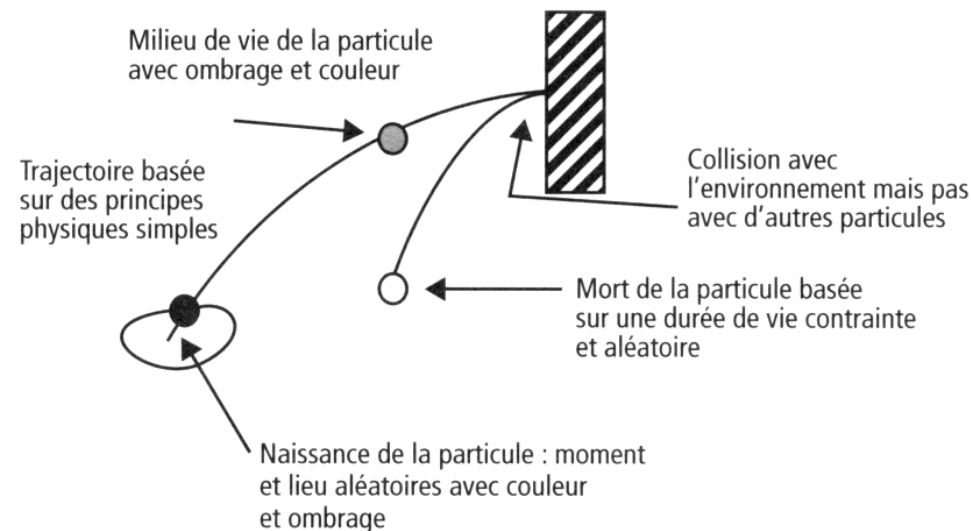


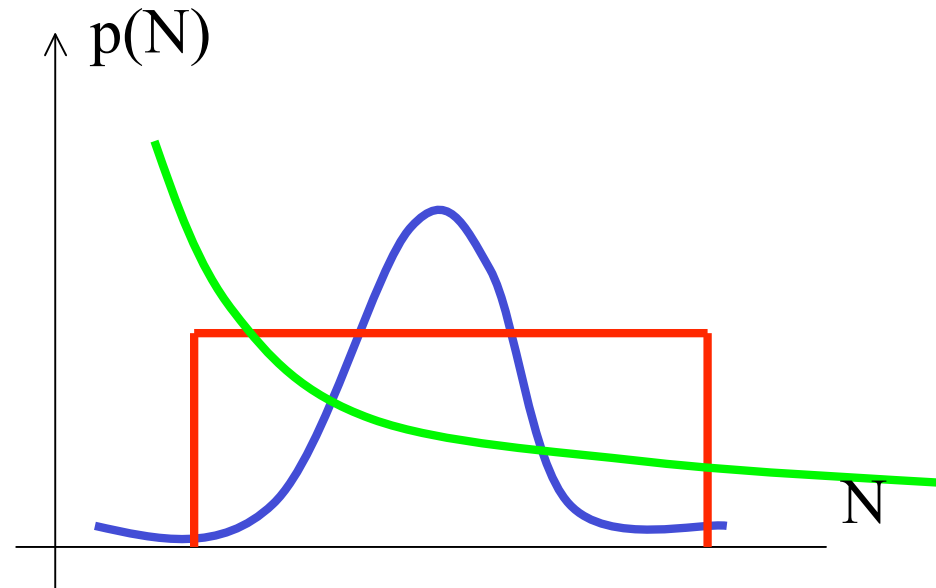
Figure 4.48 **Cycle de vie d'une particule**

Génération de particules

$$N = \text{moyenne} + \text{aléa()} * \text{plage}$$

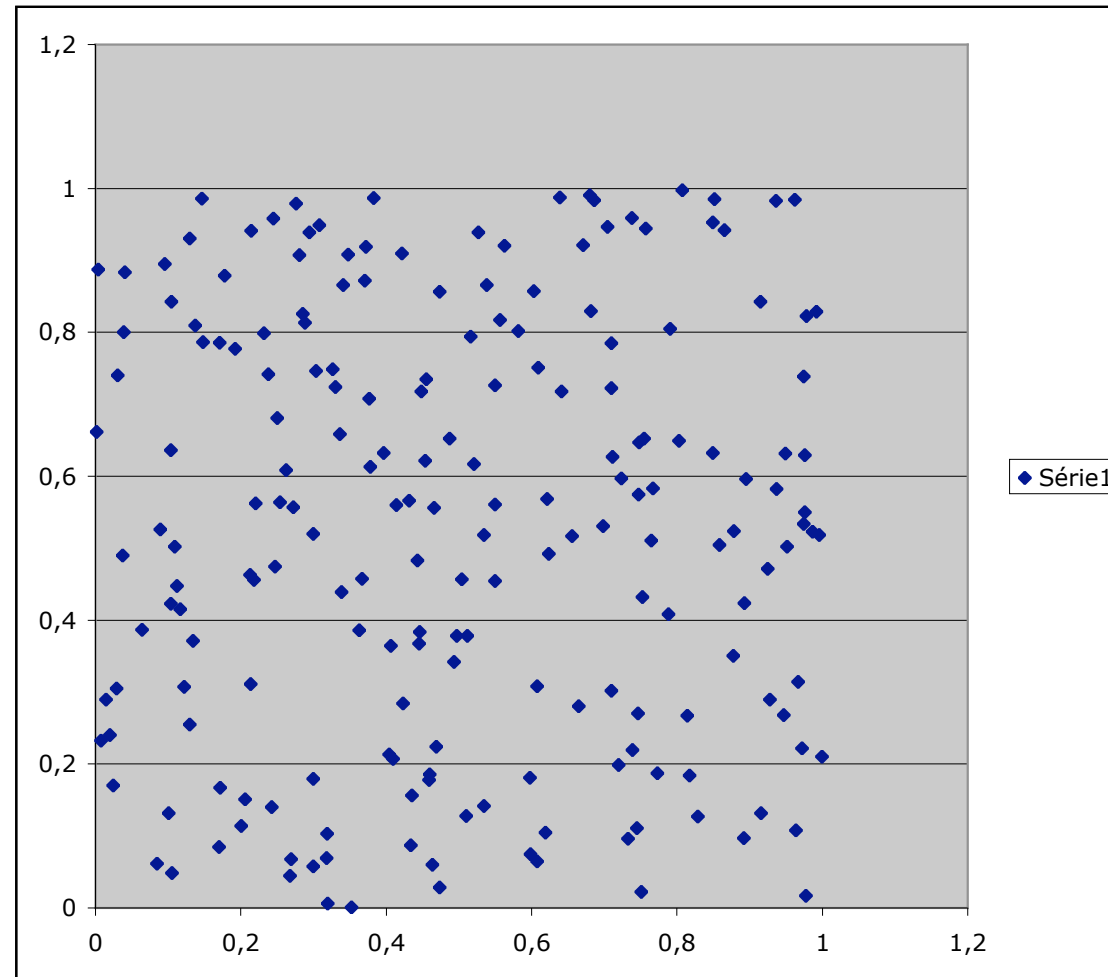
Exemple de loi aléatoire à utiliser pour aléa() :

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



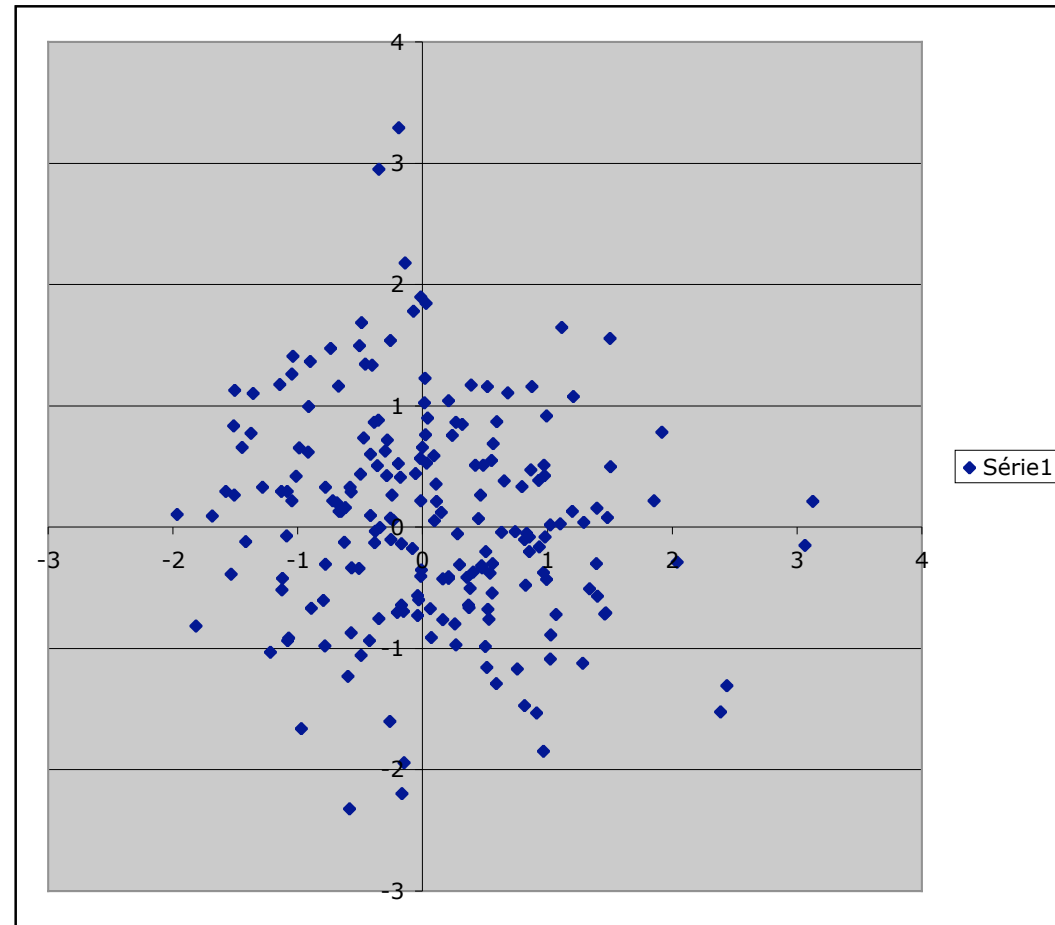
ATTENTION : plage \neq variance (cf Foley-van Dam p.1032, etc.)
plutôt écart type (si loi Normale, mais pas pour les autres)

Répartition uniforme des points $U[0,1]$



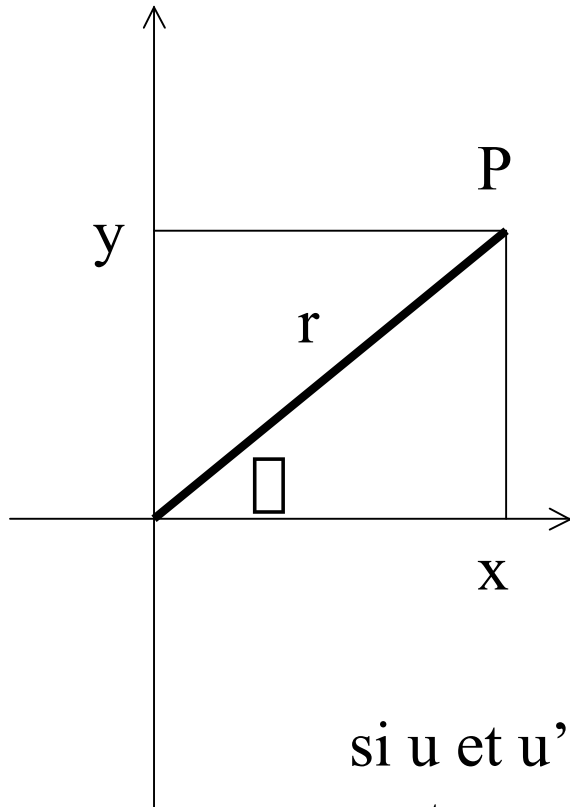
C'est la fonction `random()` de base
moyenne = 0.5 écart-type = 0.29

Répartition normale des points $N(0,1)$



moyenne = 0, écart-type = 1
on a $N(m,s) = m + s \cdot N(0,1)$

Simulation d'une loi Normale $N(0,1)$:
ex. de la méthode pôlaire



$$\phi = 2\pi * u$$

$$r = \sqrt{-2 \log(u')}$$

$$x = r \cos \phi$$

$$y = r \sin \phi$$

si u et u' suivent une loi uniforme $U[0,1]$
 x et y suivent une loi normale $N(0,1)$

La loi de Poisson

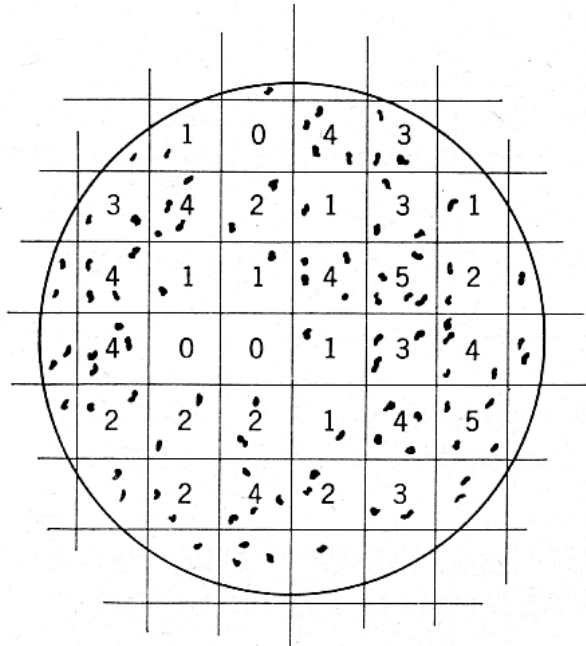


Figure 1. Bacteria on a Petri plate.

$$P[X = k] = p(k, \lambda) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^k}{k!}$$

$$EX = \lambda \quad \lambda_X^2 = \lambda$$

w:=1;k:=0

repete

u:=random(); w:=w*u; k++;

jusqu'a w<=exp(-lambda)

retourner k

Feller - Proba. vol.1

TABLE 4
EXAMPLE (b): FLYING-BOMB HITS ON LONDON

k	0	1	2	3	4	5 and over
N_k	229	211	93	35	7	1
$Np(k; 0.9323)$	226.74	211.39	98.54	30.62	7.14	1.57

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

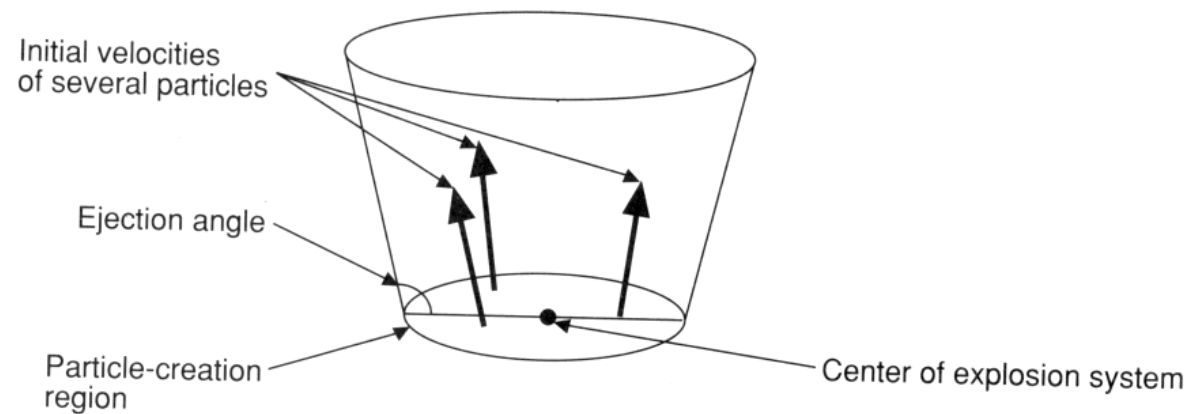
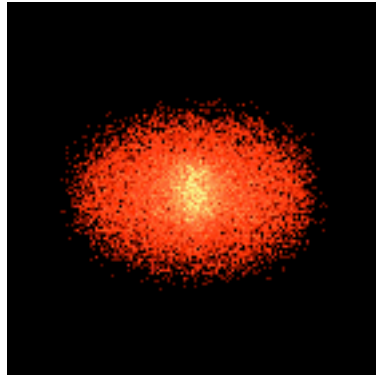


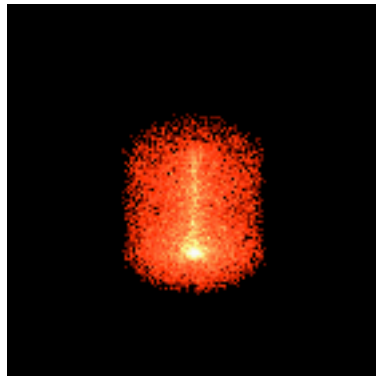
Fig. 20.17 The initial stage of a particle system for modeling an explosion.

