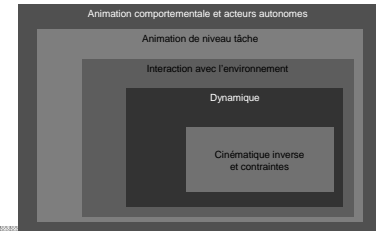


## Environnement

Animation et Multimédia

- 1 : Cinématique inverse et contraintes
- 2 : Dynamique
- 3 : Interaction avec l'environnement
- 4 : Animation de niveau tâche
- 5 : Animation comportementale et acteurs autonomes



Animation et Multimédia

## Sommaire

- Détection de collision
- Planification de trajectoire
- Moteur de marche

Animation et Multimédia

## Impact de l'environnement

Sur le mouvement de l'acteur et inversement

Contrôle adaptatif du mouvement de l'acteur

Les informations disponibles pour le contrôle

Sur l'environnement

Sur l'acteur

Avantage

Moins d'informations à fournir par l'animateur

Nécessite

Représentation efficace de la géométrie des objets

Pour prévenir automatiquement les collisions

Animation et Multimédia

## Quelques problèmes

Planification de trajectoire

Évitement d'obstacles

Traitement des collisions

Détection

Réponse

Animation et Multimédia

## Planification de trajectoire

Exemple

Soit la position de départ de la main d'un acteur virtuel et la position d'objets sur la table, le problème est de trouver la trajectoire à suivre afin de saisir un objet en évitant les obstacles

Pour l'acteur, le problème est très complexe si on tient compte de la non rigidité de l'acteur

Planification de trajectoire, 2 problèmes

La détection de la collision

L'évitement des obstacles

Animation et Multimédia

## Planification de trajectoire

La trajectoire résultante est alors utilisée comme donnée d'entrée au générateur de mouvement  
P.e résolution de contraintes positionnelles basé sur la cinématique

### 1<sup>ère</sup> approche

Détection automatique de collision avec avertissement

Problème de planification automatique de chemin

Revient à calculer un chemin libre de toute collision en ayant uniquement la destination finale comme donnée

Problème classique en robotique

Animation et Multimedia

## 1<sup>ère</sup> classe d'algo: essais/erreurs

Calcule le volume engendré par le déplacement de l'objet mobile le long du chemin

Détermine l'intersection entre le volume engendré et l'obstacle

Si nécessaire, propose 1 nouveau chemin

Ne marche que

Si les obstacles sont rares et disséminés de manière à pouvoir être traités 1 à la fois

Animation et Multimedia

## 2<sup>ème</sup> classe : algo. basés sur des fonctions de pénalité

Fonction de pénalité

Fonction encodant la présence d'objets

Mouvement est planifié

Selon les minima locaux de la fonction de pénalité

Limitations

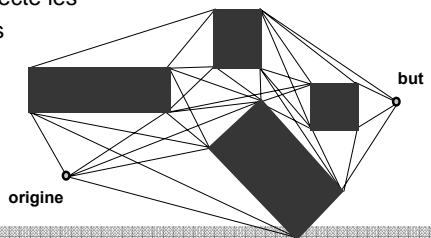
Ne peut être évaluée que pour des formes simples comme des robots sphériques par exemple

Animation et Multimedia

## 3<sup>ème</sup> classe : algo. d'espace libre

Algorithme du graphe de visibilité de Lozano-Perez

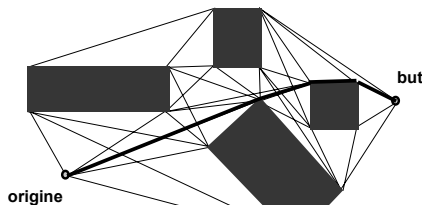
On connecte les sommets qui se voient



Animation et Multimedia

## Le chemin le + court, libre de collisions

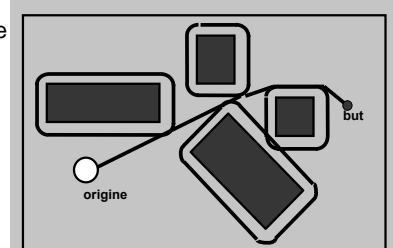
= chemin le + court dans le graphe qui va de l'origine au but



Animation et Multimedia

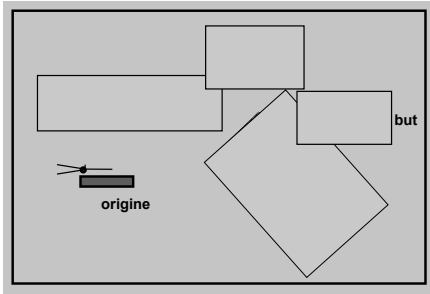
## Extension aux objets mobiles non ponctuels

