

Cours animation et multimédia:

Hiver 2005-2006

Animation Traditionnelle:	5
Non-temps réel vs temps réel:	6
Histoire de l'AAO 2D:	6
Histoire de l'AAO 3D:	6
Principales méthodes d'animation par ordinateur:	6
Animation basée sur la capture de mouvements:	6
Les systèmes de captures:	7
Avantages et désavantages des systèmes de capture de mouvement:	8
Animation par image clé:	8
P-courbes : éviter les discontinuités temporelles	8
Transformation de formes: Morphing	8
Distorsion:	9
Morphing 3D:	9
Spline:	9
Conclusion:	9
Rappel:	10
Introduction aux corps articulés et aux acteurs de synthèse	10
Animation de corps articulés:	10
Types d'angles anatomiques:	10
Animation d'un squelette	10
Mouvement à la main	10
Points fixes	11
Abstraction fonctionnelle	11
Contrôle automatique du mouvement	11
Cinématique	11
Cinématique directe et inverse	11
Hiérarchie d'animation	11
Cinématique directe	12
Cinématique inverse	12
Algorithme	12
Limitations de la solution analytique	12
Cinématique inverse numérique	13
Définition du Jacobien	13
Inverse du Jacobien J	13
Problème de redondance	13
Domaines d'application	13
Contraintes (cinématique inverse)	14
Défauts de la cinématique inverse	14

Cours d'Animation et Multimédia à l'université de Genève

Chargé de cours : Stephane Garchery

Resumé en février 2006 par Ahmet Gyger

www.metah.ch

Combinaison de tâches avec différentes priorités	14
Simulation dynamique et contraintes	15
Dynamique	15
Pourquoi la dynamique	15
Dynamique de corps articulés	15
Avantage de l'utilisation de la dynamique	15
Problèmes	15
Méthode basées sur des ajustements de paramètres	16
Mouvement d'un personnage	16
La formulation de Newton – Euler	16
La formulation de Lagrange	16
Solutions	16
Etude de cas	17
Modélisation du volume de l'humain	17
Primitives volumiques	17
Avantages de cette modélisation	17
Inconvénients	17
Problème majeur en contrôle du mouvement	18
Dynamique directe et inverse	18
Simulation en dynamique directe	18
Algorithme d'Armstrong-Green	18
Dynamique inverse	19
2 processus opposés	19
Contrôle avec dynamique inverse	19
Animation basé sur la dynamique : systèmes de particules	19
Principe	19
Fonctionnement global	20
Génération	20
Cycle de vie	20
Attributs des particules	20
Contrôle et évaluation d'une particule	20
Types de forces	21
Force unaire : la gravité ($f = mg$)	21
L'amortissement ($f = -k_a v$)	21
Ressort point fixe ($f = -k(x - x_0)$)	21
Champ de forces ($f = k v_{wind}$)	21
Force binaire : ressort	21
Attraction, répulsion	22
Contact	22
Détection de collision	22
Force de contact	22
Réponse à la collision	22
Méthodes de résolution numérique	22
Méthode d'Euler	22
Méthode du point milieu	23

Pas variable adaptif	23
Rendu des particules.....	23
Systèmes masses-ressorts	23
Environnement.....	24
Impacte de l'environnement	24
Quelques problèmes	24
Planification de trajectoire	24
1 ^{ière} classe d'algorithme : essai / erreurs.....	24
2 ^{ième} classe d'algorithme basé sur des fonctions de pénalité	25
3 ^{ième} classe d'algorithme d'espace libre	25
Extension aux objets mobiles non ponctuels	25
Collisions	25
Détection des collisions	25
Principe de réduction de complexité	26
Volume englobant	26
Méthode de projection.....	27
Méthode de subdivision.....	28
Subdivision de la scène.....	29
Choix de la méthode.....	29
L'animation de niveau tâche.....	29
Planification des tâches	29
« Flocking » Comportement autonome et de groupe	30
Qu'est-ce qu'un flock ?	30
Pourquoi modéliser des groupes ?.....	30
Caractéristiques d'un flock	30
Les boids.....	30
Déplacement	31
Mouvement de groupe.....	31
Système de perception.....	31
Perception	31
Flocking : 3 comportements.....	31
Prise en compte des comportements	32
Recherche et fuite.....	32
Poursuite et évitement	32
Arrivée	32
Évitement d'obstacles.....	32
Évitement de collision	32
Champ directionnel	33
Suivi d'un leader	33
Les poissons.....	33
Modèle physique du poisson.....	33
Mécanique.....	33
Comment nager	34
Contrôleurs de déplacement.....	34
Perception sensorielle.....	34

État mental	35
Satisfactions des besoins.....	35
Différents types de poissons	35
Pacifiques.....	35
Déformation faciale en temps réel	36
Animation faciale.....	36
Domaines d'applications	36
Non temps réel vs temps réel	36
Processus de l'animation facial.....	36
Etat de l'art.....	36
L'interpolation.....	36
La simulation de l'anatomie faciale	37
Les pseudos muscles.....	37
Les systèmes de paramétrisation	37
Critère d'évaluation.....	38
Objectifs.....	38
Les différentes approches	38
Les problèmes	38
Définition de la métrique.....	39
Juxtaposition des régions.....	39
Points de contrainte	39
Déformation par Morph target.....	39
Points de contraintes vs morph target.....	40
Animation faciale.....	40
4 techniques d'animations	40
Simulation des cheveux.....	41
Systèmes de particules.....	41
Textures volumétrique.....	41
Cantilever – critique.....	41
Les problèmes de la simulation.....	42
Dualité solide – liquide des cheveux.....	42

Histoire de l'animation : Lanternes magiques (appareil optique qui permet de créer une image illuminée sur une surface. connues déjà depuis l'Egypte antique). 1894 : Invention de la 1^{ière} caméra par les frères Lumières.

Les concepts de l'animation : Squash and stretch: définir la matière d'un objet ou d'un personnage en le déformant. Timing: Placement temporelle des actions. Anticipation : Préparation d'une action Staging : Presenter de façon claire une idée Follow through and overlapping action : fin d'une animation et mise en contact avec la suivante. Slow in and slow out: Espacement des dessins entre eux Arcs: forme de la trajectoire du mouvement lors d'une action naturelle Exagération : accentuation Secondary action: qui résulte d'une autre action Appeal: qui donne du plaisir a ceux qui le regarde Solid drawing: apprendre a bien dessiner.

Principes de base en animations:

Simulation graphique et animation par ordinateur :

Importance du temps dans l'évolution des phénomènes (réactions chimiques, mouvement des fluides, gaz,...) Expérimentation souvent coûteuse, voire impossible (collision de voiture).

Les simulations graphiques de phénomènes reposent sur les techniques d'animations.

Animation: définition

Modification de la scène au cours du temps.

Scène 3D composée de 3 types d'entités (objets, cameras, lumières)

Pour les objets (position, orientation, taille, forme, couleur, transparence, densité,intensité)

Pour les cameras (position de l'observateur, point d'intérêt, angle de vue)

Pour les sources de lumières (intensité, position, couleur, type [ponctuelle, diffuse])

Animation Traditionnelle:

Projection a cadence rapide d'une suite d'image Presque identique pour simuler le mouvement ou une transformation.

- Différentes étapes de l'animation:
 - o Création des dessins

Cours d'Animation et Multimédia à l'université de Genève

Chargé de cours : Stephane Garchery

Resumé en fevrier 2006 par Ahmet Gyger

www.metah.ch

- Création des mouvements
- Coloriage et le gouachage
- Le tournage
- La postproduction puis les effets spéciaux
- Mêmes concepts applicables à l'animation assistée par ordinateur

Non-temps réel vs temps réel:

- Animation temps réel : calcule des mouvements suffisamment vite pour les montrer à la bonne vitesse.
- Animation image par image : calcul des images et enregistrement sur la bande vidéo, visualisation ou projection à cadence rapide (25 img/sec)

Histoire de l'AAO 2D:

1^{ier} systèmes d'animation : basés sur des commandes et non graphiques
 Très tôt apparaissent des systèmes temps réel permettant de définir interactivement
 Les trajectoires et les mouvements.
 Palette électronique : facilite la définition des mouvements
 Systèmes commerciaux d'animations 2D.