Exemple simple : page web de Allen Martin

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

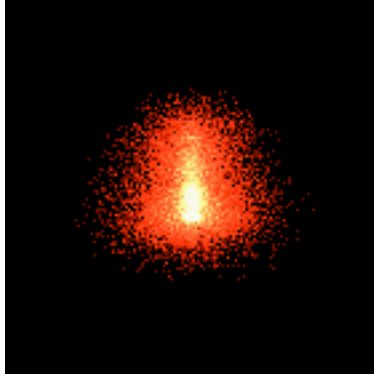


Particles are laid out in a circular disc structure and given an initial upwards velocity. When the particle's lifetime is expired it is removed. If the particle collides with the ground it remains stationary

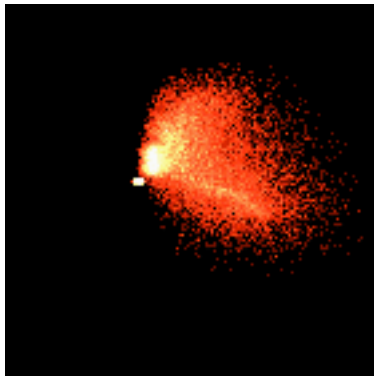


Similar to Example 1, but particles are initially clustered near a single point.

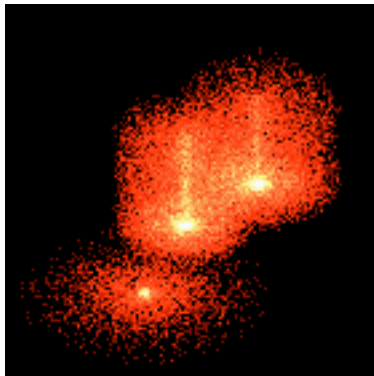
rique : on peut faire du « motion blur » en dessinant des traits au lieu de points



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

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



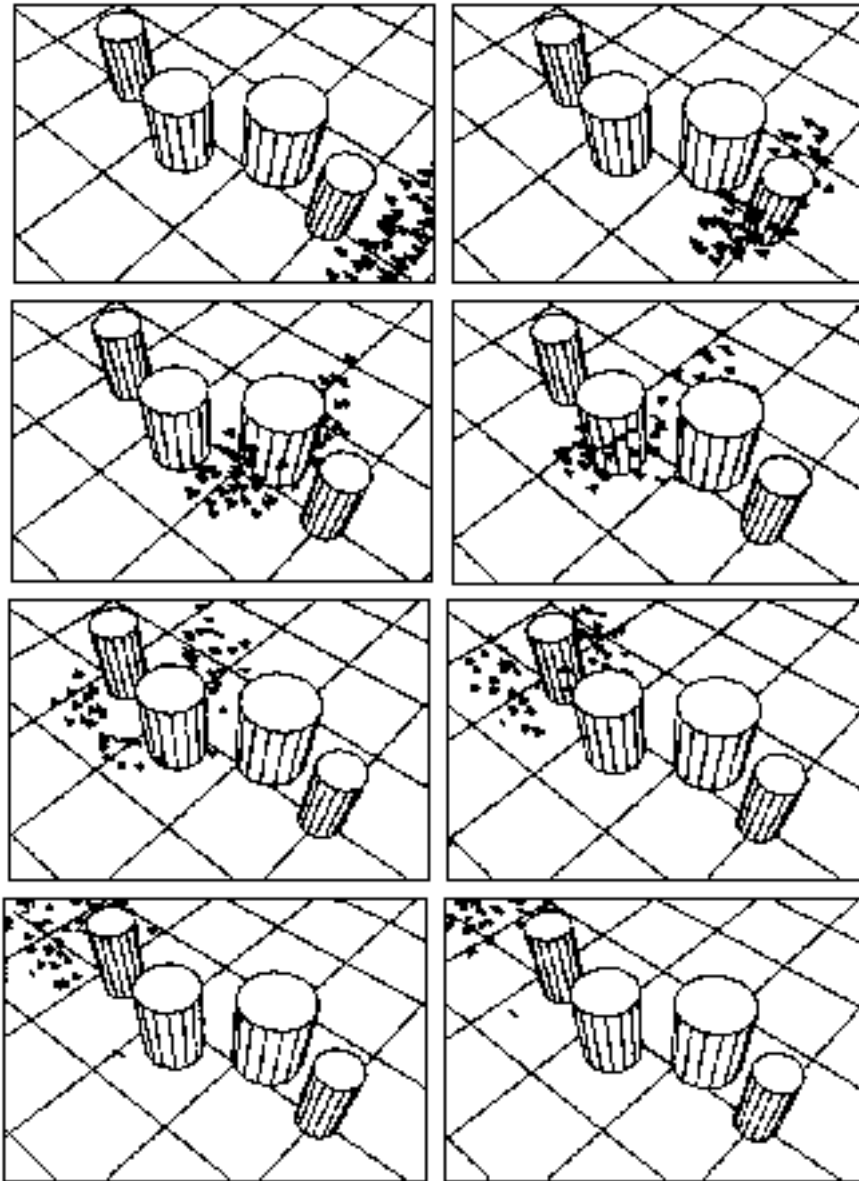
Video clip from "Particle Dreams" by Karl Sims.

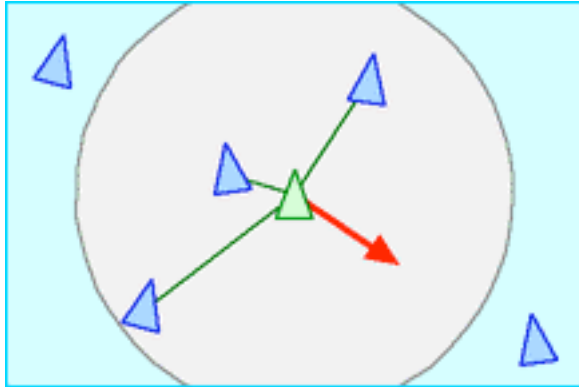


3.5. Les groupes

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

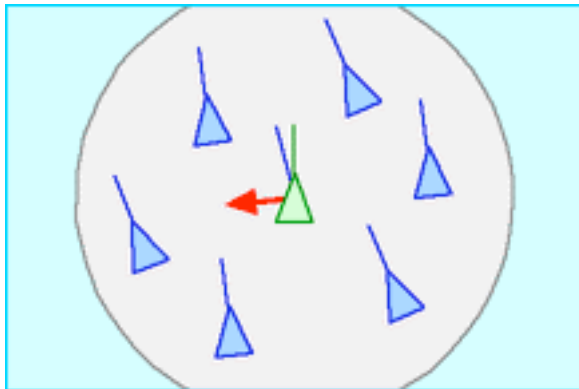
VOIR SON SITE !!
[http://www.red3d.com
/cwr/boids](http://www.red3d.com/cwr/boids)



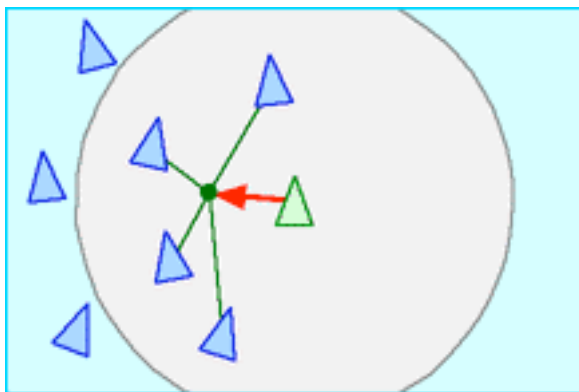


Separation: steer to avoid crowding local flockmates

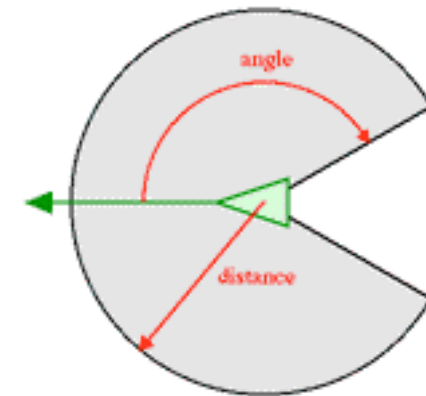
deux forces concurrentes :
 -la cohésion au sein du groupe
 -l'évitement de collision
 (prioritaire)



Alignment: steer towards the average heading of local flockmates



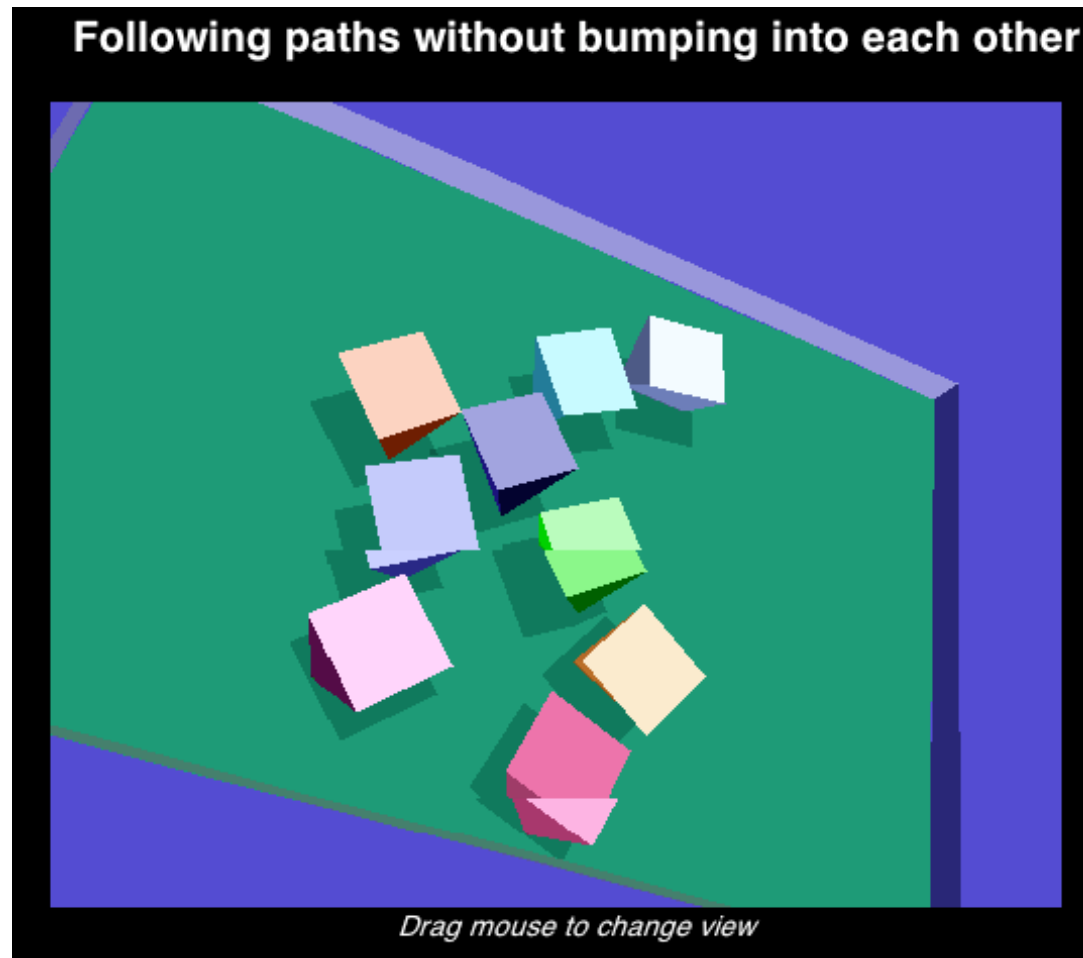
Cohesion: steer to move toward the average position of local flockmates