Les obstacles sont remplacés par de nouveaux obstacles, régions interdites pour un point de référence sur l'objet



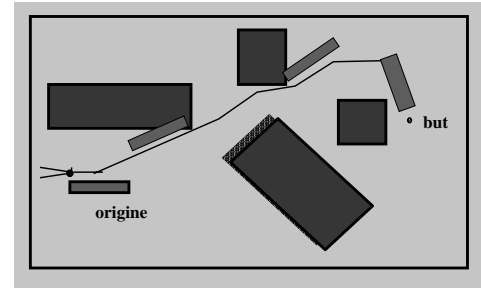
Animation et Multimedia

### Aucun chemin possible entre les obstacles



Animation et Multimedia

### Chemin possible quand l'objet peut tourner



Animation et Multimedia

### Planification de trajectoire

Kaist Univ. (<http://www.kaist.ac.kr/>)



Animation et Multimedia

### Collisions

Deux problèmes

La détection

La réponse

Peut s'appliquer à

Des corps rigides

Des corps déformables

Animation et Multimedia

### Détection de collisions

Établir les interactions existantes dans un groupes d'entités

Chercher les couples d'entités liés par une interaction, et établir les caractéristiques de l'interaction

Quels objets sont en contact l'un avec l'autre, et où se trouve leur point de contact

En général, problèmes de géométrie

Animation et Multimedia

### Détection de collisions

Complexité algorithmique

Algorithme naïf de détection de N objets (test systématique)

For  $i = 1$  to  $N$

For  $j = i+1$  to  $N$

Détection (obj[i], obj[j])

La fonction détecter() est appelée  $N(N-1)/2$  fois

Temps de calculs proportionnel à  $N^2$

Complexité de l'algorithme  $O(N^2)$

Animation et Multimedia

## Détection de collisions

Complexité algorithmique quadratique  $O(n^2)$

Inacceptable pour la plupart des contextes

$100x + d'objets = 10\,000x + \text{de calcul}$

Réduction de la complexité algorithmique

Nécessité d'algorithmes plus ... compliqués !

Algorithme efficace :  $O(n) + O(m \log n)$

( $n$  : nb d'objets) ( $m$  : nb de collisions)

Animation et Multimedia

## Détection de collisions

Principes de réduction de complexité

(4 approches présentée)

Volumes englobants

Si aucune collision avec un volume englobant, alors aucune collision avec les objets contenus dans le volume

Méthodes de projection

Si pas de collision entre les projections des objets, alors pas de collision entre les objets

Animation et Multimedia

## Détection des collisions

Principes de réductions de complexité (suite)

Méthodes de subdivision

Collisions seulement entre les objets dans une même région de l'espace et du temps

Méthodes de proximité

Collisions seulement entre les objets voisins dans l'espace et dans le temps

⇒ Méthodes à combiner à volonté !!!

Animation et Multimedia

## Volume englobant

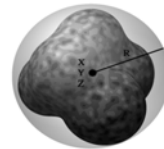
Volumes simples

Sphère englobante

Décrit par un centre et un rayon  
Volume transformable en rotation

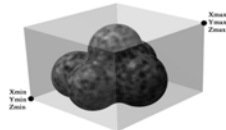
Peu efficace (objets plats ou allongés)

Évaluation compliquée (définir le centre), test très rapides



Boîte englobante

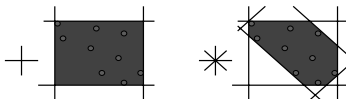
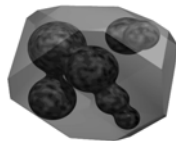
Décrit par deux coins opposés  
En général orienté aux axes  
Évaluation et test très rapides



Animation et Multimedia

Polyèdres englobants (nDOPs)

Généralisation de la boîte englobante  
Selon un nombre arbitraire de directions  
Efficace pour les objets allongés  
Évaluation et test assez rapide

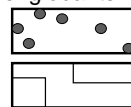


Animation et Multimedia

## Volume englobant

Opérations sur les volumes englobants

Construction



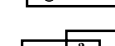
Union



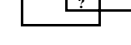
Transformation



Test géométrique



Test d'intersection



Animation et Multimedia

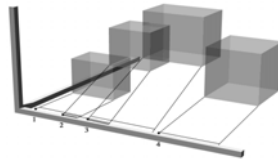
## Méthodes de projection

25

Idée : Tester selon les axes de direction successifs

Combinable avec la méthodes des boites et polyèdres englobants

Optimisation par tri



Animation et Multimedia

## Méthodes de subdivision

26

Grille de subdivision  
(voxels)