Histoire de l'AAO 3D:

Premiers films 3D par programmation
 Systèmes d'animation 3d interactifs basés sur des positions clés
 Systèmes à position-clés limités pour mouvements complexes
 Introduction de systèmes basés sur la physique

Principales méthodes d'animation par ordinateur:

Interpolation de formes ou animation par image.clés
 Animation par interpolation paramétrique
 Animation procédurale ou algorithmique
 Animation basée sur la capture de mouvements

Animation basée sur la capture de mouvements:

But: mesurer et enregistrer des actions directes d'un acteur réel pour analyser et répliquer en temps réels ou non.

Problèmes:

- Implique de faire correspondre le mouvement du personnage digital aux mesures de mouvements

Cours d'Animation et Multimédia à l'université de Genève

Chargé de cours : Stephane Garchery

Resumé en fevrier 2006 par Ahmet Gyger

www.metah.ch

- La correspondance peut être directe (mouvement du bras) ou indirecte (mouvement de la souris actionnée par le bras)

Les systèmes de captures:

- Mécanique
 - Marionnettes digitales (souris, joystick, datagloves)
 - *L'information fournie par la manipulation de tels dispositifs est utilisée pour contrôler la variation des paramètres d'animation au cours du temps pour chaque caractéristique de l'acteur virtuel.*
- Magnétique
 - Demande qu'une personne porte un ensemble de capteurs magnétiques
 - Capteurs capables de mesurer leur relation spatiale par rapport à un transmetteur magnétique centralisé
 - Position et orientation de chaque capteur utilisé ensuite pour faire mouvoir l'acteur digital
 - Besoin de synchronisation des récepteurs
 - Les données en provenance des récepteurs et transmirent à l'ordinateur sont les positions et orientations de chaque capteur par rapport à une position d'initialisation
 - Pour les mouvements du corps humain on a besoin de 11 capteurs (tête, 2 bras, 2 mains, 1 poitrine, 1 bas du dos, 2 cheville, 2 pieds)
 - On utilise la cinématique inverse pour calculer le reste des informations
 - Avantages :
 - Coût réduit
 - Vieille technique
 - Traitement en temps réel des données possibles
 - Problème :
 - Câblage pouvant gêner les mouvements
 - Position relative à la calibration
 - Imprécision magnétique (bruit)
- Optique
 - Basés sur des petits capteurs réflectifs appelés marqueurs et attachés au corps de la personne réelle et focalisé sur la scène
 - En repérant les positions des marqueurs, on peut obtenir les positions correspondantes pour le modèle animé
 - Reconstruction des positions 3D de chaque point clé à chaque instant, donnant ainsi les trajectoires des marqueurs de la scène
 - Avantage:
 - Liberté de mouvement : pas de câble
 - Permet de tracer la trajectoire de n'importe quoi
 - Problèmes:
 - Quand il y a occlusion (manque de données à cause de marqueurs cachés)

Cours d'Animation et Multimédia à l'université de Genève

Chargé de cours : Stephane Garchery

Resumé en février 2006 par Ahmet Gyger

www.metah.ch

- Difficile de distinguer 2 marqueurs quand ils sont trop proches lors d'un mouvement
- Peut être réglé en ajoutant des caméras (si 2 caméras peuvent voir un capteur sa position 3D peut être trouvé)
- La plupart des systèmes fonctionnent avec 4-6 caméras

Types d'applications:

Biomécanique, analyse de la marche, motor control, réhabilitation, sport science, animal motion, ergonomics and human factors.

Avantages et désavantages des systèmes de capture de mouvement:

- Mouvement de marche humaine peut être enregistré et ensuite appliqué à un acteur digital, donne du réalisme.
- Cependant, capture de mouvement n'apport pas de concept nouveau à la méthodologie d'animation
- Capture de mouvement donc pas possible:
 - Dans les simulations en temps réels ou les actions des personnages ne peuvent pas être prédit.

Animation par image clé:

Série d'image à des temps données, l'ordinateur calcule les images intermédiaires par interpolation.

Problème : Si les 2 dessins n'ont pas le même nombre de sommets.

P-courbes : éviter les discontinuités temporelles

- Technique due a Ronald Baecker (1969)
- Définissent des courbes décrivant la trajectoire d'un objet et la variation de la vitesse
- Dans les P-courbes, les points sont non-équidistants dans l'espace, mais dans le temps
- Quand 2 points sont proches, la vitesse est plus petite que quand ils sont distants (contrôle graphique du mouvement)

Transformation de formes: Morphing

- Il faut remarquer que c'est une extension des méthodes de transformation de positions clés aux images
- La méthode peut s'effectuer sur des objets 2D ou 3D
- Pour le morphing 2D, on déforme l'image en se basant sur une distorsion (warping)

Distorsion:

- On applique une grille et on la déforme selon des points choisis
 - o Par points : utilisation de points de correspondance sur les 2 images + fonction radiale pour déformer autour des points
 - o Par lignes: plus souvent utiliser pour le morphing

Morphing 3D:

- La méthode est plus complexe quand le nombre de sommets et de facettes ne correspondent pas entre les 2 objets.
- Des sommets et des facettes doivent être ajoutés de manière à avoir le même nombre pour les 2 objets.
- Ainsi, d'autres méthodes traitant du morphing 3D utilisent des données volumétriques (morphing de volume)

Spline:

- *A smooth, continuous function used to approximate a set of functions that are uniquely defined on a set of sub-intervals, it insures a high degree of accuracy in the approximation, to allow move without jerky motion.*
- Continuité du mouvement en direction et vitesse pas toujours souhaitée
- Ainsi animation de balle rebondissant sur un mur demande introduction de discontinuité du mouvement d'impact
- On ne veut pas voir la balle freiner avant de rencontrer le mur

Conclusion:

Les 3 méthodes (images-clés, interpolation paramétrique, animation procédurale) peuvent être décrites de façon plus uniforme et intégrée. un objet animé est caractérisé par un ensemble de variables d'état qui dirigent le mouvement. L'évolution de ces variables d'état est définie par une loi d'évolution.

<i>Type d'animation</i>	<i>Variable d'état</i>	<i>Lois d'évolution</i>
<i>Images-clés</i>	<i>Sommets</i>	<i>Interpolation linéaire Interpolation de spline Interpolation de Reeves</i>
<i>Interpolation paramétrique</i>	<i>Paramètres</i>	<i>Interpolation linéaire Interpolation de spline</i>
<i>Animation procédurale</i>	<i>Paramètres</i>	<i>Lois physiques</i>

Rappel:

- Déformation faciale:
 - o Déformation du skin
 - o Modélisation anatomique
- Animation faciale
 - o Systèmes de paramétrisation
 - o Processus

Introduction aux corps articulés et aux acteurs de synthèse

Animation de corps articulés:

Personnage, robots : caractérisé par un squelette.

Squelette : ensemble de segments connectés, correspondant aux membres et articulations.

Articulation : intersection de 2 segments (point du squelette où un membre peut bouger).

Angle entre 2 segments : angle d'articulation

Types d'angles anatomiques:

- Une rotation peut se décomposer en 3 angles (dits degrés de libertés DDL).
Décomposition en angles d'Euler
- Dénomination biomécanique:
 - o Flexion : rotation d'un membre dans le frontal
 - o Abduction : Rotation dans le plan sagittal (coupe verticale)
 - o Torsion : rotation selon l'axe d'un membre distal.

Animation d'un squelette

Consiste à animer :

- Les angles des articulations
- La position et l'orientation globale

2 tendances :

- Mouvement produit « à la main », posture clés, capture de mouvement
- Contrôle automatique du mouvement

Mouvement à la main

Capture du mouvement, l'animation paramétrique par positions-clés.

Dans l'animation par interpolation on fournit à l'ordinateur un certain nombre de valeurs d'angles (valeurs clés) à des temps données pour les parties du squelette à animer. On doit utiliser des points fixes.

Cours d'Animation et Multimédia à l'université de Genève

Chargé de cours : Stéphane Garchery

Résumé en février 2006 par Ahmet Gyger

www.metah.ch

Points fixes

Points non animés dans la séquence d'animation
Correspondent généralement aux points d'appui.

Ces techniques (capture et position clé) nécessitent qu'un designer spécifie en détail tout les mouvements (=long).

Aucune interaction avec l'environnement, tout doit être prévue par le designer.

La solution est l'**abstraction fonctionnelle**.

Abstraction fonctionnelle

Consiste à diriger l'animation en terme de but à atteindre plutôt que de mouvements détaillés.

= animation par tâches et animation comportementale.

Contrôle automatique du mouvement

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

Cinématique

Étude du mouvement indépendamment des forces qui produisent ce mouvement

Propriétés du mouvement reliées au temps et à la géométrie

- Position
- Direction
- Vitesse
- Accélération

Cinématique directe et inverse

- Cinématique directe : spécifie le mouvement de toutes les articulations, travail dans l'espace articulaire
- Cinématique inverse : spécifie seulement la position des terminaisons (position des mains, pieds), travail dans l'espace cartésien. Calcul les orientations de toutes les articulations.