a boid's neighborhood

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

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



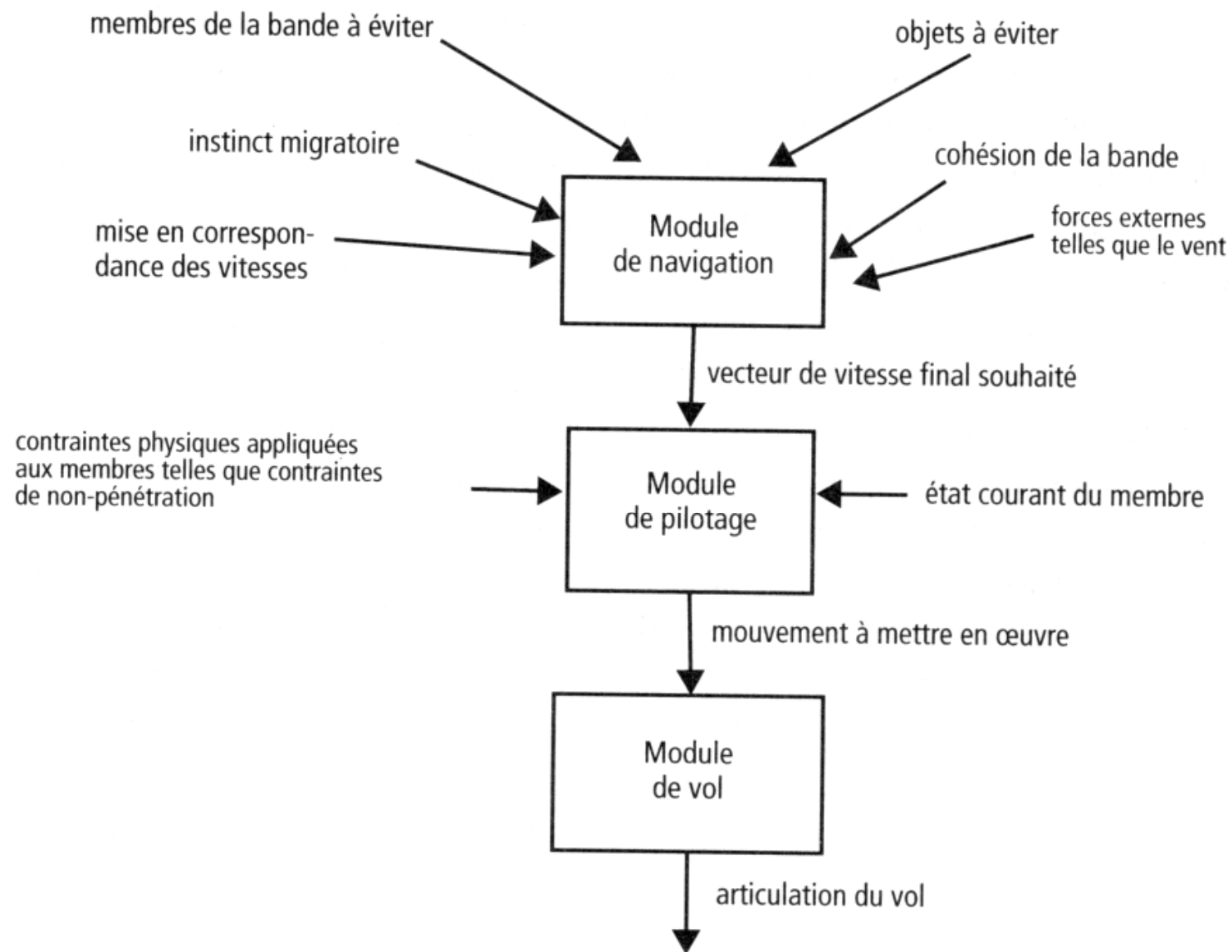


Figure 4.49 **Négociation du mouvement**

Esquive de collision

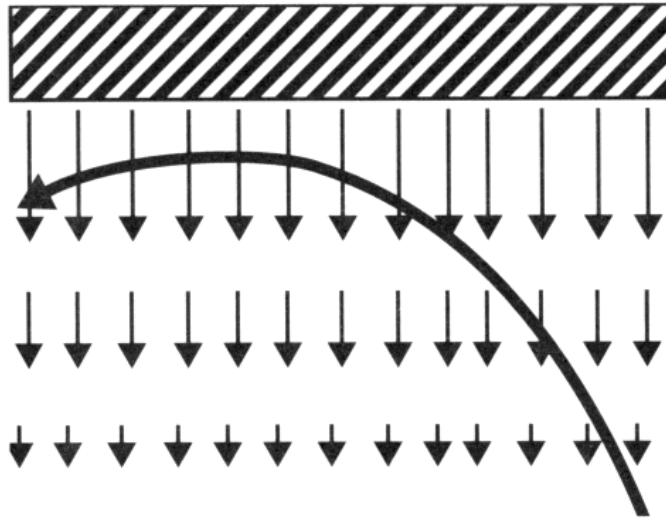


Figure 4.50 **Esquive de collision par champ de force**

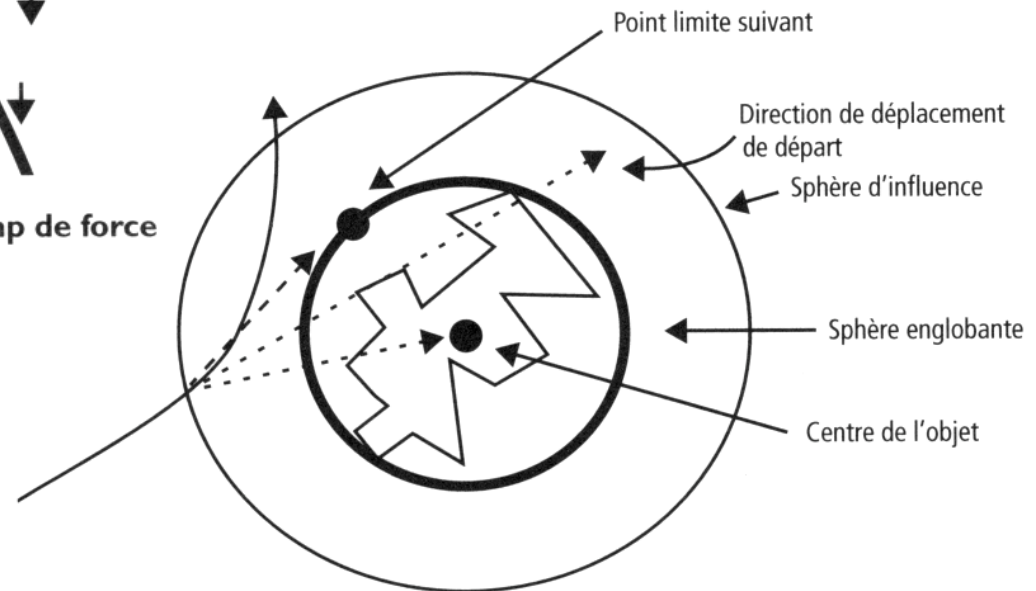


Figure 4.52 **Virage pour éviter une sphère englobante**

3.6. l'autonomie

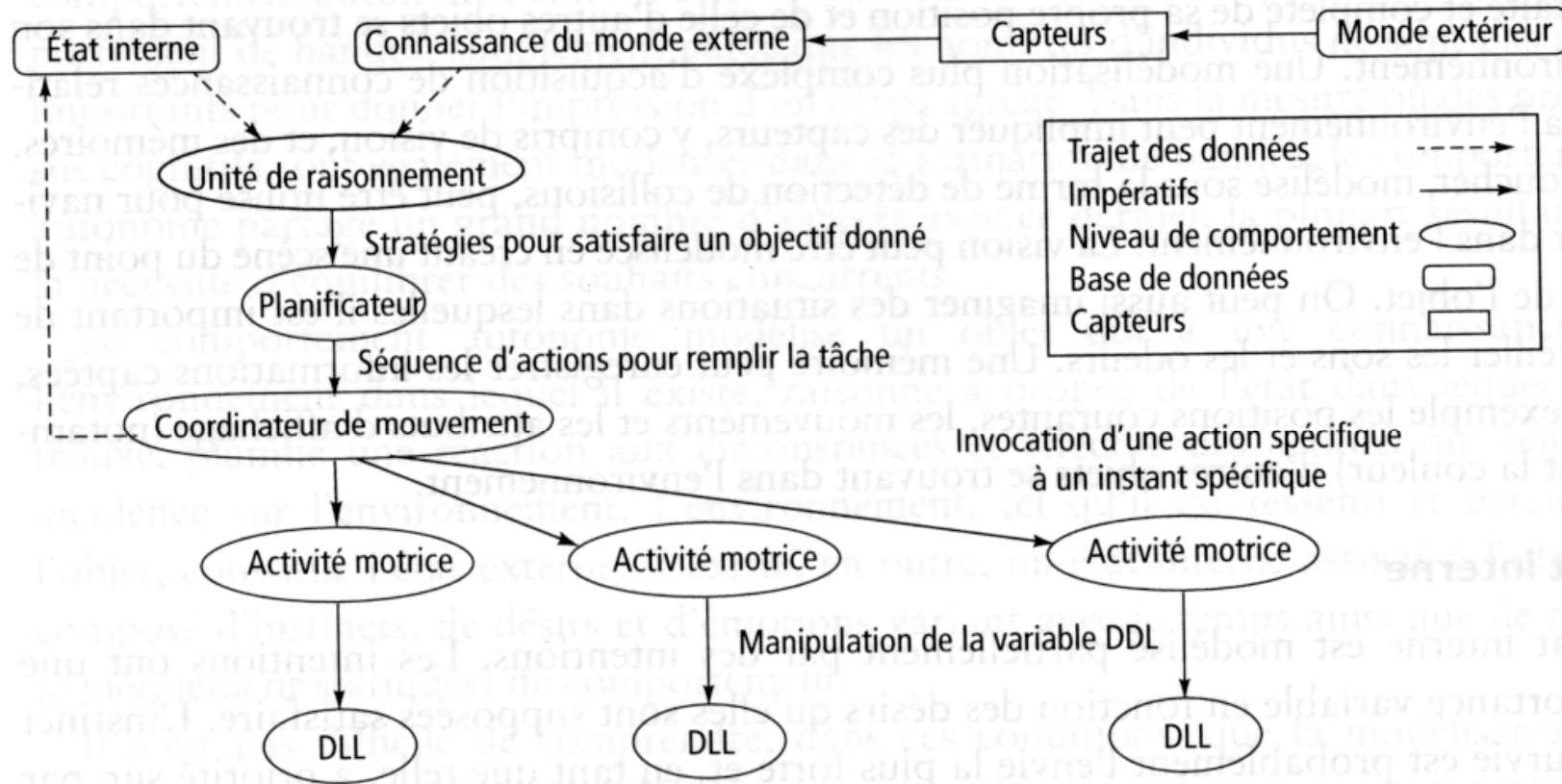


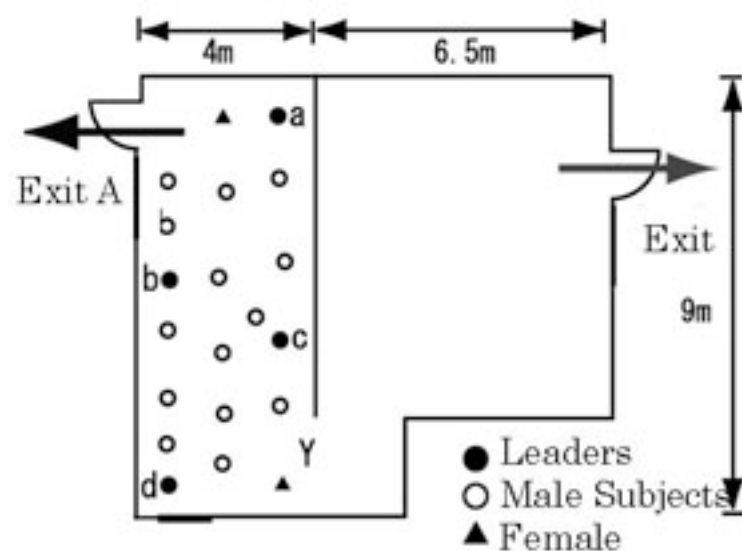
Figure 4.60 Niveaux de comportement

DDL : degré de liberté

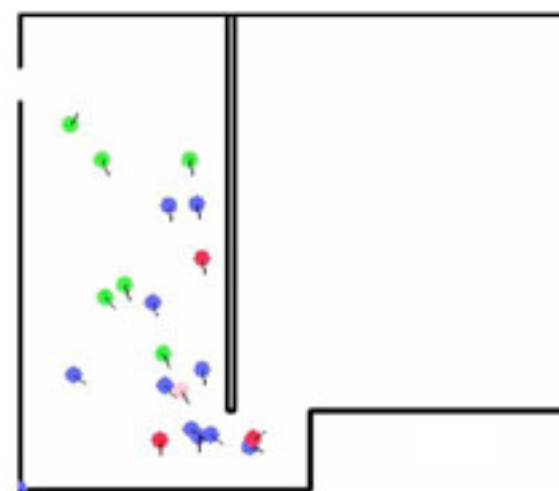
DLL : ???

<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

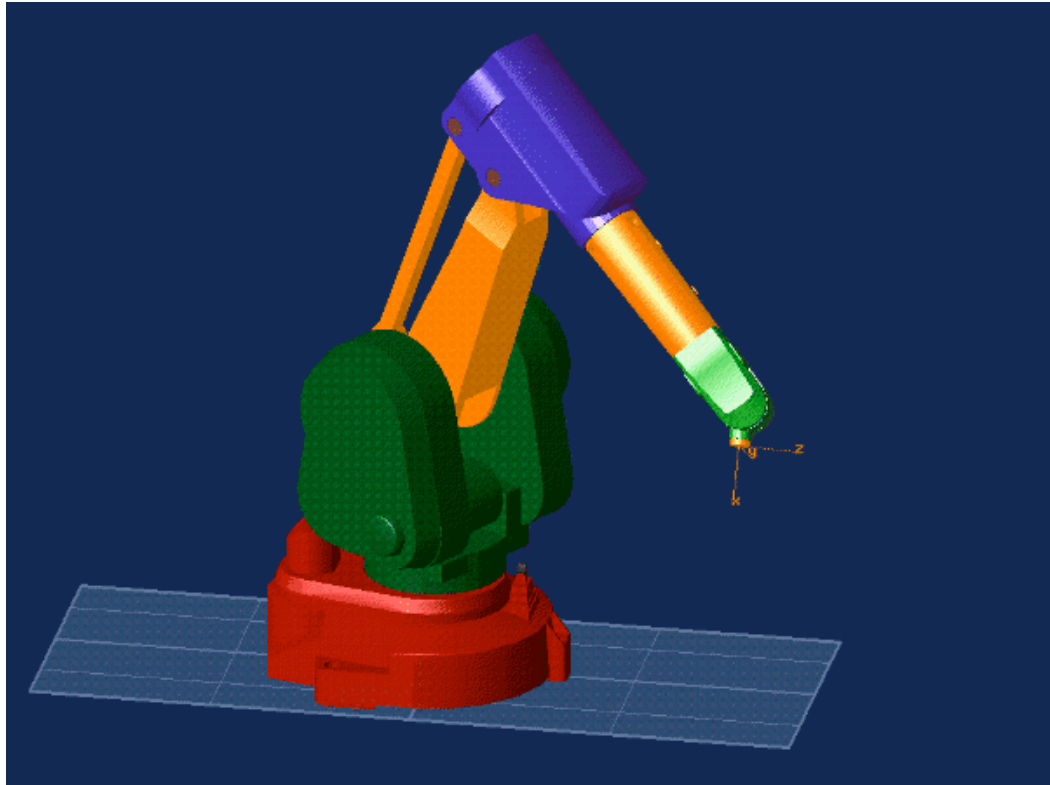
Figure 2. The basement room experiment in the virtual city simulator

4. Structures articulées

4.1 description

4.2 cinématique directe

4.3 cinématique inverse



A LIRE : cours de robotique de J. Gangloff (DEA Strasbourg)
<http://eavr.u-strasbg.fr/library/teaching/robotics/>

4.1. Description

voir « techniques de l'ingénieur »

Mécanique générale

Cinématique générale

par **Jean-Pierre BROSSARD**

Professeur de Mécanique à l'Institut National des Sciences Appliquées (INSA) de Lyon

3.6 Degré de liberté

C'est une question qui n'a pas de réponse unique car les points de vue peuvent être différents et, de toute façon, ce n'est pas au fond une question d'une grande utilité pratique en cinématique et en mécanique générale comme nous le montrerons.

Le problème se formule ainsi : soit un système à n paramètres $q_1, \dots, q_1, \dots, q_n$ et supposons qu'il y ait m relations de liaison indépendantes.

On appelle degré de liberté le nombre k :

$$k = n - m$$

Que peut-on dire de ce nombre k ? Pas grand-chose avec sûreté sans une étude approfondie.

