



Détection de collision

Spécifications applicatives

A. KHEDDAR

Journée GTAS : AS Détection de Collision du RTP RV

17 juin 2003



Généralités

- ✦ But de la détection de collisions
 - Capteur informatique de détection
 - de contacts ;
 - d'interactions.
- ✦ Dans le monde réel
 - Robotique
 - Capteur de proximité, balayage laser, etc.
 - Capteur de force, contacteurs, etc.
 - Transport
 - GPS, sonar, etc.
 - Homme, animaux
 - Capteurs biologiques divers (mécanorécepteurs, poils, etc.)



Détection de collision

- ✦ AS Détection de collision : Recenser et synthétiser l'état de l'art dans le domaine
 - De la Recherche
 - Butées théoriques, comment dégager des standards...
 - Applicatif
- ✦ Autres appellations
 - Détection d'intersections
 - Détection d'interférences
 - Détection de contacts
 - Détection de proximité
- ✦ Applicatifs
 - Simulations numériques diverses
 - Réalité virtuelle
 - Robotique et télérobotique
 - Transport
 - ...

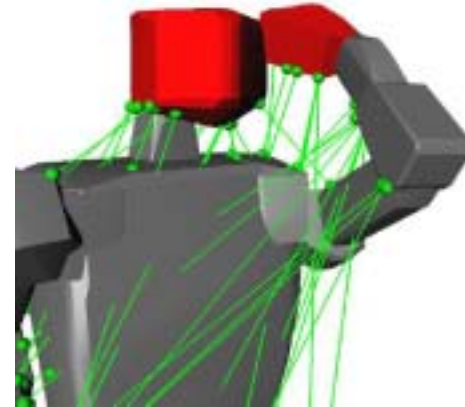


Animation dynamique en réalité virtuelle

- ✦ Regroupe un large panel d'applications
 - Simulateurs interactifs
 - Enseignement et apprentissage
 - Cyberespaces
 - Prototypages
 - Jeux
 - Art
- ✦ Contraintes
 - Interactivité
 - Temps réel
 - Cohérence sensoriel
 - Généricité
 - Besoin de standard
 - Performance
 - Précision
 - Robustesse

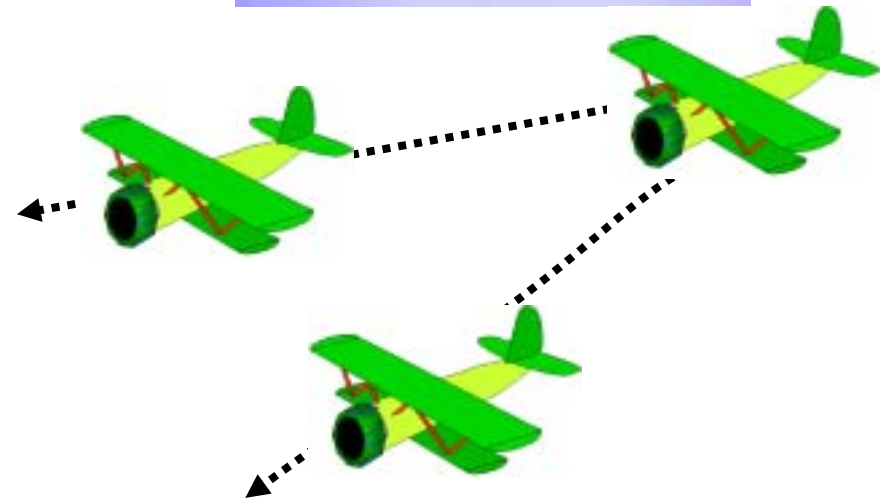
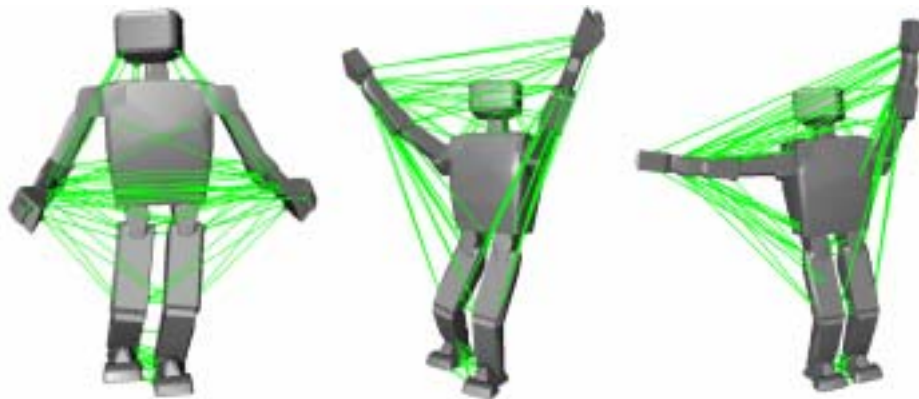
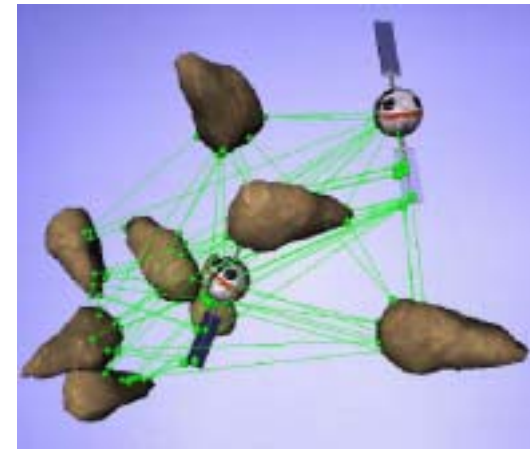
Application robotiques