Hierarchie d'animation

Suite de nœuds articulations organisée sous forme d'arbre, le mouvement est transmis aux descendants, la topologie indique la mobilité de la structure, la géométrie indique le placement spatial des nœuds.

Chaque nœud possède une matrice de transformation qui le connecte à son parent.

Cours d'Animation et Multimédia à l'université de Genève

Chargé de cours : Stephane Garchery

Resumé en fevrier 2006 par Ahmet Gyger

www.metah.ch

Animer un modèle correspond à descendre l'arbre et à accumuler les transformations

Cinématique directe

Méthodes efficaces et numériquement valables

- Trouver la position et l'orientation d'une extrémité :
 - o Par rapport à un système de référence
 - o En fonction du temps
 - o Sans tenir compte des force et des moments en jeu
- Correspond à $x = f(q)$

Interactif, grande liberté de contrôle et simplicité

Exemple dans 3ds max : interface graphique permet de visualiser et de modifier la valeur des articulations d'un squelette.

Mais devient difficile à contrôler quand le nombre de points augmente

Cinématique inverse

Commandes de haut niveau

Automatique, Calcul des mouvements pour atteindre un point donné

Solution difficile à calculer si on augmente la complexité (nombre de points et de degré sur chaque joint)

Difficile de calculer un mouvement qui semble naturel

Algorithme

Commencer avec le joint le plus proche de l'objectif

- 1- Calculer le vecteur F entre le segment et l'objectif
- 2- Calcul le produit scalaire entre ce vecteur F et le vecteur perpendiculaire $\otimes$ à l'axe de rotation du segment
- 3- Multiplier cette par un réducteur
- 4- Ajouter cette contribution à l'angle du joint
- 5- Répéter l'opération pour tous les joints, en itérant

Limitations de la solution analytique

- Non fonctionnelle
 - o Quand l'espace de solution est grand

Cours d'Animation et Multimédia à l'université de Genève

Chargé de cours : Stéphane Garchery

Resumé en février 2006 par Ahmet Gyger

www.metah.ch

- Quand l'objectif n'est pas atteignable
- Solution
 - Cinématique inverse par méthode numérique

Cinématique inverse numérique

- Cinématique directe (rappel)
 - $x = f(q) = (f_1(q), f_2(q), \dots)$
- Cinématique inverse
 - $q = f^{-1}(x)$

Problème : comment trouver f^{-1} sachant que $f()$ est non linéaire ?

Idée : approximation linéaire de f^{-1} .

Définition du Jacobien

Le Jacobien trouve son emploi dans la résolution des équations différentielles dans le calcul des intégrales multiples, en géométrie différentielle.

Il donne une approximation linéaire de $f()$, il donne approximativement le déplacement Δx quand on change le paramètre Δq_i du joint i .

Inverse du Jacobien J

Donne une approximation linéaire de $f^{-1}()$

Plusieurs méthode pour calculer cette inverse

- Pseudo-inverse
 - Lente, numériquement instable
 - Équilibrée en terme de distribution des contributions
 - Permet d'ajouter d'autres types de contraintes
- Transposée du Jacobien
 - Approximation compensée par méthode des « petits-pas » avec itérations
 - Favorise les joints distants de l'objectif
 - Converge plus lentement

Problème de redondance

Trop de possibilités et l'animateur doit fournir plus d'informations.

Quelle est la solution la plus naturelle ?

Comment spécifier ce choix ?

Pour un bras 2D à 3 articulations, il y a au plus 4 solutions

En général : **N° de liberté $\rightarrow$ 2ⁿ solutions**

- **d**
-

Domaines d'application

Espace atteignable d'un acteur virtuel

Volume de l'espace que l'extrémité du membre de l'acteur peut atteindre

Cours d'Animation et Multimédia à l'université de Genève

Chargé de cours : Stephane Garchery

Resumé en février 2006 par Ahmet Gyger

www.metah.ch

Le but spécifié doit être dans l'espace atteignable

2 types d'espace de travail

- Espaces de travail complet (que l'acteur peut atteindre dans toutes les orientations possibles)
- Espaces de travail que l'acteur peut atteindre dans au moins une direction.

Les possibilités pour un corps articulé pour atteindre des positions et orientations générales dépend du nombre N de ° de liberté de la chaîne articulée.

Contraintes (cinématique inverse)

- Pour faire asseoir une actrice virtuelle
 - o Il faut spécifier des contraintes adéquates sur les pieds, le bassin et les mains
- Système avec une seule contrainte concurrente : pas efficace pour résoudre le problème
- Ajouts de contraintes multiples avec la cinématique inverse
 - o Spécifier la précédente de chaque contrainte pour le cas où elle ne peut pas être satisfaite simultanément
 - o Contrainte fixe sous forme de position 3D et de 3 angles décrivant les orientations (contrainte = position, orientation)
 - o Une trajectoire 6D (3 pour les positions, 3 pour les orientations)

Défauts de la cinématique inverse

Fonctionne mal pour les longues chaînes

Problème de choix lorsque plusieurs possibilités, l'animateur doit alors intervenir ou laisser le système faire un choix. Difficile de mettre en jeu l'épaule et les doigts.

Ne tient pas compte des lois physiques.

Prise en compte des masses :

- avantage de tenir compte de l'équilibre
- Ainsi un personnage ne pourra se pencher trop comme avec la cinématique inverse.

Combinaison de tâches avec différentes priorités

L'ordre des priorités est :

- Contrainte des pieds
- Contrainte d'équilibre
- Regarder la balle
- Atteindre la balle

Cours d'Animation et Multimédia à l'université de Genève

Chargé de cours : Stéphane Garchery

Résumé en février 2006 par Ahmet Gyger

www.metah.ch

Simulation dynamique et contraintes

Dynamique

Utilise, forces, mouvements des forces, masses des objets

Pourquoi la dynamique

Les systèmes cinématiques sont intuitifs, mais

- manque d'intégrité dynamique
- ne correspondent pas aux lois physiques : gravité et inertie

Prise en compte des forces et des moments de forces : accélérations linéaires et angulaires

Mouvement obtenu par équation de la dynamique, Forces, moments de forces, contraintes et masses des objets.

Dynamique de corps articulés

- Squelette articulés : subissant forces et moments de force à ses membres
- Différents type de force et moment
 - o Moments de forces des liens hiérarchiques (parents, enfants)
 - o Forces au pivot
 - o Effets externes (contact avec des objets ou effets de bras de levier)
- Contrôle de l'animation
 - o Forces et moments de forces = causes du mouvement

Avantage de l'utilisation de la dynamique

Libère l'animateur de la description des mouvements dus aux lois physiques (gravité)

L'animation des phénomènes est plus réaliste du moins de point de vue physique

Les corps peuvent réagir automatiquement à des contraintes internes et externes telle que

- des champs
- des collisions
- des forces ou des mouvements

Problèmes

Généralement + difficile à utiliser pour un animateur. Paramètre des forces et moments difficiles à ajuster, non intuitif.

Temps de calcul élevé, résoudre les équations du mouvement d'un corps articulé, utilisation de méthodes numériques
Mouvement trop réguliers ne tiennent pas compte de la personnalité des personnages.

Méthode basées sur des ajustements de paramètres

Les plus populaires en animation : basé sur la dynamique, méthodes sans contraintes.

Méthodes basées sur des contraintes :

- Animateur spécifie seulement les contraintes (cinématique, dynamique, énergétique, espace-temps)
- Contrainte = propriété du modèle
- Le système en déduit les paramètres

Mouvement d'un personnage

Gouverné par forces et moment, appliqués aux membres, moments provenant de liens entre les parents et les enfants (propagation du mouvement). Forces internes, effets externes comme les contacts avec les objets

La formulation de Newton – Euler

Elle est basée sur les lois gouvernant la dynamique des corps rigides. La procédure est la suivante :

- Pour chaque segment
 - o Ecrire les équations définissant vitesses et accélérations angulaires et linéaire
 - o Ecrire les équations décrivant forces et moments de forces exercés sur les segments
- Eq Newton : force liée au mouvement linéaire ($F = m.a$)
- Eq Euler : force liée au mouvement angulaire ($N = J \alpha + \omega \times (J \omega)$)

La formulation de Lagrange

Equation du mouvement pour robots

Energies cinétique et potentielle exprimées en termes de matrices et de leurs dérivées, équation de Lagrange est facilement appliquée, donne les forces généralisées

Equation très coûteuse en temps de calcul (n^4 du nombre de liens dans le corps articulé)

Solutions

Hollerbach a proposé méthode récursive, réduit significativement le nombre d'équation

Cours d'Animation et Multimédia à l'université de Genève

Chargé de cours : Stephane Garchery

Resumé en février 2006 par Ahmet Gyger

www.metah.ch

Armstrong et al. Ont conçu un système basé sur la dynamique, pratiquement en temps réel

Pour réduire le temps de calcul, hypothèses simplificatrices, structure des figures simplifiée.