Les différents types de liaisons

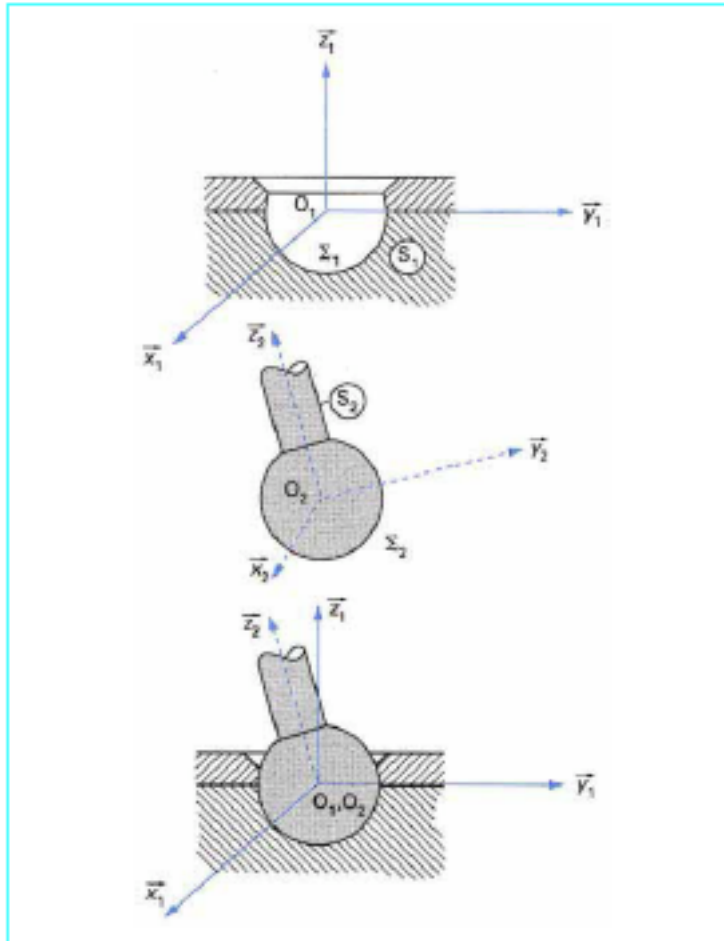


Figure 65 - Liaison sphérique

$k=3$ (rotations)

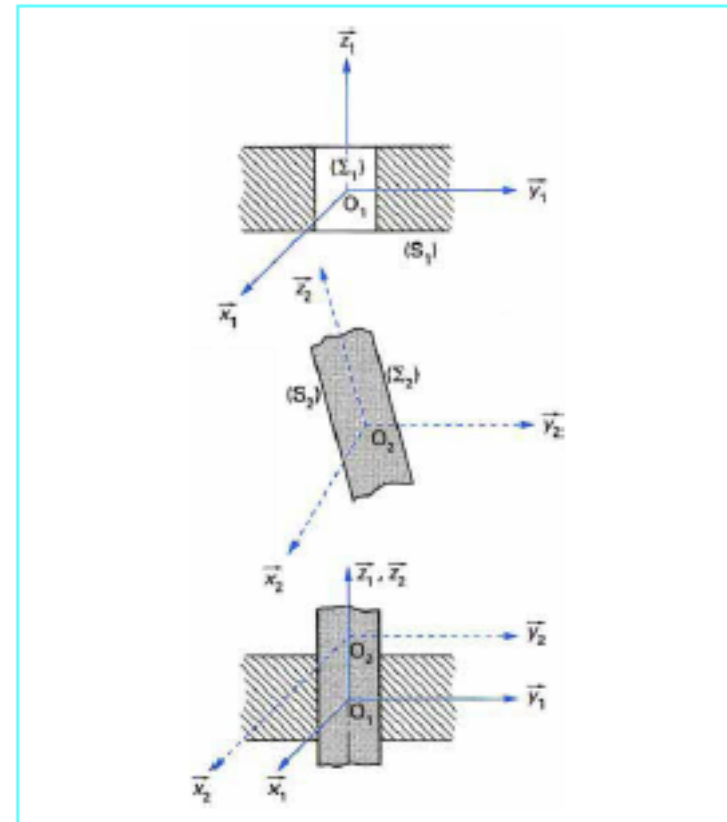


Figure 69 - Liaison cylindrique

$k=2$ (translation ou rotation)

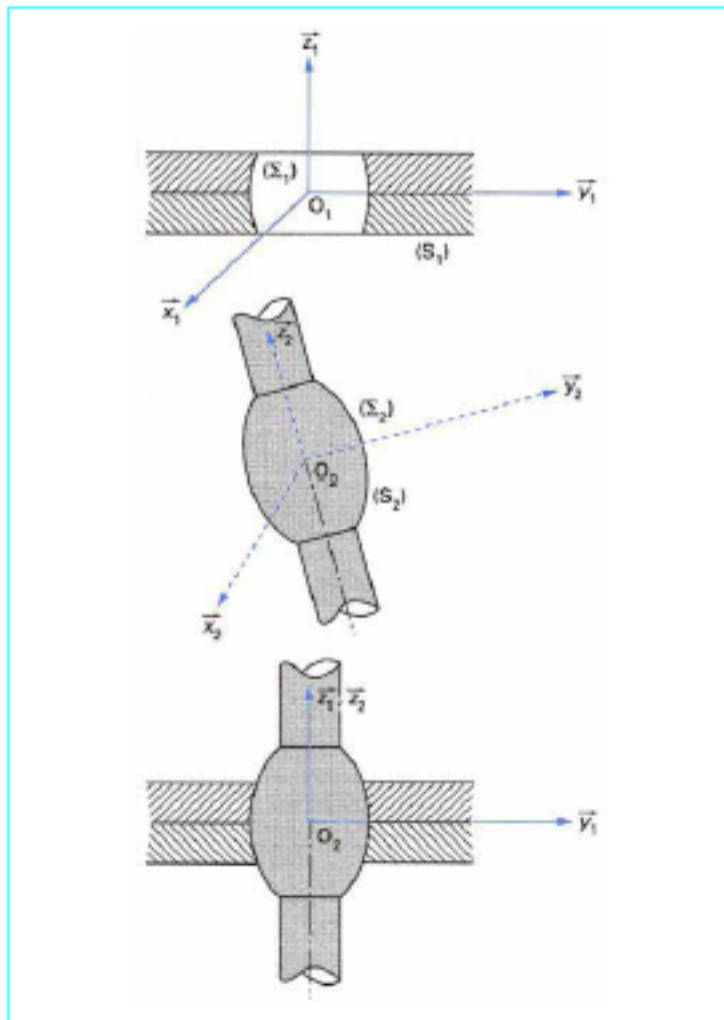


Figure 72 - Liaison rotoïde

$k=1$ (rotation)

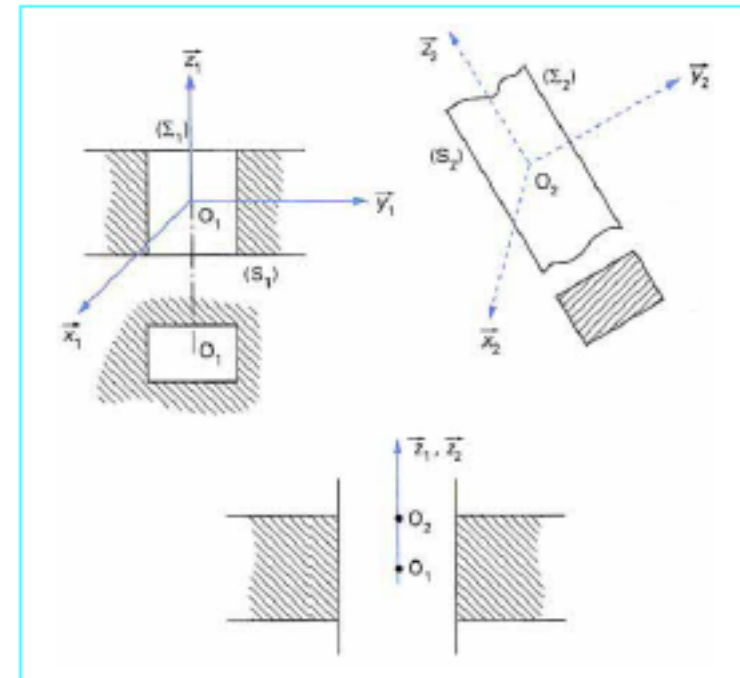


Figure 75 - Liaison prismatique

$k=1$ (translation)

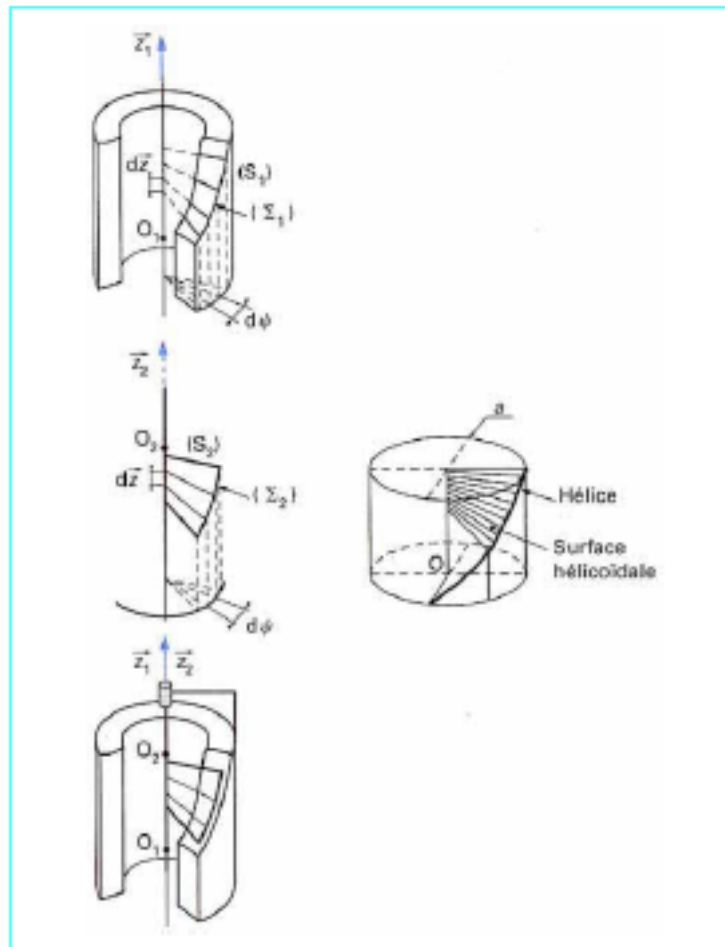


Figure 79 – Liaison hélicoïdale

$k=1$ (rotation ET translation)

3.7.7 Examen du degré de liberté d'un système

De nombreux auteurs ont essayé de déterminer le degré de liberté d'un mécanisme par simple décompte des liaisons et du nombre d'équations de liaison que chacune d'elles implique. Malheureusement, ces méthodes n'ont aucune sûreté. Elles n'arrivent en général qu'à prévoir des résultats... connus. Seules les méthodes basées sur les équations de liaison et la détermination de leur indépendance ont une valeur sûre.

3.7.7.1 La méthode ne permet pas de prévoir les degrés de liberté

Exemple 1 (figure 82a) : comme indiqué sur la figure, c'est un système plan à 4 barres. Nous avons vu que, pour chaque solide en mouvement plan, il fallait trois paramètres. Il n'y a que 4 liaisons rotoides ; chaque liaison rotoïde impose deux relations (un point fixe dans le plan). Le degré de liberté est donc $k = 3 \times 3 - (4 \times 2) = 1$, ce qui est bien conforme à ce que l'on trouverait par un examen détaillé des équations de liaison du système.

Exemple 2 (figure 82b) :

$$k = 4 \times 3 - 6 \times 2 = 0$$

Le système est bloqué, ce qui est bien conforme à ce que donnerait une étude détaillée.

Exemple 3 (figure 83) : il y a le même nombre de liaisons que dans l'exemple précédent. Il est aisé de voir que cette fois le degré de liberté est 1.

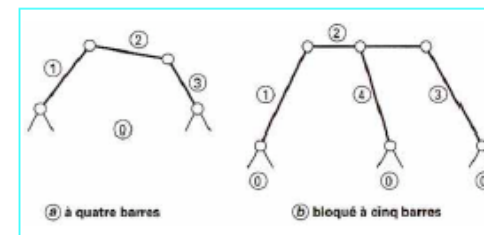


Figure 82 – Systèmes plans

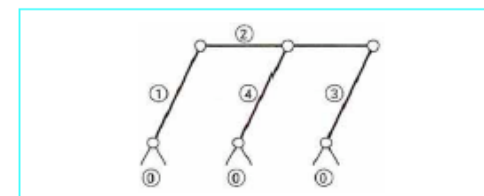
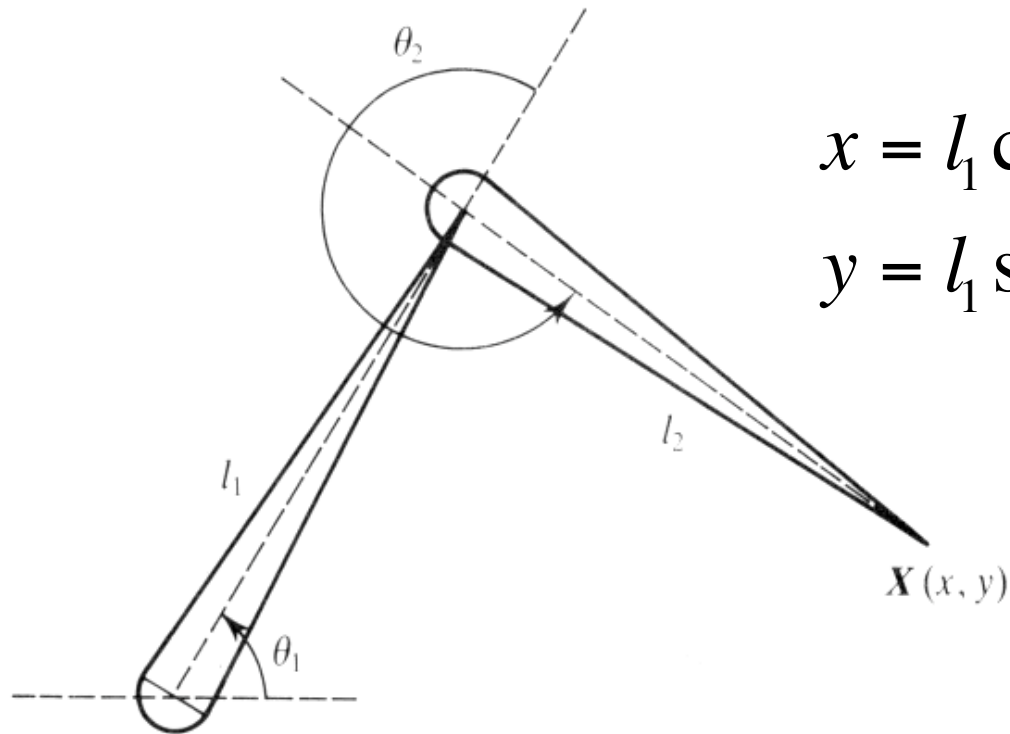


Figure 83 – Système plan à cinq barres, totalement mobile

4.2 Cinématique directe $\vec{X} = f(\vec{Q}) = f(Q_1, Q_2, \dots, Q_N)$

$$Q_i = (x, y, z, \alpha, \beta, \gamma)$$

Exemple d'un bras manipulateur plan :



$$x = l_1 \cos Q_1 + l_2 \cos(Q_1 + Q_2)$$

$$y = l_1 \sin Q_1 + l_2 \sin(Q_1 + Q_2)$$

Figure 16.2 A simple two-link structure.

Notation DH (Denavit-Hartenberg, 1955)

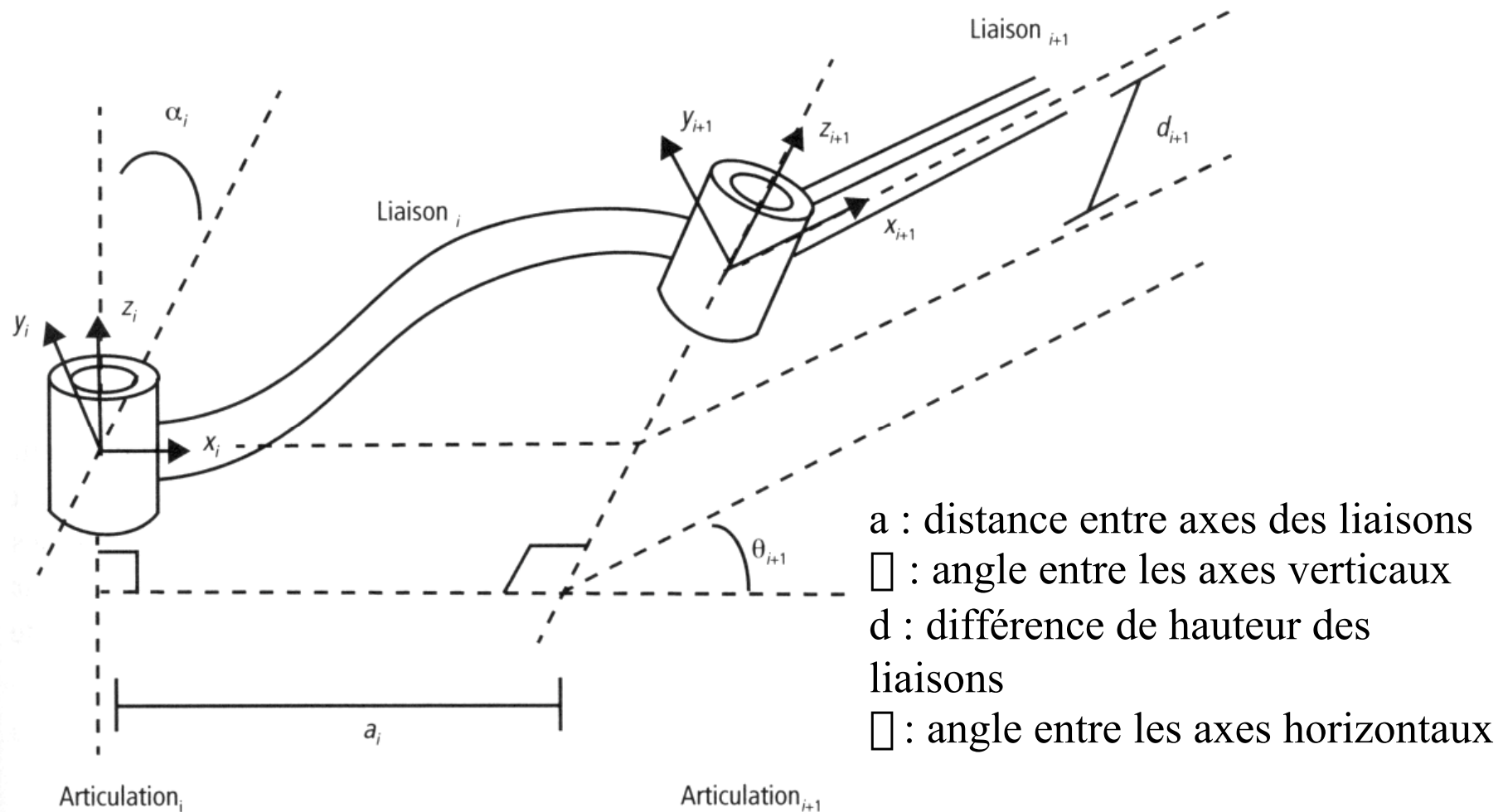


Figure 4.12 Paramètres de Denavit-Hartenberg

Calcul des coordonnées de la liaison L(i) dans le repère de L(i-1) :

$$M = T_x(a) \cdot R_x(\alpha) \cdot T_z(d) \cdot R_z(\beta)$$

$$M = \begin{bmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha\cos\beta & \sin\alpha\sin\beta & 0 \\ \sin\alpha & \cos\alpha\cos\beta & \cos\alpha\sin\beta & 0 \\ 0 & -\sin\beta & \cos\beta & 0 \\ a & d\sin\beta & d\cos\beta & 1 \end{bmatrix}$$