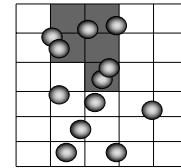
Détection uniquement entre objets qui partagent une même région de l'espace

Construction d'une grille régulière

Chaque case définit une liste

Chaque objet est ajouté aux listes des cases intersectées

Pour chaque case, détection entre objets de la liste



Animation et Multimedia

## Méthodes de subdivision

27

Grille de subdivision  
(voxels)

Choix de la discrétisation de la grille

Trouver un optimum entre le nombre de cases et le nombre d'objets par case

Nombreuses variantes

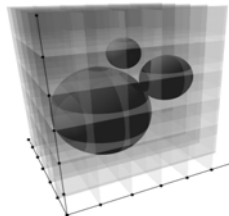
Grilles adaptatives

Grilles régulières

Combinaison de techniques

Boites englobantes

Projections



Animation et Multimedia

## Méthodes de subdivision

28

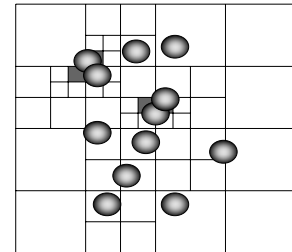
Subdivision récursive

Un volume contenant de nombreux objets est subdivisé récursivement jusqu'à ce qu'un nombre limité d'objets se trouve dans chaque volume

Un volume contient la liste des objets intersectés

Si trop d'objets dans la liste, découper en sous volumes

Pour chaque sous volume, construire la liste des objets intersectés à partir de la liste initiale



Animation et Multimedia

## Méthodes de subdivision

29

Subdivision récursive

Méthode adaptative

Couper chaque cube en huit : Octree

Nombreuses variantes selon le mode de découpage

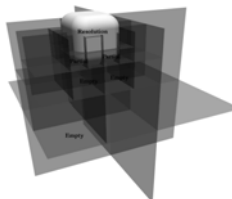
Possibilité de travailler avec des boites englobantes ou bien des objets complexes décrits à des résolutions données

Pour un objet, les voxels qui sont ...

Pleins : contenus dans l'objet

Vides : n'intersectent pas l'objet

Partiels : doivent être subdivisés



Animation et Multimedia

## Subdivision de la scène

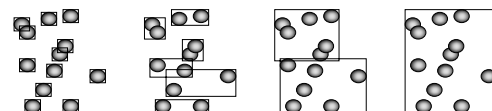
30

Au lieu de découper l'espace,  
⇒ découper les objets

Construire un arbre de la scène

Chaque nœud étant un groupe d'objets

Subdivision récursive



Animation et Multimedia

## Subdivision de la scène

### Subdivision récursive

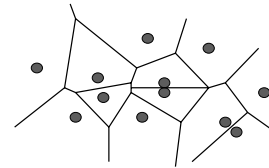
- Combiné aux volumes englobants
- Choix de la méthode de subdivision en fonction des dispositions des objets
- Pour les animations, mise à jour de la subdivision de façon systématique ou pas

Animation et Multimedia

## Méthode de proximité

### Domaine de proximité (Voronoi)

- Détection entre objets voisins uniquement
- Mise à jour des domaines durant les animations



Animation et Multimedia

## Choix de la méthode

### Combiner diverses approches

- Volumes englobants
- Projection
- Subdivision
- Proximité

### Exploiter cohérences et constances

- Animation
- Algorithmes incrémentaux

Animation et Multimedia

## Choix de la méthode

### Volume englobants

- Objets statiques

### Objets en translation

### Objets en déformation complexes

- Boîtes ou polyèdres englobants recalculés systématiquement ou transformés en translation

### Objets en animation rigide

- Sphères englobantes transformées en translation et rotation

Animation et Multimedia

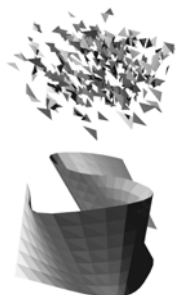
## Choix de la méthode

### Subdivision espace-objet

- « Soupe » de polygones sans structure
- Subdivision spatiale
- Mise à jour en permanence

### Surface polygonale à topologie constante

- Subdivision de l'objet
- Exploitant la constance géométrique locale



Animation et Multimedia

## Combinaison de méthodes

### Plusieurs niveaux de détection

- Quels objets sont en collision ?
- Beaucoup d'objets

- Quels parties de ces objets sont en collisions
- Beaucoup de polygones

⇒ Combinaison d'algorithmes



Animation et Multimedia

## Exemple de détection de collisions



Animation et Multimedia

## L'animation de niveau tâche

Actions spécifiées que par leurs effets sur les objets  
Comme dans les systèmes robotiques de niveau tâche