Etude de cas

Humain :

Utilise les muscles pour convertir l'énergie emmagasinée

Forces et moments de force varient au cours du temps (agissent sur les squelettes et les articulations).

Pas un objet passif comme une simple chaîne articulée (n'est pas commandée que par les forces et des moments externes)

Problème : Comment trouver les forces et moments variant au cours du temps avant d'utiliser la dynamique directe ?

Modélisation du volume de l'humain

Masse de chaque volume : obtenue par des études biomécaniques

Approximation des membres par 15 primitives (cylindre, sphères, ellipsoïdes et cônes tronqués)

Calcul des propriétés géométriques et physiques (simplifié par cette approximation
Considérées comme rigides pour la dynamique)

Primitives volumiques

Liées par les articulations de la structure hiérarchique

Leurs positions & orientations décrivent le mouvement

En un système de coordonnées associé :

- origine = point charnière avec le segment parent
- qui se déplace avec le segment

Avantages de cette modélisation

Propriétés géométriques et physiques

Locales au segment

Ne chagnent pas à cause de la rigidité du solide

Formules exprimées

Dans le système de coordonnées du segment

Simplifie les calculs

Connexion avec un seul système de coordonnées

Inconvénients

Très difficile de représenter

Cours d'Animation et Multimédia à l'université de Genève

Chargé de cours : Stephane Garchery

Resumé en février 2006 par Ahmet Gyger

www.metah.ch

Des nombres différents de DDI à chaque joint (correspondance avec l'anatomie réelle du modèle ?)

Problème majeur en contrôle du mouvement

Obtenir la valeur de force

- Produit par l'activité musculaire sur l'articulation

- Pour effectuer le mouvement désiré

- Variable au cours du temps

Formulation sur la dynamique inverse

- Basée sur l'équation de Newton-Euler

- Pour obtenir les valeurs de force et de moment

- En fonction du temps

- Pour paramétrer la simulation en dynamique directe

Dynamique directe et inverse

Dynamique directe :

- Trouver les trajectoires de points (une extrémité d'un membre)

- Connaissant forces et moments qui causent le mouvement

Dynamique inverse :

- Déterminer les forces et les moments de forces

- Nécessaire pour produire un mouvement prédéterminé

Simulation en dynamique directe

Algorithme d'Armstrong-Green

- Le plus utilisé

- Basé sur les formulations de Newton-Euler

2 hypothèse de simplification

- On assume une relation linéaire entre l'accélération linéaire et la valeur

d'accélération linéaire du segment et la valeur d'accélération angulaire induite

- On assume une relation linéaire entre l'accélération linéaire et la réaction sur le parent enfant.

Permet de éviter l'inversion de matrice de dimensions > 3

Algorithme d'Armstrong-Green

Divisé en 2 sous processus opposés (Ascendant et descendant)

- Processus ascendant

- Calcul des matrices et vecteurs à partir de la structure géométrique et physique du système

- Propage la force et le moment le long de chaque segment à partir des feuilles jusqu'à la racine de la hiérarchie

- Processus descendant calcule

Cours d'Animation et Multimédia à l'université de Genève

Chargé de cours : Stephane Garchery

Resumé en février 2006 par Ahmet Gyger

www.metah.ch

- Quantité cinématiques, accélérations linéaire et angulaire de chaque segment
- Vitesse linéaire et angulaire par intégration numérique afin de mettre à jour la structure entière

Dynamique inverse

Formulation récursive

Basé sur les équation de Newton-Euler

Pour tirer parti de leur efficacité de calcul

Avantage

Temps de calcul croît linéairement avec le nombre de joints

Construction des formulations pour le modèle humain

Même approche qu'en robotique

Série d'équations pour chaque segment

Utilisant les forces et les moments contraints (pour garantir la bonne connexion des segments)

2 processus opposés

- Récursion vers l'avant
 - On part du système de coordonnées inertiel vers le système de coordonnées de l'extrémité pour propager l'information cinématique
- Récursion vers l'arrière
 - Propage les forces et les moments de force exercés sur chaque segment dans la direction opposée

Contrôle avec dynamique inverse

L'utilisation de la dynamique inverse en étroite relation avec la dynamique directe est un moyen clé d'obtenir le résultat souhaité.

Animation basé sur la dynamique : systèmes de particules

Principe

Un objet est représenté par un nuage de primitives géométriques qui définissent l'espace qu'il occupe plutôt que de délimiter son contour.

Un système de particules est dynamique :

- Les particules changent de forme, de couleur et de position au cours du temps
- L'objet ainsi modélisé n'est pas déterministe
 - Il n'a pas de forme précisément spécifiée
- Sa forme évolue au cours du temps en fonction d'interactions extérieures qui sont appliquées sur les particules du système et qui contrôlent les déplacements

Fonctionnement global

- 1- Génération de particules
- 2- Chaque particule se voit assigner un certain nombre de propriétés (attributs)
- 3- Toutes les particules qui ont épuisé leur durée de vie sont éliminées
- 4- Les particules actives sont mises à jour :
 - a. Déplacement et transformation selon les valeurs de leurs attributs dynamiques et des interactions
- 5- Une image du nuage de particules est rendue (nécessite la plupart du temps des algorithmes de rendu dédiés)

Génération

- Production aléatoire
- Production contrôlée dans le temps
- Production contrôlée dans l'espace écran

Cycle de vie

Il existe différentes approches pour contrôler la durée de vie d'une particule

- Durée fixée arbitrairement
- Volume englobant
- Valeur d'un paramètre (transparence)

Attributs des particules

- Position initiale
- Vitesse initiale (et direction)
- Taille initiale
- Couleur et transparence initiale
- Forme
- Durée de vie

Contrôle et évaluation d'une particule

- La position d'une particule évolue au cours du temps sous l'influence de l'ensemble des forces qui lui sont appliquées
- A chaque moment, toutes les forces appliquées à une particule sont évaluées et cumulées
- La force globale résultante est utilisée pour déduire le déplacement de la particule en fonction de son état courant
- La nouvelle position est déterminée en ajoutant le vecteur de vitesse à sa position courante
- La vitesse est modifiée par les forces qui s'appliquent à la particule
- D'autres attributs de la particules peuvent varier (couleur, transparence, taille, forme)
 - o De façon globale
 - o De façon individualisée
 - o En fonction d'un paramètre de la particule (age)

Cours d'Animation et Multimédia à l'université de Genève

Chargé de cours : Stephane Garchery

Resumé en février 2006 par Ahmet Gyger

www.metah.ch

- Seulement des forces externes : pas de moteurs
- A chaque instant t une particule est caractérisée par
 - o Une position $x(t)$
 - o Une vitesse $v(t)$
 - o Une masse
 - o Une force cumulée $f(t)$ qui agit sur la particule selon la seconde loi du mouvement de Newton ($F = m.a$)
 - o $A(t) = v(t) = x(t) = f(t)/m$
 - o Il faut intégrer les équations différentielles pour résoudre l'équation
 - o Il n'y a pas de solutions exactes et on utilise des méthodes de résolution numérique (Euler, Runge – Kutta)

Types de forces

- Force unaire
 - o S'applique indépendamment sur chaque particule (gravité)
- Force binaire, n-aire
 - o Résultante de l'interaction entre des particules

Force unaire : la gravité ($f = mg$)

L'intensité de la force dépend de la masse de la particule

L'intensité de la force est constante (indépendamment de l'instant ou de la position).