Calcul des coordonnées de la liaison L(i) dans le repère de la base :

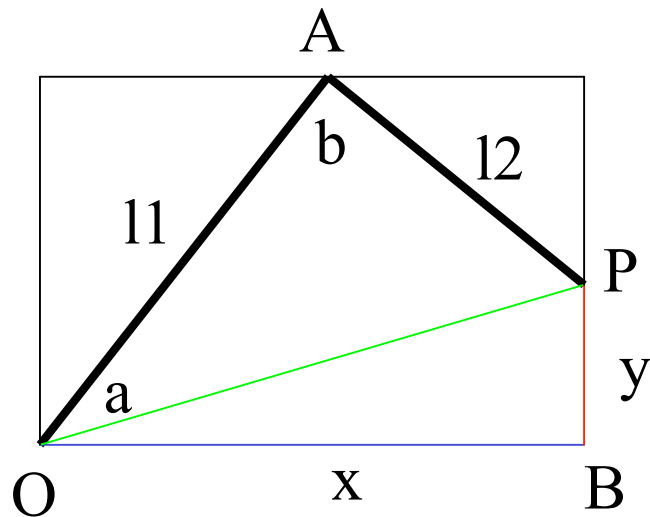
$$M = M(0,1) \cdot M(1,2) \cdot \dots \cdot M(i-1,i)$$

4.3 Cinématique inverse

$$\vec{\varphi} = f^{-1}(\vec{X})$$

Reprise de l'exemple :

- recherche angle $\langle BOP \rangle = \varphi_T$
- recherche angle $\langle POA \rangle = \varphi_1 - \varphi_T = a$
- recherche angle $\langle OAP \rangle = \varphi - \varphi_2 = b$



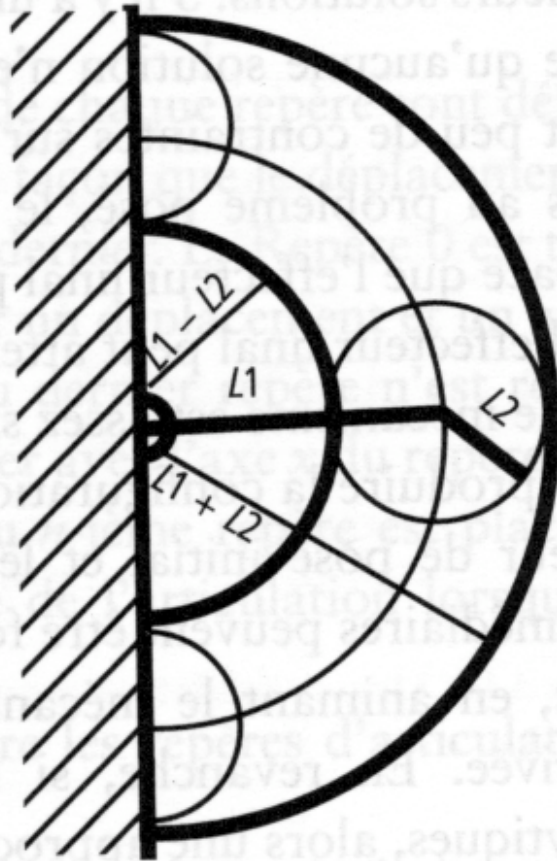
$$\tan \varphi_T = BP/OB = y/x \Rightarrow \varphi_T$$

$$\cos a = \frac{OP^2 + OA^2 - AP^2}{2|OP||OA|} = \frac{d^2 + l_1^2 - l_2^2}{2dl_1} \Rightarrow \varphi_1$$

$$\cos b = \frac{AP^2 + AO^2 - OP^2}{2|AP||AO|} = \frac{l_2^2 + l_1^2 - d^2}{2l_1l_2} \Rightarrow \varphi_2$$

$$\text{avec } d^2 = x^2 + y^2$$

Problèmes :



Espace de travail atteignable

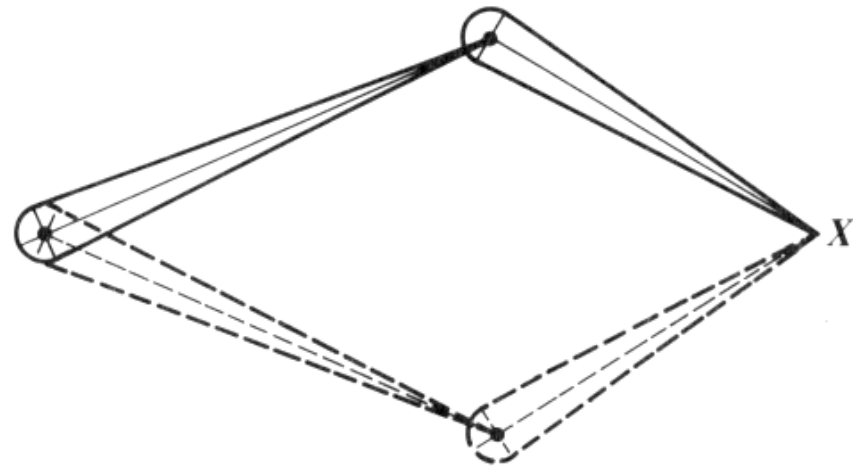
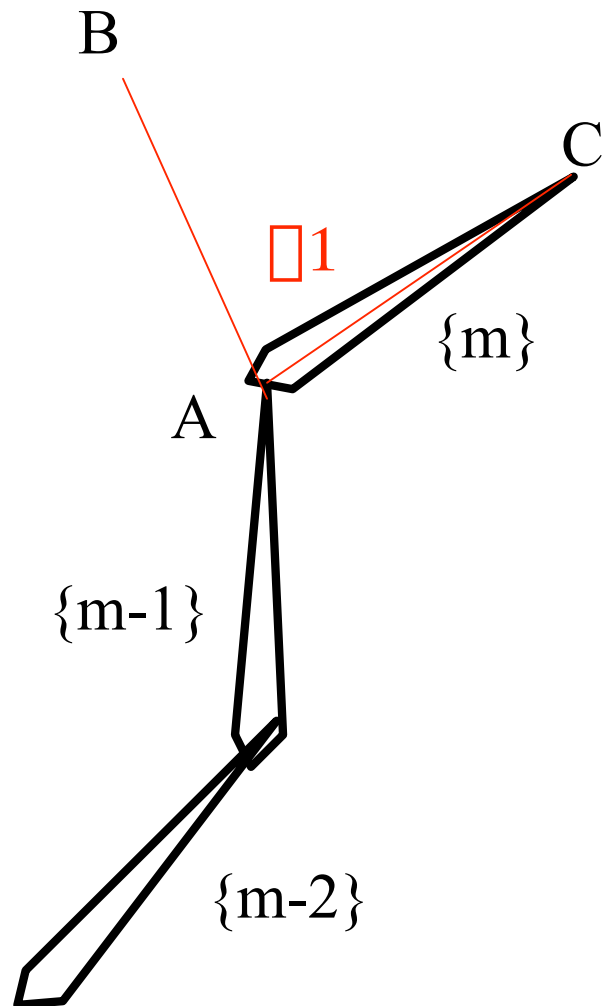


Figure 16.3 Two solutions for a two-link mechanism to position the end effector at X .

Méthode CCD (Cyclic Coordinate Descent)

Chris Welman. *Inverse Kinematics and Geometric Constraints for Articulated Figure Manipulation*.
<http://fas.sfu.ca/pub/cs/theses/1993/ChrisWelmanMSc.ps.gz> B.Sc, SFU, 1989

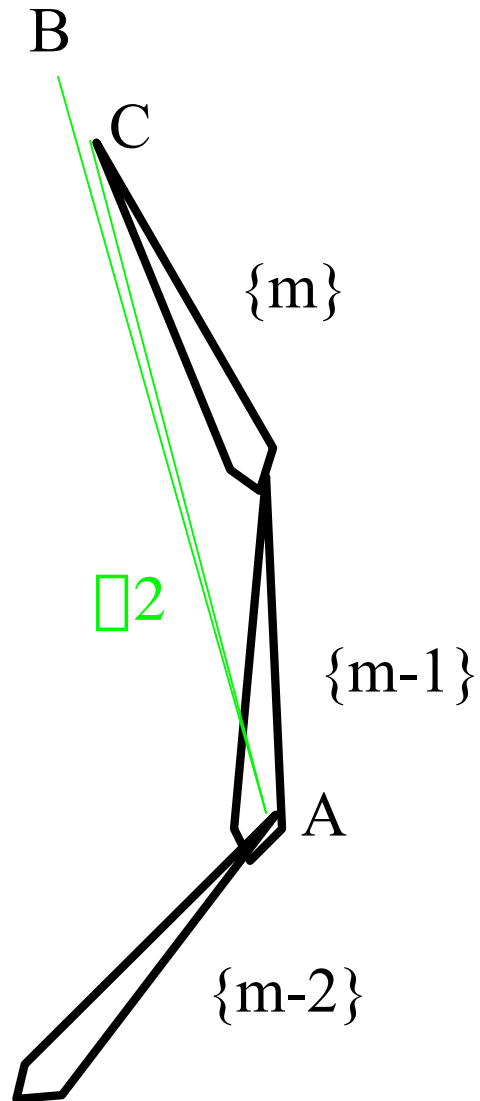


Etape 1 : approcher l'effecteur (en C)
du but (en B) en calculant l'angle
 $\alpha_1 = \angle CAB$

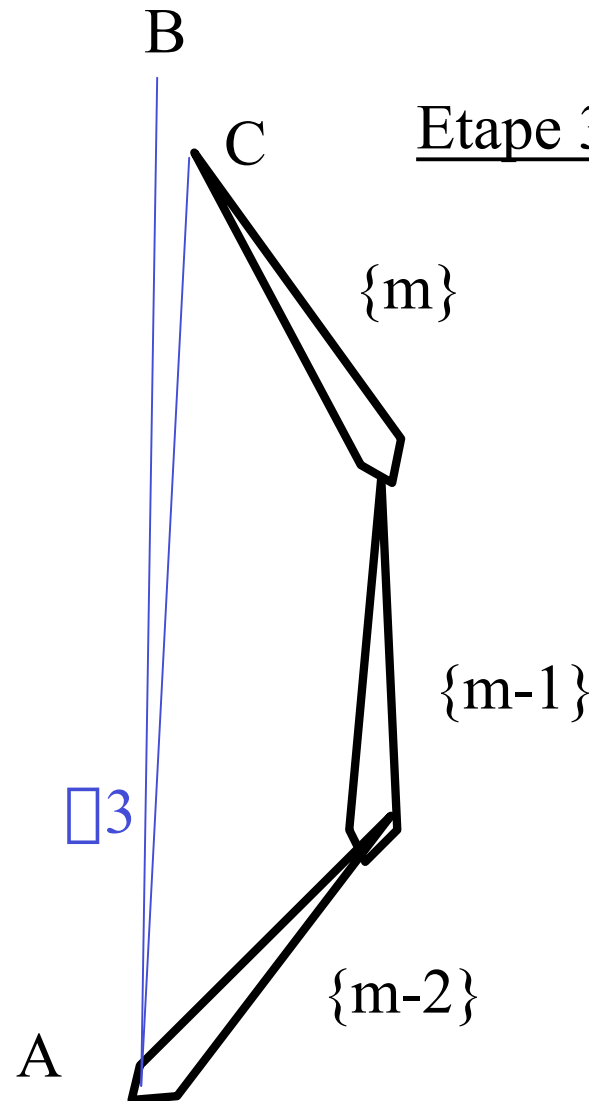
-calcul de l'angle par le produit scalaire
de AC par AB

-calcul du sens de rotation par le produit
vectoriel de AC et AB (signe de la
composante en z)

Etape 2 : approcher le bras $\{m-1\}$
de B en calculant l'angle $\alpha_2 = \angle CAB$



Etape 3 : idem avec $\{m-2\}$



etc...
on s'arrête si
 $|BC| < \text{seuil}$

Méthode par inversion du jacobien

$$\vec{X} = f(\vec{\square}) \quad \text{ou} \quad (x_1 \quad \cdots \quad x_n) = f(\square_1 \quad \cdots \quad \square_m)$$

$$J = \frac{d\vec{X}}{d\vec{\square}} = \begin{bmatrix} \frac{\partial x_1}{\partial \square_1} & \cdots & \frac{\partial x_1}{\partial \square_m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial x_n}{\partial \square_1} & \cdots & \frac{\partial x_n}{\partial \square_m} \end{bmatrix}$$

$$dX = J.d\square$$

$$\square \quad \frac{dX}{dt} = J.\frac{d\square}{dt}$$

$$\square \quad \dot{X} = J\dot{\square}$$

$$d\square = J^{\square 1} dX$$

$$\square \quad \dot{\square} = J^{\square 1} \dot{X}$$

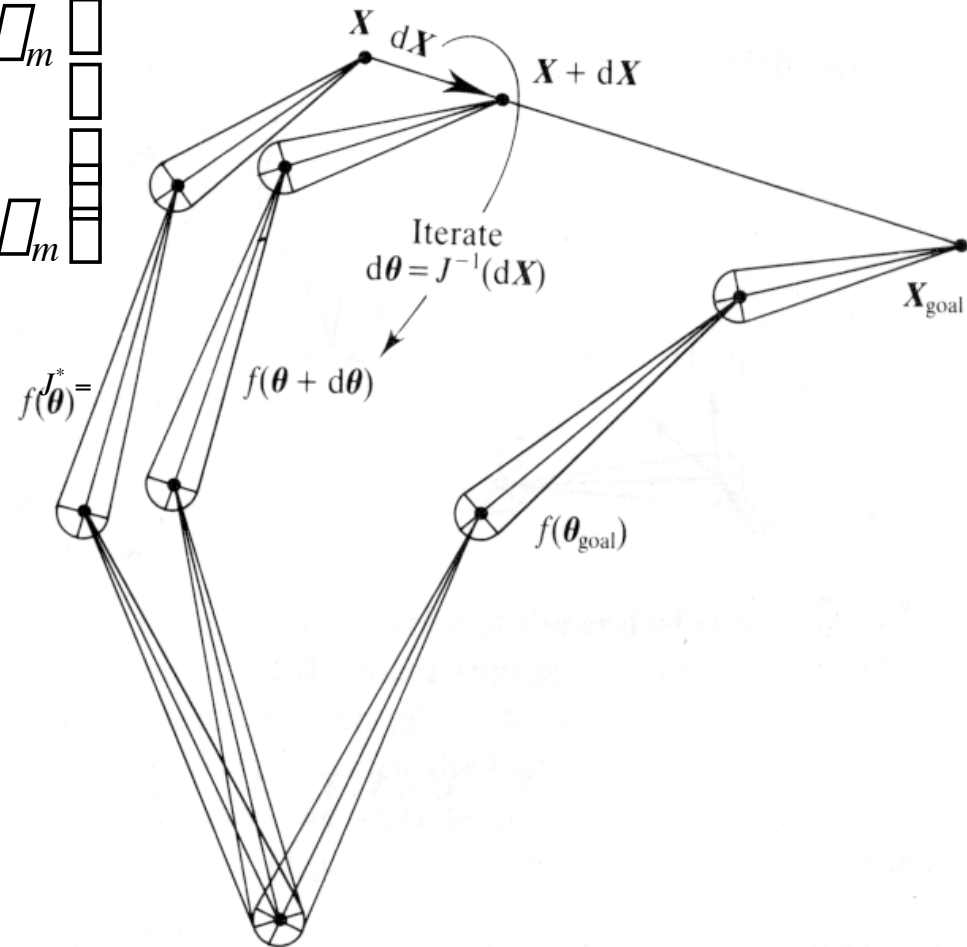


Figure 16.7 One iteration step towards the goal.