Les commandes sont transformées en instructions de + bas niveau

Script pour de l'animation procédurale  
Valeurs-clés pour une approche paramétrique

Exemples de tâches pour des acteurs virtuels

Marche d'un point à un autre  
Préhension d'un objet à un endroit et déplacement à un autre endroit  
Dire une phrase ou avoir une émotion

Animation et Multimedia

## Planification de tâches

Cœur d'un système d'animation de niveau tâche

Le planificateur de tâche

1 problème majeur en robotique et en I.A.

La complexité du problème est directement liée à la généralité du monde virtuel de l'acteur

i.e + de possibilités = + de problèmes

Soit une description de tâches

Problème : *Comment décomposer la tâche en séquence de mouvements élémentaires ?*

Animation et Multimedia

## Moteur de marche

Produit à n'importe quel instant les valeurs

Des paramètres spatiaux

Temporels

Des articulations

Pour la marche humaine libre avec caractéristiques moyennes

Un modèle biomécanique

Animation et Multimedia

## Moteur de marche

Valeurs spatiales normalisées par la hauteur de la cuisse ( $H_t$ )

Caractéristique fondamentale de la marche

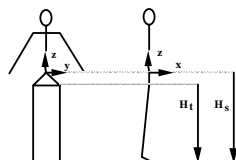
$H_t$  : longueur entre l'axe de flexion de la cuisse et la semelle du pied

Valeur moyenne =

53% de la hauteur totale

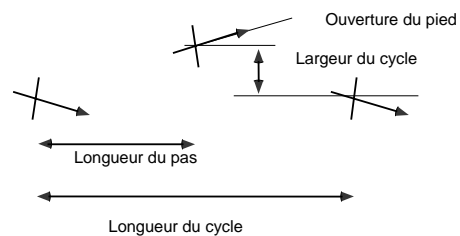
de l'être humain

(selon Kreighbaum-Barthels 1985)



Animation et Multimedia

## Structure spatiale du cycle de marche



Animation et Multimedia

## Caractéristiques de la marche humaine

Vitesse relative théorique,  $RV$

$$RV = V / Ht$$

avec  $V$  : vitesse moyenne du système de coordonnées du corps

La + importante :

Longueur relative du cycle  $RLc$  obtenue de la formule de normalisation de Inman et al (1981)

$$RLc = 1.346 \sqrt{RV}$$

2 autres caractéristiques

Largueur relative du cycle :

$$Rwc = 0.02 RV + 0.05$$

Angle d'ouverture du pied (en degrés) :

$$Of = -1.4RV + 8.5$$

Animation et Multimedia

## Variation on Inman Law

Ligne droite

Fréquence (vitesse)  
différente pour les  
deux petits monstres



Ronan Boulic VRLab-EPFL

Animation et Multimedia

## Structure temporelle du cycle de marche

$Dc$  : durée de cycle

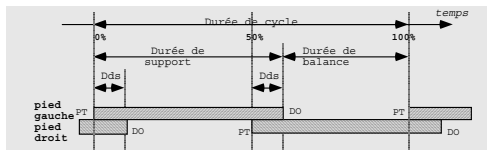
$PT$  : instant où le talon touche le sol

$DO$  : instant où l'orteil quitte le sol

$Ds$  : durée de support (durée pied est en contact avec le sol)

$Db$  : durée de balance (durée pied n'est pas en contact avec le sol)

$Dds$  : durée pendant laquelle les pieds touchent le sol



Animation et Multimedia

## Caractéristique temporelle fondamentale

Durée du cycle

$$Dc = RLc / RV$$

Selon Murray et al. (1964)

Autres caractéristiques temporelles dépendent linéairement de  $Dc$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Durée du support} \\ \text{Durée de la balance} \end{array} \right\} Dc$$

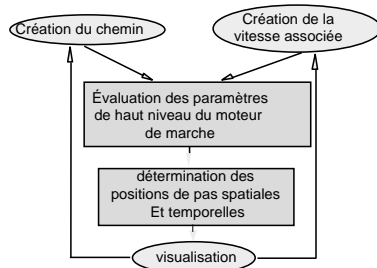
$$Ds = 0.752 Dc - 0.143$$

$$Db = 0.248 Dc + 0.143$$

$$Dds = 0.252 Dc - 0.143$$

Animation et Multimedia

## Marche « courbe »



Animation et Multimedia