L'amortissement ($f = -k_a v$)

- L'intensité de la force ne dépend pas de celle de la vitesse
- La force d'amortissement s'oppose au mouvement
- Diminue l'énergie globale du système
- Simule un amortissement visqueux

Ressort point fixe ($f = -k(x-x_0)$)

- Force qui attire la particule vers X
- Fait osciller la particule autour de sa position d'origine

Champ de forces ($f = k v_{wind}$)

- L'intensité de la force dépend de la position de la particule dans l'espace
- Vent, courant

Force binaire : ressort

- Crée deux forces symétriques, opposées et de même intensité
- La force est proportionnelle à l'élongation appliquées au ressort à partir de sa position au repos

Attraction, répulsion

- On utilise des partitions de l'espace pour limiter les influences et réduire les calculs

Contact

La gestion du contact entre une particule et un autre objet se subdivise en 2 étapes principales

- Détection du contact : détection de la collision entre la particule et l'espace de l'objet
- Réponse au contact : détermination de la réponse au contact, le contact entre la particule et l'objet va produire une force externe sur la particule qu'il faut évaluer et incorporer dans le processus de simulation de son déplacement

Détection de collision

En général, la collision est détectée à posteriori (lorsque la particule a déjà pénétré dans l'objet)

Il faut revenir au moment de la collision

- Revenir en arrière ou interpolation
- Postprocess : projeter la position interne sur la surface de l'objet

Force de contact

Il faut annuler la partie de la force courante de la particule qui la force à pénétrer dans l'objet.

Réponse à la collision

Test de détection de pénétration

- La vitesse se décompose en 2 composante : vitesse tangentielle et vitesse normale
- La vitesse tangentielle reste inchangée
- La vitesse normale est inversé (son intensité est pondérée par un coefficient de restitution)

Méthodes de résolution numérique

On dispose seulement d'une position et d'une vitesse initiale et d'un ensemble de forces

Il faut simuler l'action des forces sur les particules au cours du temps pour voir comment le système va évoluer

Méthode d'Euler

Consiste à construire une approximation linéaire par morceaux de la courbe de la trajectoire.

Le vecteur tangente (vitesse) est ajouté à la position courante pour déterminer la position suivante

- Imprécision

- Accumulation d'erreurs
- Réduire le pas ne fait que ralentir le problème et diminuer les performances
- Instabilité
- Peut diverger en fonction de la valeur du pas (erreur = carré du pas du temps)

Méthode du point milieu

Cette méthode est une méthode du second ordre (on conserve les termes du second ordre de la série de Taylor qui approxime la fonction)

Augmente la précision et le nombre de calcul

Résout une partie des problèmes de la méthode d'Euler.

Pas variable adaptif

Le choix du pas est primordial

- Trop grand : augmentation des imprécisions, risques de divergences
- Trop petit : temps de calculs trop longs

Idéalement il faut être capable d'adapter le pas au cours de la simulation (si l'erreur est trop grande, diminution du pas)

- L'erreur est estimée en appliquant l'itération avec deux méthodes de calcul
- L'erreur estimée est la différence entre les deux résultats
- Pour afficher de l'animation, il ne faut pas oublier qu'on a besoin des résultats à des intervalles réguliers (pas de temps adaptatif irrégulier)

Rendu des particules

- Chaque particule est indépendante, c'est à dire qu'elle n'intervient pas dans le rendu des autres particules
- La méthode de rendu consiste à utiliser des primitives simples (points, lignes) en considérant que les particules ne réfléchissent pas la lumière et ne jettent d'ombre
- Un pixel « gagne » de la couleur quand il couvre une particule (considérée comme une lumière ponctuelle)
- L'intensité du gain dépend des attributs de la particule (couleur et transparence)
- Autres techniques
 - Bitmap splatting (association d'une bitmap à une particule)
 - Blobs (association d'un blob dont le squelette ponctuel est une particule)

Systèmes masses-ressorts

- Similaire aux systèmes de particules
- Particules sont structurées entre elles
- Pas de générateur, pas de durée de vie
- Les particules sont connectées entre elles par des ressorts (forces internes)
- Il est possible d'incorporer des forces dues aux interactions avec l'environnement (forces externes)
- Système 1D : tuyaux, cheveux

Cours d'Animation et Multimédia à l'université de Genève

Chargé de cours : Stéphane Garchery

Resumé en février 2006 par Ahmet Gyger

www.metah.ch

- Système 2D : tissus, vêtements
- Système 3D : muscles

Environnement

Impacte de l'environnement

- Sur le mouvement de l'acteur et inversement
 - o Contrôle adaptif du mouvement de l'acteur
- Les informations disponibles pour le contrôle :
 - o Sur l'environnement
 - o Sur l'acteur
- Avantage
 - o Moins d'informations à fournir par l'animateur
- Nécessite
 - o Représentation efficace de la géométrie des objets
 - Pour prévenir automatiquement les collisions

Quelques problèmes

- Planification de trajectoire
 - o Évitement d'obstacles
- Traitement des collisions
 - o Détection
 - o Réponse

Planification de trajectoire

« Le problème est de trouver la trajectoire à suivre afin de saisir un objet en évitant les obstacles »

Les 2 problèmes de la planification de trajectoire :

- La détection de la collision
- L'évitement des obstacles

La trajectoire résultante est alors utilisée comme donnée d'entrée au générateur de mouvement.

1^{ière} approche : Détection automatique de la collision avec avertissement

Problème de la planification de chemin

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

1^{ière} classe d'algorithme : essai / 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 un nouveau chemin

- E marche que si les obstacles sont rares et disséminés de manière à pouvoir être traités 1 à la fois

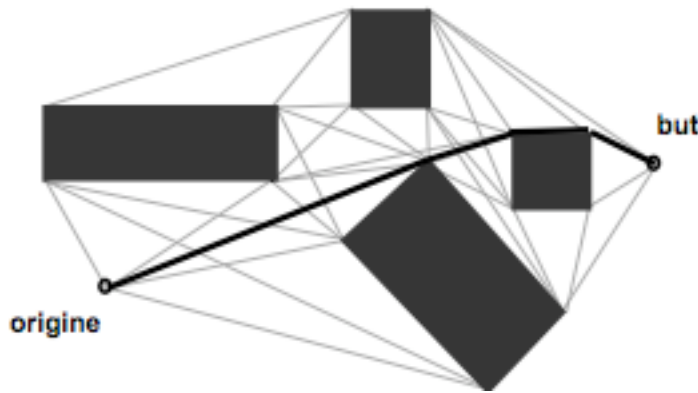
2^{ème} classe d'algorithme basé sur des fonctions de pénalité

- Fonction de pénalité
 - o Fonction encodant la présence d'objets
- Mouvement est planifié
 - o Selon les minima locaux de la fonction de pénalité
- Limitations
 - o Ne peut être évalué que pour des formes simples comme des robots sphériques par exemples

3^{ème} classe d'algorithme d'espace libre

Algorithme du grpahe de visibilité de Lozano-Perez

- On connecte les sommets qui se voient
- Prise du chemin le plus court libre de collisions



Extension aux objets mobiles non ponctuels

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

Collisions

- 2 problèmes
 - o Détection
 - o Réponse
- Peut s'appliquer à
 - o des corps rigides
 - o des corps déformables

Détection des collisions

Etablir les interactions existantes dans un groupe d'entités

- Chercher les couples d'entités liés par une interaction, et établir les caractéristiques de code de l'interaction
- Quels objets sont en contact l'un avec l'autre, et où se trouve leur point de contact
- En générale, problème de géométrie

Complexité algorithmique

- Algorithme naïf de détection de N objets (test systématique)
 - o La fonction détecter est appelée $N(N-1)/2$ fois
 - o Temps de calculs proportionnel à N^2
 - o Complexité de l'algorithme $O(N^2)$

Complexité algorithmique quadratique $O(N^2)$

- inacceptable pour la plupart des contextes

Réduction de la complexité algorithmique

- Nécessité d'algorithmes plus compliqué
 - o Algorithme efficace : $O(n) + O(m \log n)$
 - n = nb objet
 - m = nb de collision

Principe de réduction de complexité

- Volumes englobants
 - o Si aucune collision avec un volume englobant alors collision avec les objets contenus dans le volume
- Méthode de projection
 - o Si pas de collision entre les projections des objets, alors pas de collision entre les objets
- Méthode de subdivision
 - o Collision seulement entre les objets dans une même région de l'espace et du temps
- Méthode de proximité
 - o Collision seulement entre les objets voisins dans l'espace et le temps

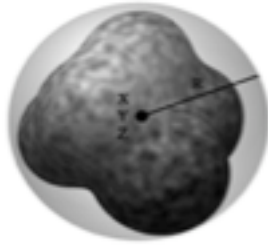
Méthode à combiner.