On a : $\dot{X} = \begin{pmatrix} v_x & v_y & v_z & \omega_x & \omega_y & \omega_z \end{pmatrix}$

et m liaisons. Si J pas carré ($m \neq 6$), l'inverse de J n'existe pas.

On utilise le pseudo-inverse J^* :

$$\dot{X} = J\dot{\varphi}$$

$$\square \quad J^T \dot{X} = J^T J \dot{\varphi}$$

$$\square \quad (J^T J)^{\square 1} J^T \dot{X} = (J^T J)^{\square 1} J^T J \dot{\varphi}$$

$$\square \quad \dot{\varphi} = (J^T J)^{\square 1} J^T \dot{X}$$

$$\dot{\varphi} = J^* \dot{X} \quad \text{avec} \quad J^* = (J^T J)^{\square 1} J^T$$

Construction du jacobien :

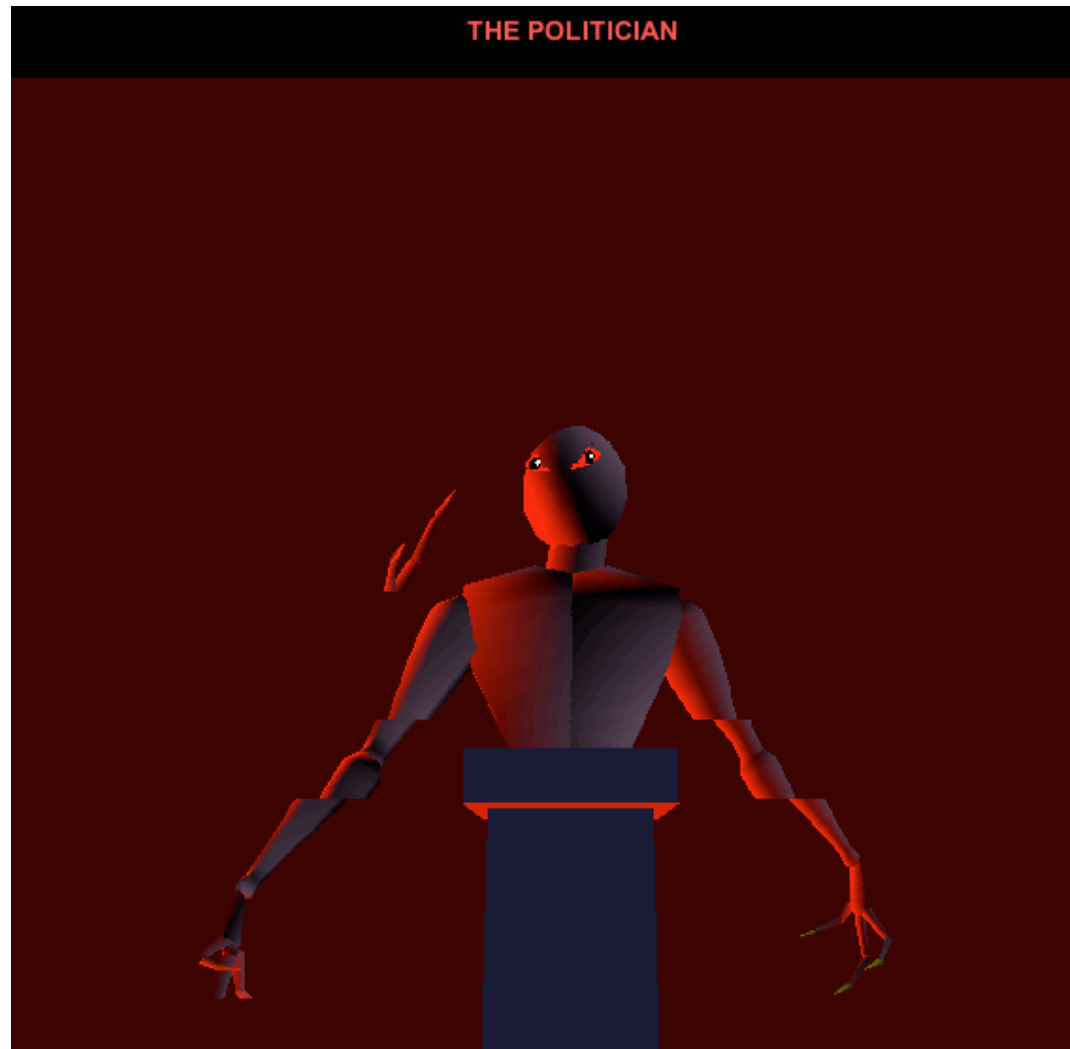
$$\dot{X} = J \dot{q}$$

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_x \\ \vdots \\ \dot{v}_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial v_x}{\partial q_1} & \cdots & \frac{\partial v_x}{\partial q_m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial v_z}{\partial q_1} & \cdots & \frac{\partial v_z}{\partial q_m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{q}_1 \\ \vdots \\ \dot{q}_m \end{bmatrix}$$

$$M(0,i) = M(0,1) \cdot M(1,2) \cdot \dots \cdot M(i-1,i) = \begin{bmatrix} A_{xxi} & A_{xyi} & A_{xzi} & 0 \\ A_{yxi} & A_{yyi} & A_{yzi} & 0 \\ A_{zxi} & A_{zyi} & A_{zzi} & 0 \\ P_{xi} & P_{yi} & P_{zi} & 1 \end{bmatrix}$$

*** a finir***

Exemple d'utilisation: le « politicien » de Ken Perlin



<http://mrl.nyu.edu/~perlin/fiend/>

5. Déformation d'objets

5.1 déformation de primitives

5.2 anamorphoses

5.3 déformation grilles 2D

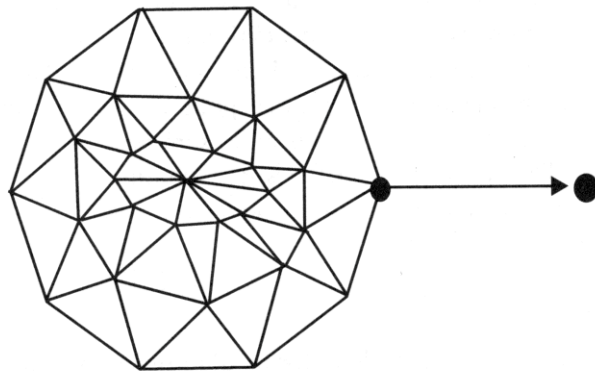
5.4 déformation polyligne (squelette)

5.5 FFD

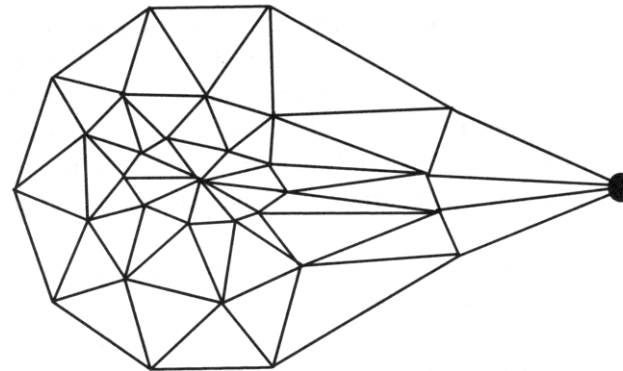
5.6 animation

5.1 Déformation de primitives

cas des polyèdres :



Déplacement du sommet racine



Déplacement atténué propagé vers des sommets adjacents

atténuation du déplacement
fonction de la distance à la
racine (en nbre d'arêtes)

$$S(i) = 1 - \frac{i}{n+1}^{|k|+1}$$

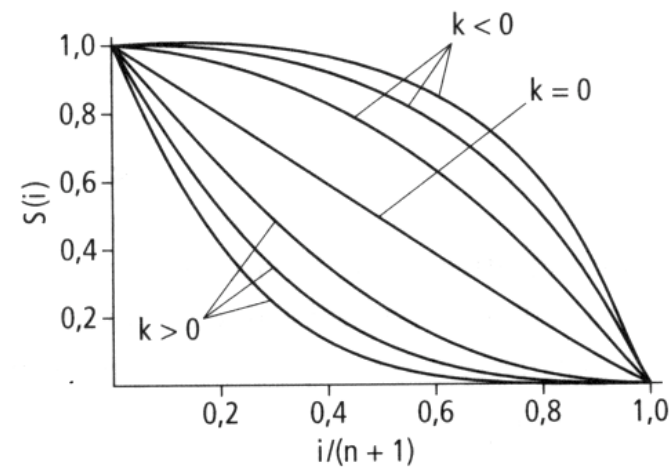
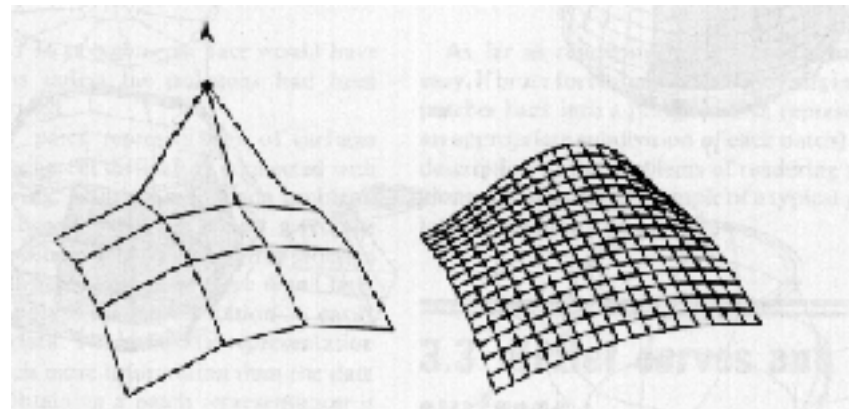
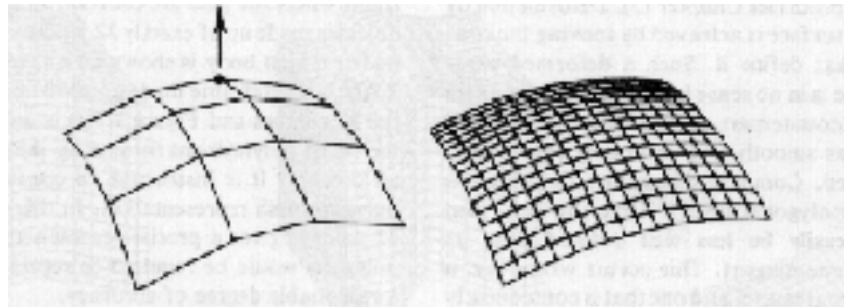
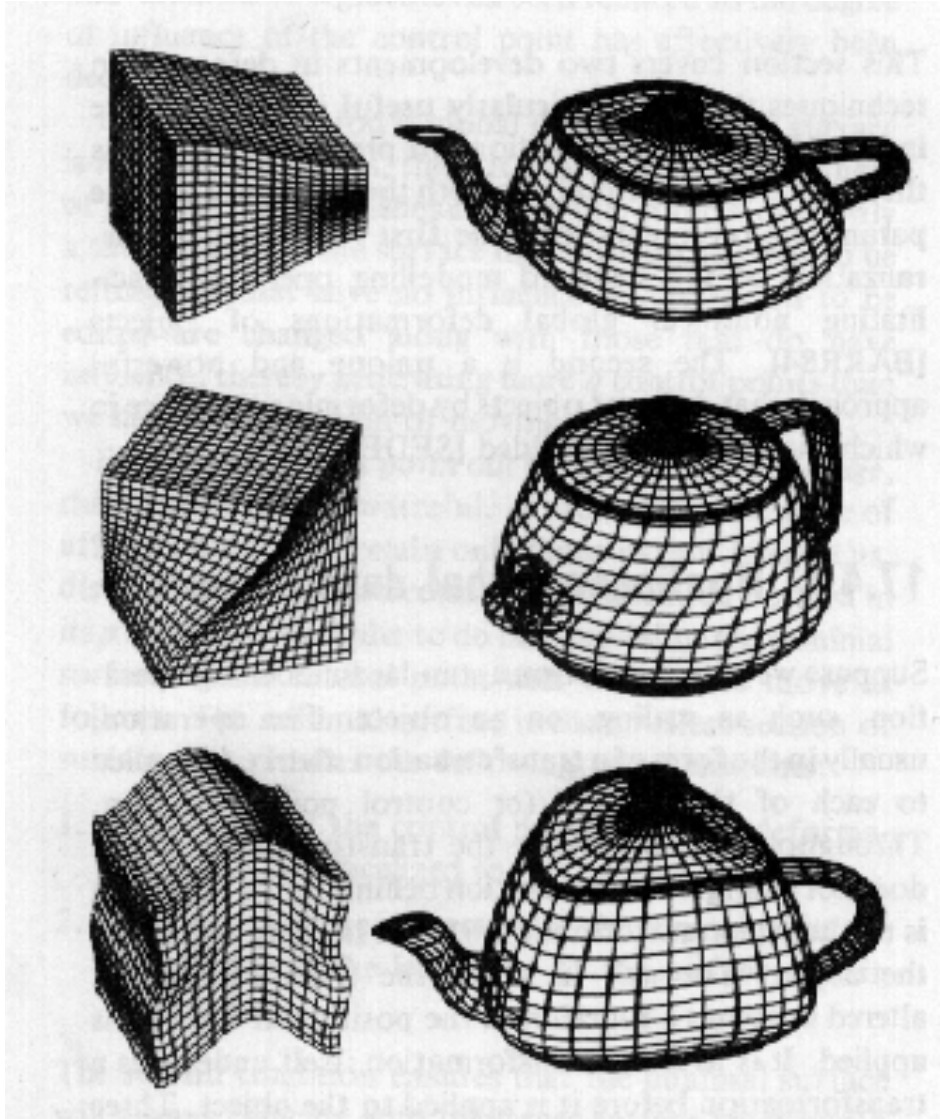


Figure 3.56 Fonctions de puissance

cas des surfaces paramétrées :



Les opérateurs de Barr (rappel)



effilage (tapering)