- ✦ Robotique mobile
 - Planification et génération de trajectoires
 - Sans collision
 - Optimisation énergétique
- ✦ Humanoïdes
 - Génération d'allures
 - Évitement d'auto-collisions
- ✦ Prototypage de commande bas niveau
 - Référencées capteurs
 - Intégration boucles réflexes
- ✦ Téléopération
 - Téléprogrammation, programmation graphique, assistance opérateur...



Cas d'évitement d'obstacles

- ✚ Traquer les distances
 - Prédiction de collisions
 - Satellites - astéroïdes
 - Humanoïde
 - Avions (autour d'un aéroport)
 - Trains





Cas d'évitement d'obstacles

+ Besoins

- Maintenir les distances les plus proches séparants les objets
- Prédiction de l'évolution de ces distances
- Robustesse
 - pour les cas d'applications réelles
- Possibilité de contrainte temporelle
 - Réactivité
 - Commande bas niveau

+ Solutions

- Volumes englobants
 - minimisant le risque de collision
 - Taille en fonction de la vitesse
- Distance calculées entre ces volumes



Simulations scientifiques non temps réels

- ✦ Dès que le temps de réponse n'est plus problématique
 - L'algorithmique de la DdC
 - Prend en compte la précision fixée par l'opérateur
 - Peut être très robuste
 - Autorise le back-tracking



Applications ludiques (jeux)

- + Algorithmes simples
 - Précision et robustesse non requises
- + Besoins de packages prêts
 - Création rapide
 - Réutilisation
 - Simplicité d'usage et d'intégration