Volume englobant

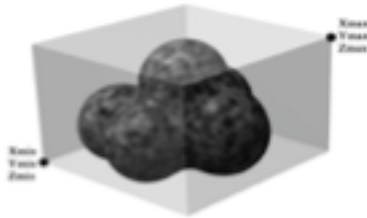
Volume simples :

- Sphère englobante :
 - o Décrit par un centre et un rayon
 - o Volume transformable en rotation
 - o Peu efficace (objets plats ou allongés)

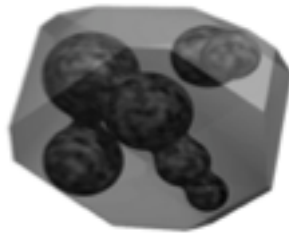
- Evaluation compliquée (définir le centre), test très rapide



- Boite englobante
 - Décrit par 2 coins opposées
 - En général orienté en axes
 - Évaluation et test très rapide



- Polyèdre englobants (nDOPs)
 - Généralisation de la boite englobante
 - Selon un nombre arbitraire de directions
 - Efficace pour les objets de directions
 - Efficace pour les objets allongés
 - Evaluation et test moyennement rapide



- Opération sur les volumes englobants :
 - Construction
 - Union
 - Transformation
 - Test Géométrique
 - Test d'interaction

Méthode de projection

Idée : Tester selon les axes de direction successifs

Combinable avec la méthode des boites et polyèdres englobants

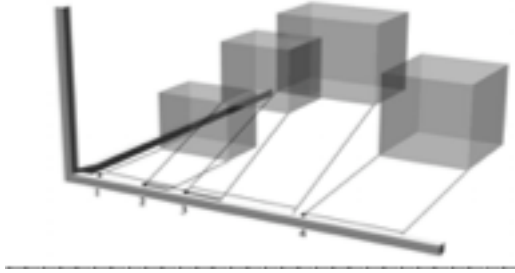
Optimisation par tri

Cours d'Animation et Multimédia à l'université de Genève

Chargé de cours : Stephane Garchery

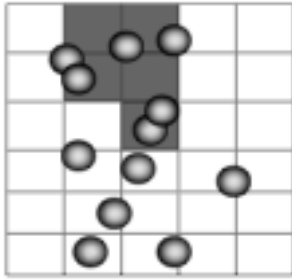
Resumé en février 2006 par Ahmet Gyger

www.metah.ch



Méthode de subdivision

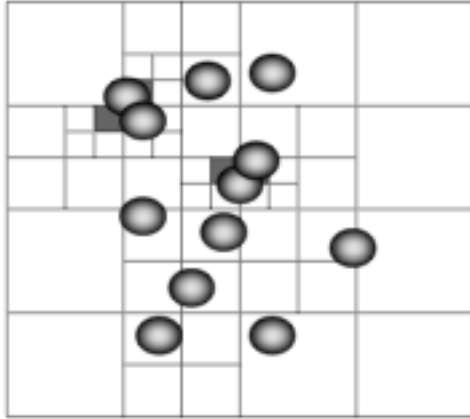
- Grilles de subdivision (voxels)
- Détection uniquement entre des objets qui partagent une même région de l'espace



- Choix de la discrétisation de la grille
- Trouver un optimum entre le nombre de cases et nombre d'objets par cases
- Nombreuse variante
 - Grille adaptives
 - Grille régulières
- Combinaison de techniques
 - Boîtes englobantes
 - Projections

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



Subdivision de la scène

Au lieu de découper l'espace, découper les objets

Construire une arbre de la scène

Chaque nœud étant un groupe d'objets

Subdivision récursive

- combiné aux volumes englobants
- choix de la méthode de subdivision en fonction des disposition des objets
- Pour les animation, māj de la subdivision de façon systématiques ou pas

Méthode de proximité (Voronoi)

Détection entre objets voisins uniquement, mise à jour des domaines durant les animations

Choix de la méthode

Combiner diverse approches, exploiter cohérences et constances

L'animation de niveau tâche

- Action spécifiés que par leurs effets sur les objets
 - Comme dans les systèmes robotiques de niveau de tâche
- Les commandes sont transformées en instruction de plus bas niveau
 - Script pour l'ananimation procédurale
 - Valeur-clés pour une approche paramétrique
- Exemple de raches pour dewes acteurs virtuels
 - Marche d'un point a vers un point b
 - Préhension d'un objet et déplacement à un autre endroit
 - Emotions

Planification des taches

Cœur du système d'animation de niveau tâche : la planificateur de tâche

Problème majeur en robotique et en IA

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

Cours d'Animation et Multimédia à l'université de Genève

Chargé de cours : Stephane Garchery

Resumé en fevrier 2006 par Ahmet Gyger

www.metah.ch

« Flocking » Comportement autonome et de groupe

Qu'est-ce qu'un flock ?

- Une 1^{ière} définition : un groupe d'oiseau ou de mammifères qui se déplacent ensemble
- Un flock est un ensemble d'objets qui se déplacent de façon aligné et cohérente, groupé et sans collision.
- Pour simuler un flock, il faut simuler le comportement individuel de chaque objet le composant
 - o La perception
 - o Le contrôle du déplacement
- Les systèmes de particules sont trop simples pour modéliser ce type d'objets collectifs
- Il faut les rendre plus complexes en y intégrant
 - o La perception locale
 - o La simulation physique
 - o Des comportements de groupe
- L'animation du flock est le résultat d'interactions denses entre les comportements simples des individus qui les composent

Pourquoi modéliser des groupes ?

- Les groupes sont difficiles à animer à partir des techniques d'animations usuelles
 - o Difficile de déterminer précisément le chemin de chaque membre du groupe
 - o Difficile de contrôler les contraintes de mouvement pour chaque membre du groupe
 - o Difficile d'éditer le mouvement de chaque membre du groupe

Caractéristiques d'un flock

- Chaque individu veut rester proche du groupe et se déplacer de façon cohérente avec lui
- Chaque individu veut éviter les collisions avec les autres individus proches
- Chaque individu a une perception locale du groupe (interactions avec ses voisins proches)

Les boids

- Vient de bird-oids
- Similaires aux particules, mais ont une orientation et une perception de leur environnement.
- Une forme géométrique leur est associée pour la visualisation
- Le déplacement est contrôlé par le comportement individuel

Cours d'Animation et Multimédia à l'université de Genève

Chargé de cours : Stephane Garchery

Resumé en février 2006 par Ahmet Gyger

www.metah.ch

Déplacement

- Chaque boid a un système de coordonnées local
- Le vol est accompli appliquant une transformation géométrique incrémentale, rigide et dynamique
- La trajectoire du vol n'est pas spécifiée à l'avance
- L'avance est spécifiée comme une translation incrémentale selon l'axe des Z du repère local
- Les rotations sont possibles selon les 3 axes (X,Y,Z)
- Pas de gravité
- Une vitesse et une accélération maximales sont définies pour chaque boids.

Mouvement de groupe

- Chaque boid doit se coordonner avec ses voisins proches
- 2 objectifs
 - o rester proches du groupe
 - o Eviter les collisions avec le groupe
- D'autres types de comportement ont été pris en compte au cours de l'évolution de cette technique : comportement proie/prédateur, recherche de nourriture, d'un compagnon

Système de perception

- Le système de perception d'un boid est composé de 2 éléments
 - o Une angle
 - o Une distance
- Ces 2 éléments déterminent une portion de cercle dont le centre est le boid
- Un boid n'a conscience que des autres boids qui se trouvent dans la zone de perception ainsi définie

Perception

- Il n'est pas possible que chaque boid est une connaissance de son environnement complet
- Le comportement global dépend de la vue locale du monde
- Le champ de perception peut être étendue dans la direction du déplacement

Flocking : 3 comportements

- Séparation ou évitement des collisions
 - o Evite les collision avec ses voisins proches
- Alignement
 - o Aligner sa vitesse et direction sur celle de ses voisins proches
- Aggrégation
 - o Rester proches de ses voisins proches

Prise en compte des comportements

- Chacune des 3 lois de comportement permet de générer une force qui va s'appliquer sur le Boid pour le faire évoluer dans le plan ou l'espace
- Pour permettre la séparation, une force est calculée de manière à repousser le boid de l'ensemble des boids proches.
- La cohésion est assurée par une force inverse à la précédente, qui a pour but de rapprocher le boid du centre de gravité du groupe des boids de proches.
- La force d'alignement est calculée comme étant une moyenne entre les vitesses des boids voisins

Recherche et fuite

- Atteindre une cible (statique)

Poursuite et évitement

- La cible est un autre objet en déplacement
- La position future de la cible est évaluée à partir de sa position et vitesse courantes
- Le pas de temps de prédiction T prend en compte la distance boid-cible
- $T = D_c$