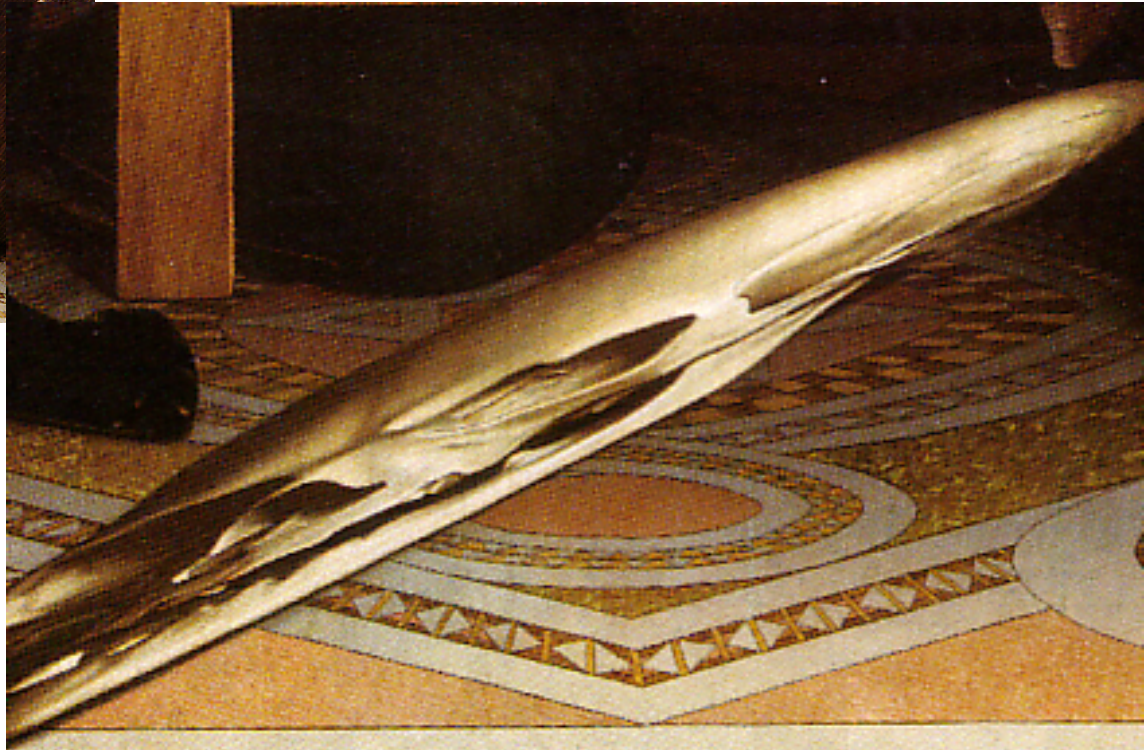
torsion (twisting)

pliage (bending)

5.2 Les anamorphoses



H. Holbein
« les ambassadeurs » 1533
Nat. gallery, Londres



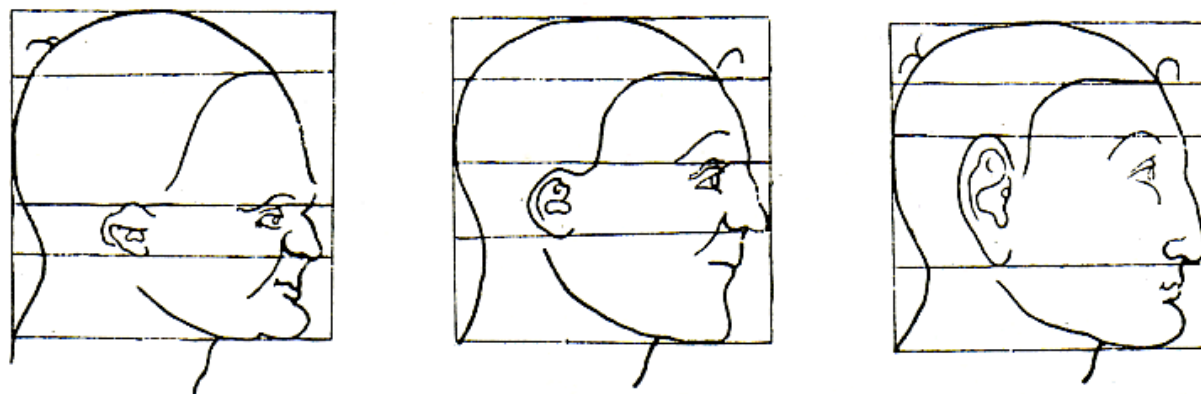


Fig. 508. (After Albert Dürer.)

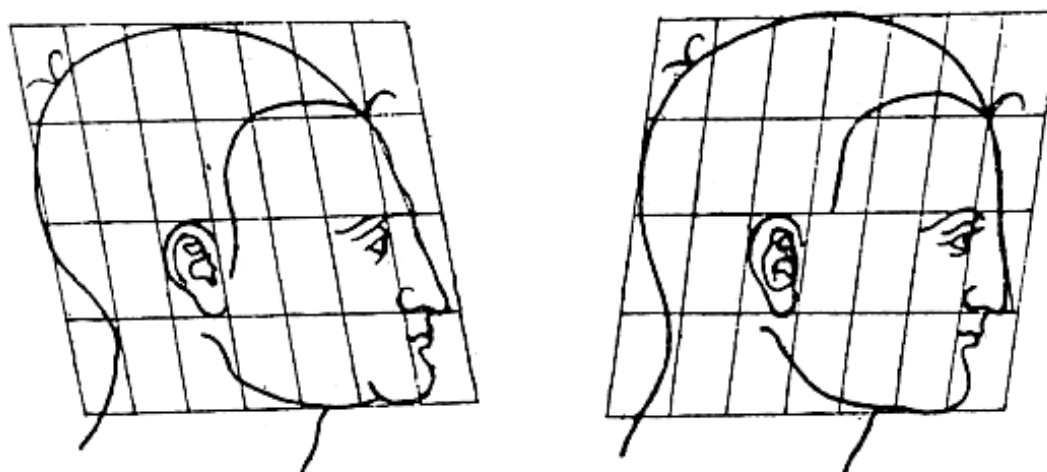


Fig. 510. (After Albert Dürer.)

Thompson

ON GROWTH AND FORM

The Complete Revised Edition

Dover

0-486-67135-6

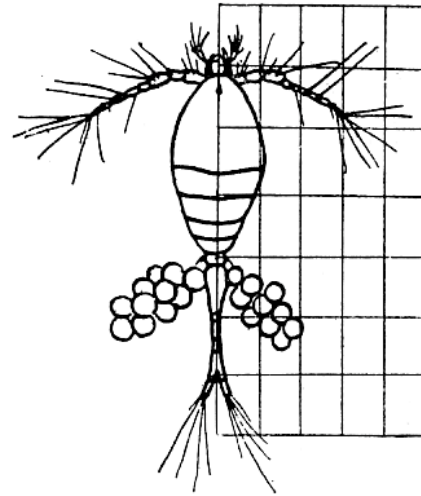


Fig. 511. *Oithona nana*.

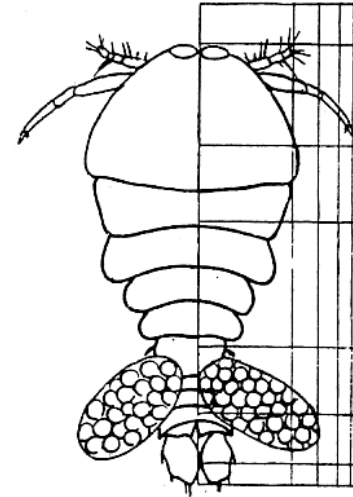


Fig. 512. *Sapphirina*.

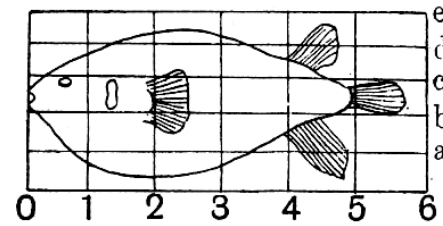


Fig. 525. *Diodon*.

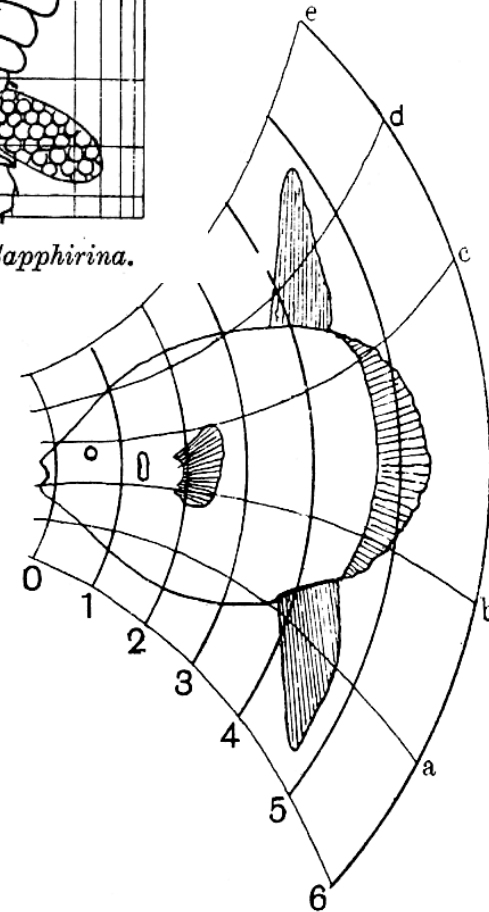


Fig. 526. *Orthogoriscus*.

5.3 Déformation d'une grille 2D (Burtnyk et al. '70s)

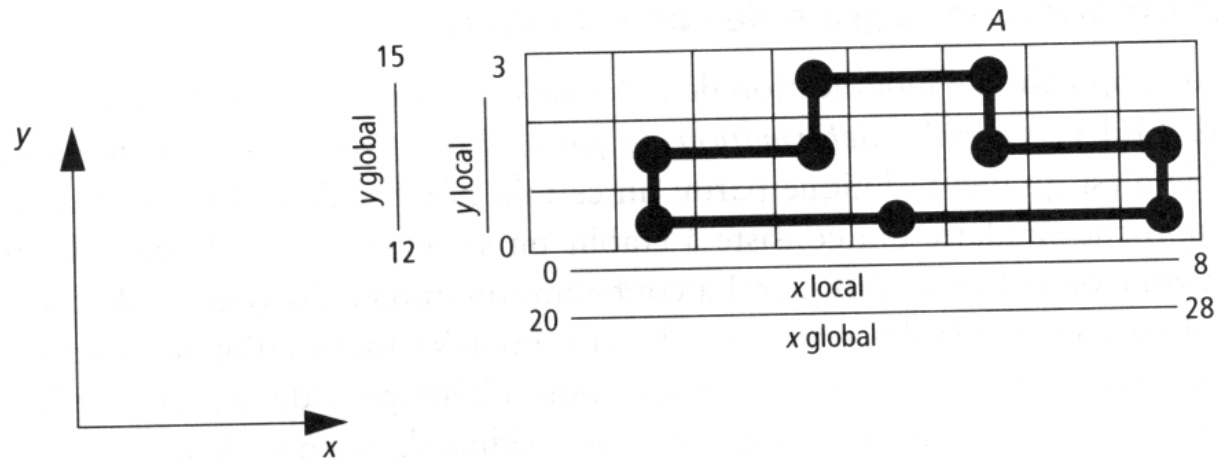
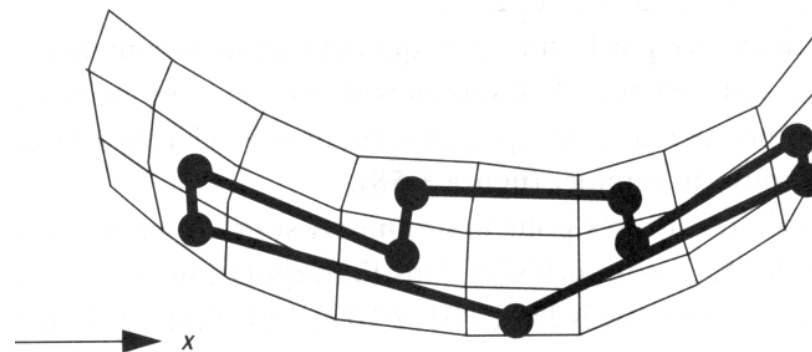


Figure 3.57 Grille de coordonnées 2D de départ

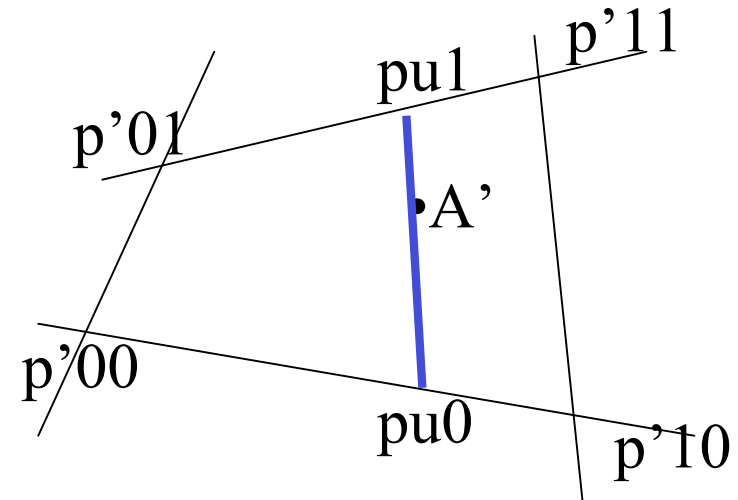
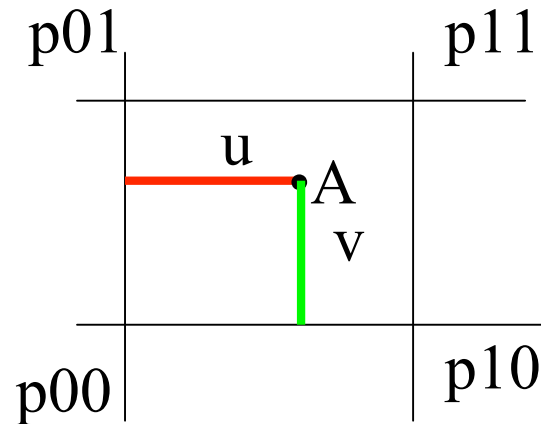
Avant : coord A en repère scène (25.6, 14.7), en local (5.6, 2.7)

Après :



Déformation de la grille 2D

Calcul des nouvelles coordonnées par interpolation :