Arrivée

- Le mouvement de boid est altéré pour atteindre la cible
- Plus le boid se rapproche de la cible, plus la vitesse diminue
- Le boid atteint la cible avec une vitesse nulle

Évitement d'obstacles

- Champ de force
 - o Les obstacles ont un champ de répulsion
 - o Plus un boid s'approche de l'obstacle plus il en est repoussé
- Manœuvre d'évitement
 - o Un boid ne considère que les obstacles en face de lui
 - o Il détermine l'arête de la silhouette de l'obstacle la plus proche du point d'impact éventuel.
 - o Un vecteur est calculé qui va modifier la trajectoire du poisson au-delà de l'arête de la silhouette

Évitement de collision

- La position de chaque boid est prédite en fonction de leur situation actuelle (position et vitesse)
- En cas de collision probable, une force est appliquée à chaque boid pour le détourner de sa direction

Champ directionnel

- La force qui perturbe la direction courante du boid est la différence entre la direction entre la direction du champ et la vitesse courante du boid

Suivi d'un leader

- Combinaison de comportements
 - o Séparation
 - o Arrivée
- La cible à atteindre pour l'arrivé se trouve placée derrière le leader
- Un poursuivant s'éclatera s'il se trouve sur le chemin du leader

Les poissons

- L'objectif est de simuler l'apprentissage et d'autres type de comportements
 - o Se nourrir
 - o Eviter les prédateurs
 - o Rechercher des compagnons
- Modélisé avec la perception du monde, le comportement et la physique

Modèle physique du poisson

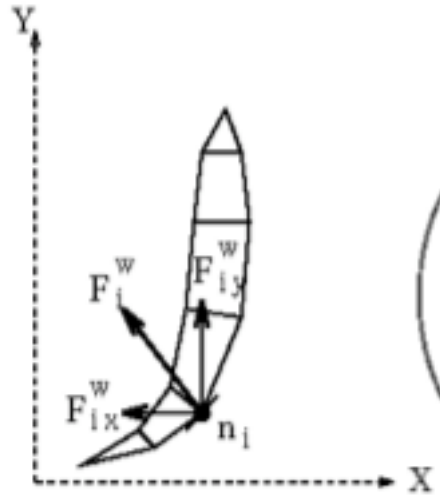
- Le modèle dynamique du poisson artificiel est composé de 23 masses ponctuelles (nœuds) et de 91 ressorts
- L'arrangement des ressorts maintient la stabilité de la structure tout en permettant d'avoir de la flexibilité
- 12 ressorts sont disposés le long du corps et servent de muscles

Mécanique

- Chaque nœud est défini par
 - o Par une masse m_i
 - o Une position
 - o Une vitesse
 - o Une accélération
- Le ressort R_{ij} connecte le nœud i au nœud j
 - o Constante du ressort k
 - o Longueur au repos l
 - o Déformation du ressort
 - o Force exercé
- L'équation du déplacement est définie par
 - o $m_i(d^2\mathbf{x}_i/dt^2) + p_i(d\mathbf{x}_i/dt) - \mathbf{w}_i = \mathbf{f}_i$
 - o p_i = facteur d'amortissement
 - o $\mathbf{W}_i(t)$ = sommes des forces des ressorts
 - o $\mathbf{F}_i$ = forces externes (hydrodynamiques)
- L'équation est résolue par une méthode de résolution numérique

Comment nager

- Le poisson artificiel se déplace en contractant ses muscles
- Le déplacement avant est réalisé par le battement de la queue qui déplace l'eau
- L'eau déplacée produit une force de réaction orientée selon la normale au corps du poisson et proportionnelle au volume d'eau déplacé



La composante de force selon l'axe Y contribue à propulser le poisson vers l'avant.

Les nageoires pectorales permettent aussi de contrôler la direction et l'orientation ainsi que la vitesse en générant une force (F_f) dont la direction varie selon l'orientation des nageoires.

- Le battement de la queue est produit en contractant et relâchant alternativement les muscles de la queue de chaque côté du corps de façon périodique
- Pour tourner, le poisson contracte un côté brusquement en relaxant l'autre côté, puis en relaxant lentement le côté contracté
- Pour nager, les 2 groupes de muscles postérieurs sont utilisés, alors que pour tourner, ce sont les 2 groupes de muscles frontaux

Contrôleurs de déplacement

- Le poisson artificiel a trois contrôleurs de déplacement
 - o Swim-MC (vitesse)
 - Convertir la vitesse en amplitude et en fréquence de contraction musculaire
 - o Left-turn-MC (angle)
 - o Right-turn-Mc (angle)

Perception sensorielle

- Capteur de vision : la vision estercyclopeenne

Cours d'Animation et Multimédia à l'université de Genève

Chargé de cours : Stephane Garchery

Resumé en février 2006 par Ahmet Gyger

www.metah.ch

- Couvre un angle sphérique de 300°
- Le capteur de vision a accès à la géométrie, aux matériaux et aux information d'illumination de l'environnement

État mental

- L'état mental du poisson est défini par :
 - o Faim
 - Nourriture absorbé
 - Taux de digestion
 - Temps depuis le dernier repas
 - Appétit
- L'état mental du poisson est défini par
 - o Libido
 - Constant de libido
 - H est l'appétit
 - Temps depuis la dernière rencontre
 - o Peur
 - Distance au prédateur visible

Satisfactions des besoins

Once an intention is selected, control is passed to a behavior routine

- 8 comportements
 - o Eviter un obstacle statique
 - o Eviter un poisson
 - o Manger de la nourriture
 - o Choisir un compagnon
 - o Partir
 - o Déambuler
 - o S'enfuir
 - o S'entraîner
- Behaviors can also have subroutines that are called

Différents types de poissons

- Prédateurs, proies pacifiques
- Chaque type a des motivation différentes qui produisent des modèles de comportement différents
- Les pacifiques expriment un comportement sociable, c'est à dire qu'ils ont un comportement qui les rend intéressés par tout compagnon possible

Pacifiques

- Un poisson mâle choisit une compagne de la façon suivante
 - o Une femelle de la même espèce sera choisie de préférence
 - o Les femelles les plus proches sont plus attractives que celles qui sont éloignées

Cours d'Animation et Multimédia à l'université de Genève

Chargé de cours : Stephane Garchery

Resumé en fevrier 2006 par Ahmet Gyger

www.metah.ch

- Un poisson femelle sélectionne un compagnon de façon similaire, mais montre une préférence pour la taille du poisson mâle (plus fort et protecteur) plutôt que pour la proximité

Déformation faciale en temps réel

Animation faciale

- Ensemble des techniques pour modifier un modèle afin de reproduire de façon cohérente les expressions du visage
- Visage important pour
 - o Animation des lèvres correspondant à la parole
 - o Emotions

Domaines d'applications

- La télévision ou le cinéma
- La communication machine/humain (interfaces)
- Les jeux virtuels
- La communications à distance
- Application temps réel ou pas

Non temps réel vs temps réel

- Non temps réel (pré calculé)
 - o Aucune interaction
 - o Pas de contrainte pour le temps de déformation et de rendu
 - o Conception de modèle complexe et précis
- Temps réel
 - o Interaction possibles
 - o Déformation et rendu 25* par secondes
 - o Conception de modèle allégés
 - o Dépendance des plateformes (ressources matérielles)

Processus de l'animation faciale

- 1- Définir un modèle géométrique
- 2- Définir une structure d'animation pour ce modèle + paramétrage
- 3- Conception d'animations (vidéo, capture, design, IA)
- 4- Animer le modèle en fonction de la structure d'animation et des paramètres

Etat de l'art

L'interpolation

- Interpolation simple
- Interpolation n-linéaire
- Interpolation par région

Cours d'Animation et Multimédia à l'université de Genève

Chargé de cours : Stephane Garchery

Resumé en février 2006 par Ahmet Gyger

www.metah.ch

- Estimer la forme finale par mélange de formes différentes
- Avantages
 - Méthode générique en animation
 - Calculs simples
- Inconvénients
 - Conception de toutes les expressions clefs nécessaires
 - Manipulation non intuitive
 - Contraintes et dépendances topologiques des modèles
 - Beaucoup de données pour manipuler un modèle

La simulation de l'anatomie faciale

- 3 approches majeures
 - La représentation par ressorts
 - La représentation par couches de ressorts
 - La représentation vectorielle
- Avantages
 - Approches basé sur l'anatomie du visage
 - Prise en compte des caractéristiques physiques
- Inconvénients
 - Conception et calcul complexes

Les pseudos muscles

Ils s'intéressent aux résultats des contraction musculaires

- Technique de déformation géométriques
 - Free form deformation
 - Spline pseudo muscles
 - Radial basis function
- Avantages
 - Contrôle plus simple
 - Généralement plus simple en calcul (adapté au temps réel)
- Inconvénients
 - Moins réaliste

Les systèmes de paramétrisation

- 3 systèmes principaux de paramétrisation
 - FACIAL ACTION CODING SYSTEM (FACS)
 - Pour l'analyse, classification des expression faciales, basé sur l'anatomie musculaire
 - Minimal Perceptible Action (MPA)
 - Paramétrisation basée sur les résultats visuels des contractions musculaires
 - MPEG-4 FBA

- Définition et le déplacement des points de contrôle

Critère d'évaluation

- Simplicité d'utilisation
 - Temps de conception réduit
 - Forme quelconque
- Intégration
 - Fonctionne pour différentes applications et différentes plates-formes sans modification
- Généralisation
 - Animation indépendante du modèle, réutilisable
 - Personnalisation des animations
- Qualité visuelle
 - Contrôle des déformations
 - Qualité adaptable en fonction des ressources

Objectifs

- Animation d'un modèle complet de buste
 - Application de visage parlant
 - Mouvement de tête
- En temps réel
 - Application interactives
- Simplicité de production de modèles animables à partir de très peu d'informations
 - Rapidité de conception
 - Animation de nombreux modèles
 - Sans contraintes sur les modèles
- Flexibilité : plates-formes (pc-web-pda)
 - Utilisation des mêmes modèles, mêmes animations

Les différentes approches

- But : animer les points voisins à partir des points de contrainte
- Comment définir les zones d'influence ?
 - A la main
 - De façon semi-automatique
 - Sur la surface
 - Par application de formes géométriques autour des points de contraintes
 - Entièrement automatique

Les problèmes

- Qui influence quoi et comment
 - Métrique utilisée
 - Juxtaposition des points de contraintes

- Définition des bons points influents

Définition de la métrique

- La métrique utilisée doit tenir compte :
 - Des différentes densités des régions du modèle
 - Des trous
 - De la forme quelconque du modèle
- Solution : distance le long des arrêtes

Juxtaposition des régions

- Pour éviter les cassures entre les régions, il faut prendre en compte plusieurs points de contraintes possibles
- L'influence d'un point ordinaire dépend de :
 - Distance entre les points de contraintes
 - Distance point ordinaire $\leftrightarrow$ points de contrainte
 - Répartition des points de contrainte autour du point ordinaire

Points de contrainte

- Peu de données à manipuler
 - Points caractéristiques
- Rapidité
 - Quelques secondes pour l'initialisation
 - Calculs simples durant la phase d'animation
- Généralité
 - Même approche pour tout les points
 - Aucune contrainte sur le nombre de points et les degrés de liberté
- Calcul intensifs durant la phase d'initialisation
- Aucun contrôle sur les déformations

Déformation par Morph target

- Principe équivalent à l'interpolation par région, mais basé sur les paramètres d'animation (FAP)
 - A partir du modèle en position neutre
 - Calculer la somme des déformations correspondantes à chaque paramètre
 - Les appliquer au modèle
 - Afficher les résultats
- 2 paramètres clefs
 - Amplitudes des déformations pour une intensité de FAP donnée
 - Juxtaposition des zones d'influence
- Conclusion
 - Contrôle des déformations
 - Aucune contraintes sur le modèle
 - Fonctionne avec la paramétrisation MPEG-4

Cours d'Animation et Multimédia à l'université de Genève

Chargé de cours : Stephane Garchery

Resumé en février 2006 par Ahmet Gyger

www.metah.ch

- Calculs simples
- Complexité de conception (travail manuel pour chaque modèle)

Points de contraintes vs morph target

	Déf. par points de contrainte	Tables de déformation
Création Informations	Définition des points caractéristiques Calculs automatiques	Conception manuel (aide pour la définition des régions et amplitudes) Manuel
Données	peu d'informations (seulement les points caractéristiques)	Vecteurs de déplacement pour tous les paramètres
Calculs	calculs intensifs durant la phase d'initialisation	simple interpolation linéaire par morceaux

Animation faciale

4 techniques d'animations

- 1- Posture clef : keyframing
 - Animation créée par interpolation de posture ou d'expression existantes
 - Avantages
 - Confère un haut degré de contrôle sur l'animation
 - Interpolation des paramètres ... calculs simples
 - Inconvénients
 - Construction de l'animation couteuse en temps
 - Difficile de designer des animations réalistes
 - Définir toutes les expressions avant
 -
- 2- Synthèse vocale animée : text-to-speech
 - Animation et la voix sont contruite automatiquement à partir des phonèmes et des visèmes
 - Avantages
 - Très rapide
 - Animation peut être calculé en temps réel
 - Inconvénients
 - Voix synthétique
 - Seulement animation des lèvres
- 3- Synchronisation lèvres/audio + expression

- Synchronise l'animation à la voix et ajout d'émotions
 - o Avantages
 - Rapide, quelques minutes
 - Animation facile à générer
 - Large éventail de possibilités
 - o Inconvénients
 - Pas de temps réel
- 4- Capture de mouvement
 - Animation construite par système de capture optique (VICON)
 - o Avantages
 - Très réaliste
 - La voix, l'animation et les émotions sont enregistrées simultanément
 - o Inconvénients
 - coûts des équipements (camera & marqueur faciale)

Simulation des cheveux

Systèmes de particules

- Simple
- Tel un vol d'oiseau (boids)
- Un grand nombre d'application utilisent les particules pour faire le rendu des cheveux
- Inadéquat pour modéliser les coupes complexes
- Apapté pour la dynamique
- Effectif pour le rendu

Textures volumétrique

- Bonne approche pour représenter la complexité de la nature comme l'herbe, arbres et la fourrure
- Les textures paramétriques sont aussi appelées hypertextures
- Extension non analytique « texels » application en damier de la texture fourrure directement sur la géométrie
- A la différence des hypertextures peut être employé sur des géométries complexes

Cantilever – critique

- 1^{ière} approche dans le domaine de la simulation
- Utilisation de corps rigides et dynamiques pour simuler les cheveux
- Approche complète pour la définition des styles de coiffure animation et rendu
- Simplification des équations dynamiques des cheveux
- Interaction corps/cheveux grossièrement approximée par un champ de pseudo-force

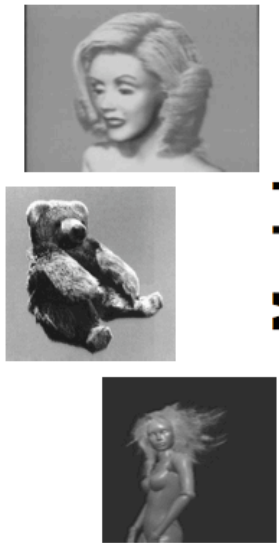
- Pas d'interaction cheveux-cheveux

Les problèmes de la simulation

- Modélisation des différentes coupes de cheveux
- Dynamique des cheveux
- Rendu des cheveux
- Animation temps réel et le rendu

Dualité solide – liquide des cheveux

- Les solides ont la mémoire des formes
- Les liquides continuent de se déformer
 - o Les cheveux disposent des 2 propriétés
- Proposition de sunil :
 - o La modélisation des interactions, cheveux – corps, cheveux – cheveux et cheveux – air comme une continuité sous la forme de la dynamique des fluides
- Maintenir la rigidité individuelle des cheveux, leur inertie et leur dynamique
- Dynamique affinée des cheveux individuelles
- Les cheveux sont présentés comme une série de corps multiples
- Représentation efficace pour la torsion et le recouvrement
- Éviter les équations de raideurs
- Imaginer un ensemble de cheveux immergés dans un fluide
 - o Les interactions cheveux - cheveux sont conduites par la dynamique des fluides
 - o Les fluides peuvent bouger librement, plutôt que suivant un lien cinématique
- Utilisation des « smoothed particles hydrodynamics »

		Tasks		
		Hair Modeling	Hair Animation	Hair Rendering
 Models	Explicit Models	effective - tedious to model - not suitable for knots and braids	adequate - expensive due to size - inappropriate for hair-hair interaction	
	Particle Systems	inappropriate	adhoc - lacks physical basis - no hair-hair interaction	
	Volumetric Textures	effective - not suitable for long hair	limited - via Animated Shape Perturbation	
	Cluster Model	effective - not suitable for simple smooth hair	not done - via Animated Shape Perturbation	
	Hair as a Fluid			not done