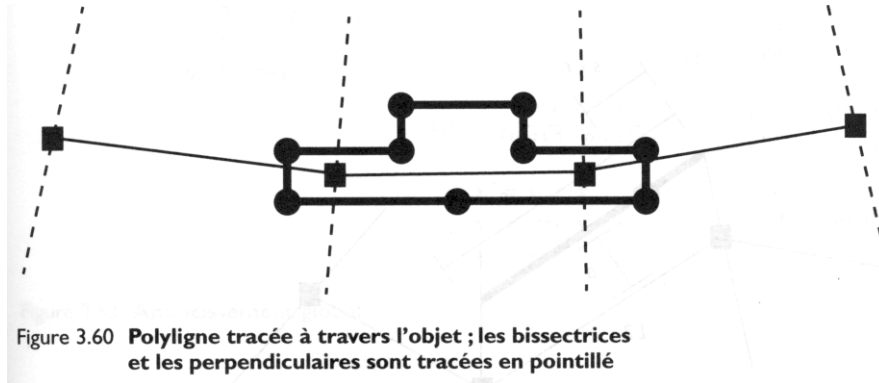
$$pu0 = (1-u).p'00 + u.p'10$$

$$pu1 = (1-u).p'01 + u.p'11$$

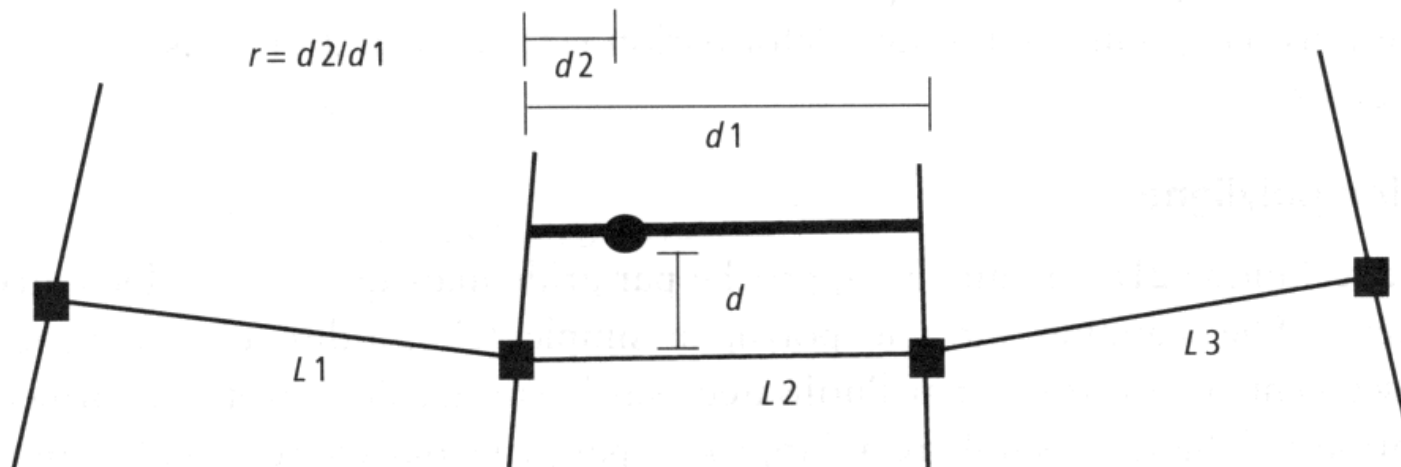
$$A' = (1-v).pu0 + v.pu1$$

$$= 0.6*0.7*p'00+0.6*0.3.p'01+0.4*0.7*p'10+0.4*0.3*p'11$$

5.4 Déformation poly-ligne

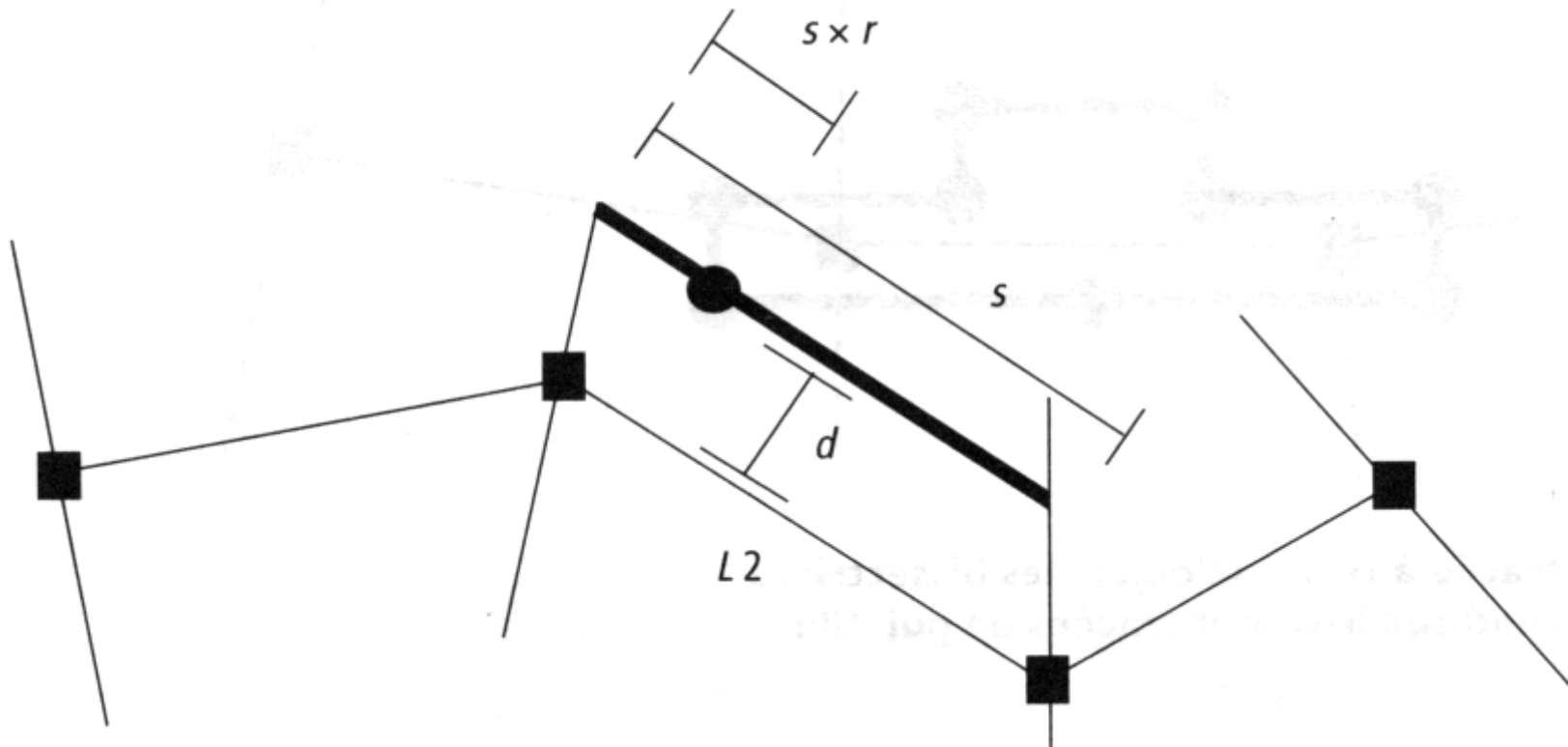


on détermine la zone
d'influence de chaque
segment de droite (carrés)
+ 2 lignes de délimitation
(en pointillé)



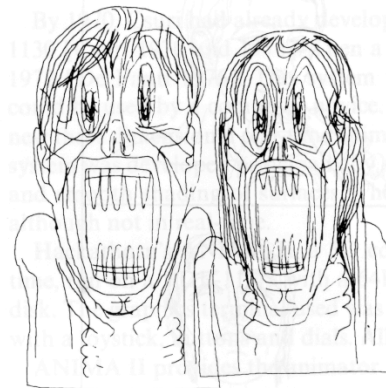
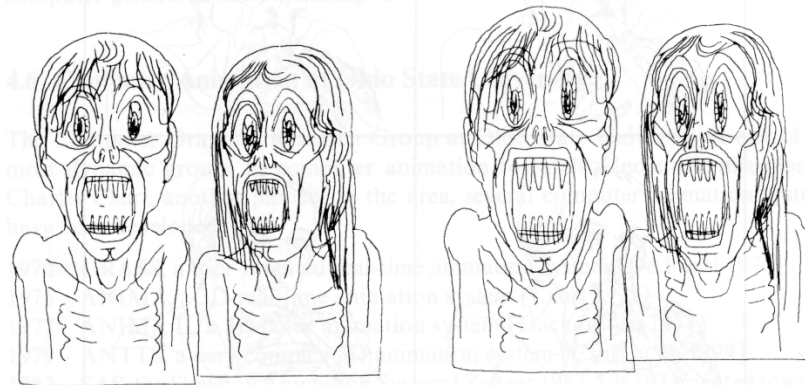
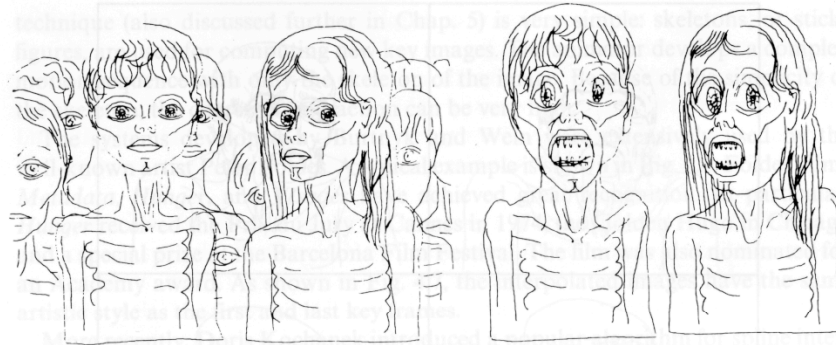
calcul des distances du sommet (d , $d1$, $d2$) \Rightarrow ratio $r = d2/d1$

Après déformation de la poly-ligne :

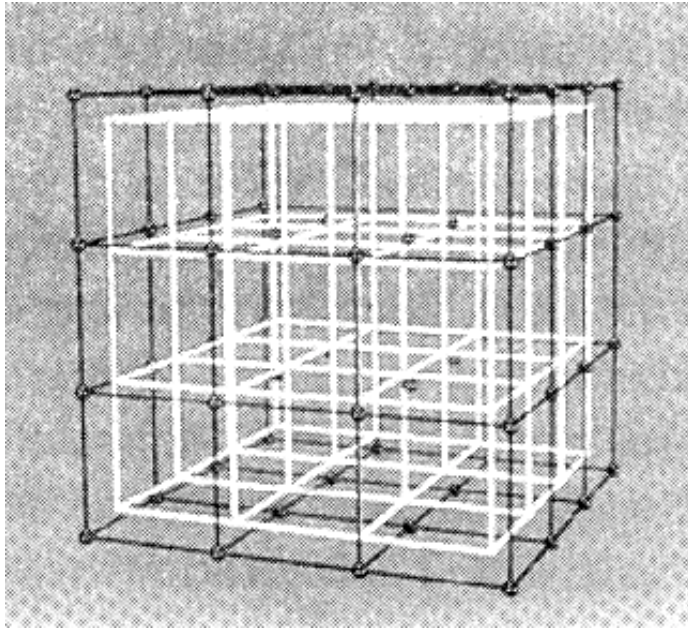


d est conservé
on mesure s
le point est placé en $s \times r$

« Hunger »
Peter Foldes
Canada
prix du jury à Cannes
en 1974



5.5 Free-form deformations (FFD) Sederberg, 1986



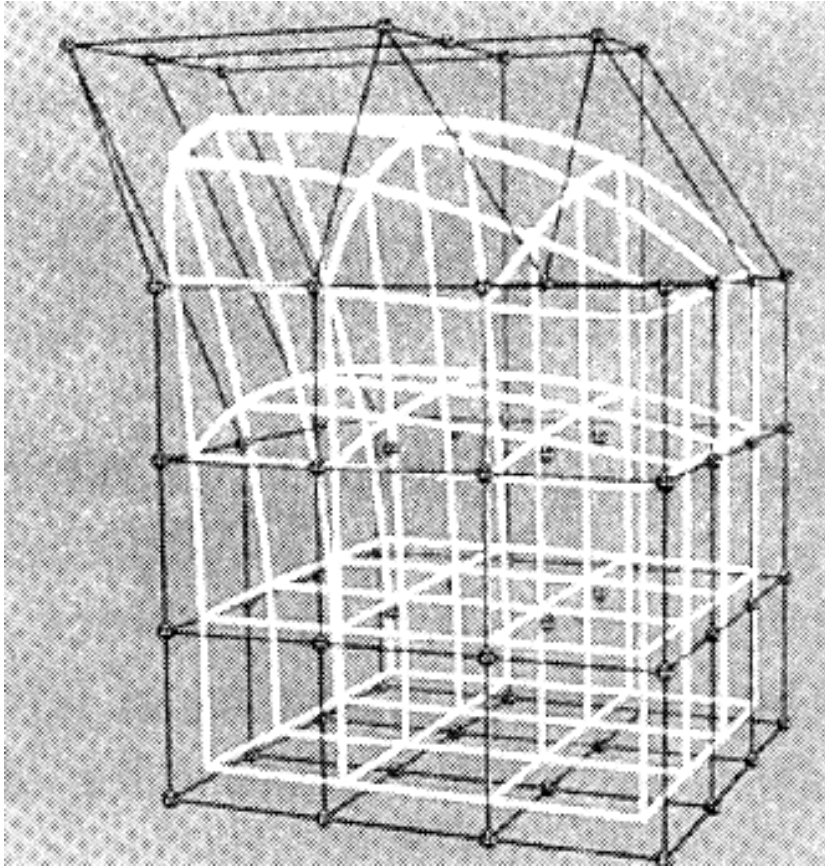
généralisation en 3D de la méthode de la grille => lattice

plus fort : interpolation cubique (Bézier) au lieu de linéaire

le lattice devient un « hyper » patch de Bézier de $16 * 4$ sommets

$$Q(a,b,c) = \prod_{i=0}^3 \prod_{j=0}^3 \prod_{k=0}^3 p_{ijk} B_i(a) B_j(b) B_k(c)$$

- on calcule des coord. locale du point $A(x,y,z)$ à déformer au sein de l'hyperpatch qui le contient : (s,t,u)



- On deforme le FFD en déplaçant des points de contrôle p_{ijk}
- On calcule $Q(u,v,w)$
- puis les nouvelles coord. scène du point

5.6 Animation des déformations

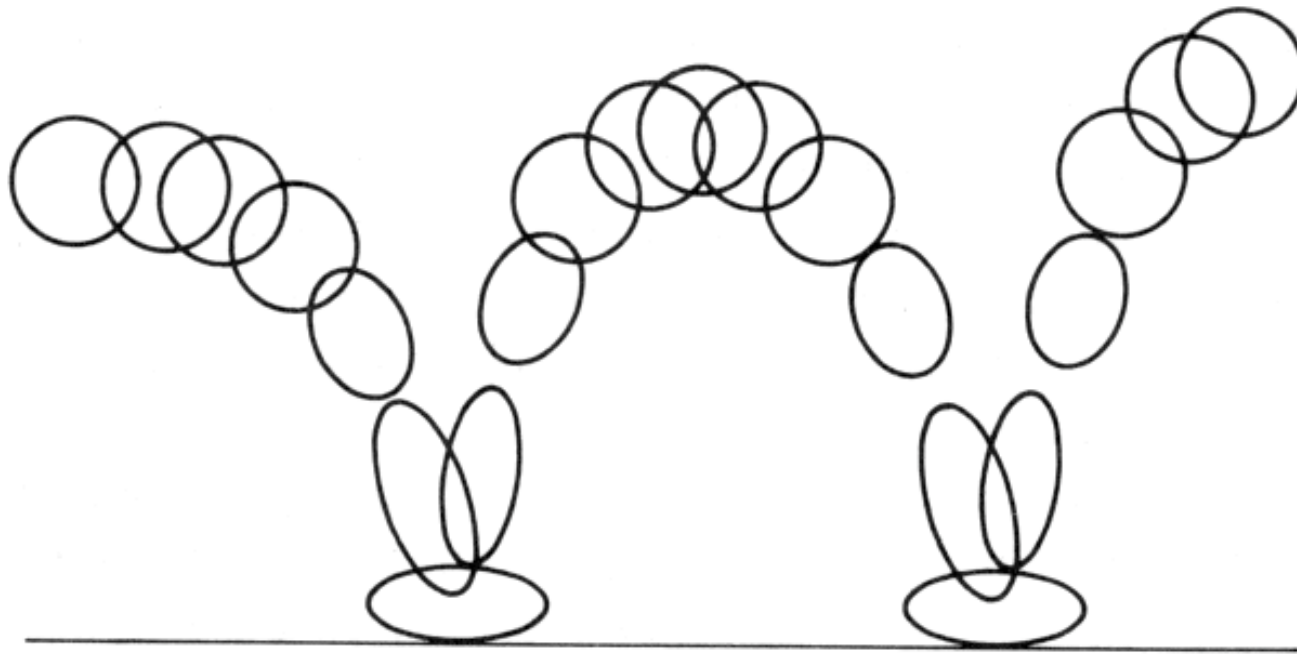


Figure 17.9 The standard example of 'squash and stretch': the bouncing ball.

Utilisation d'une courbe de facteur pour
modifier la grille de déformation dans le temps