Application : Interfaçage haptique

- ✦ Schéma d'une architecture à rendu haptique : 3 composantes

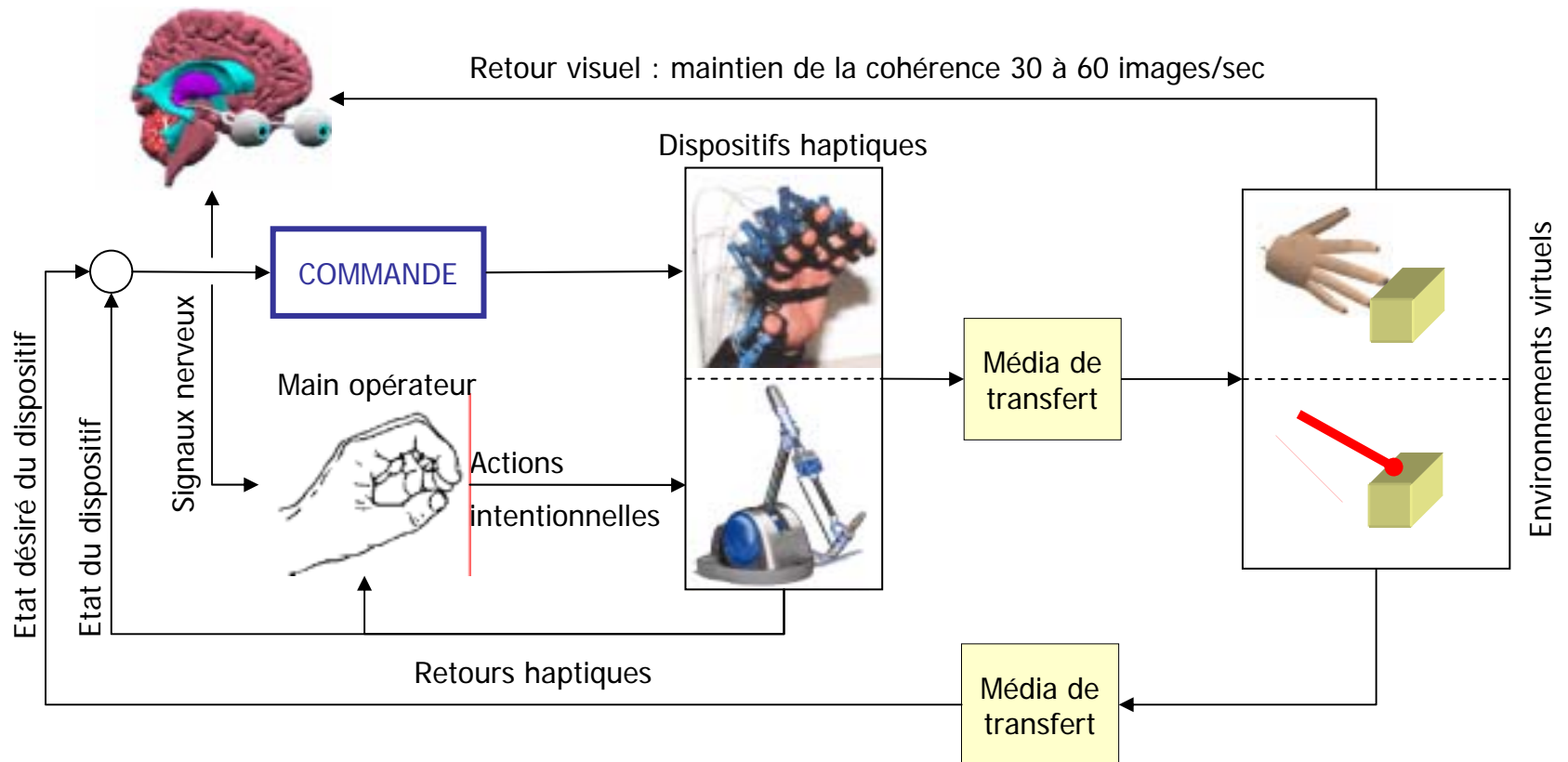




Schéma général d'un simulateur

Acquisition des divers traqueurs et capteurs externes – Forces externes

Résolution d'équations dynamiques pour l'animation

Mise à jour *provisoire* de l'état de l'EV

Détection de collisions

Quantification des collisions détectées

Réponses aux collisions

Correction et mise à jour définitive de l'état de l'EV

Rendu (visuel, haptique, sonore...)





Modèles utilisés

- Polygone
 - Assez générique, discrétisation acceptable
 - Base commune des bibliothèques graphiques
 - Détection entre primitives géométriques
 - Segment, sommet, face
- CSG
 - Industrie, CAO
 - Détection entre formes géométriques (cylindre, cube...)
- Surfaces implicites, NURBS
 - Industrie, CAO
 - Disponibilité de modèle analytique
- Voxels
 - Fluides, gaz, imagerie médicale...



Difficulté de la DdC ?

Pour i allant de 1 à nombre d'objets de la scène

Faire

 Pour j allant de 1 à nombre d'objets de la scène

 Faire

 Détection_de_Collision (i, j)

 Faire

Faire

Combinatoire impressionnante pour des scènes complexes

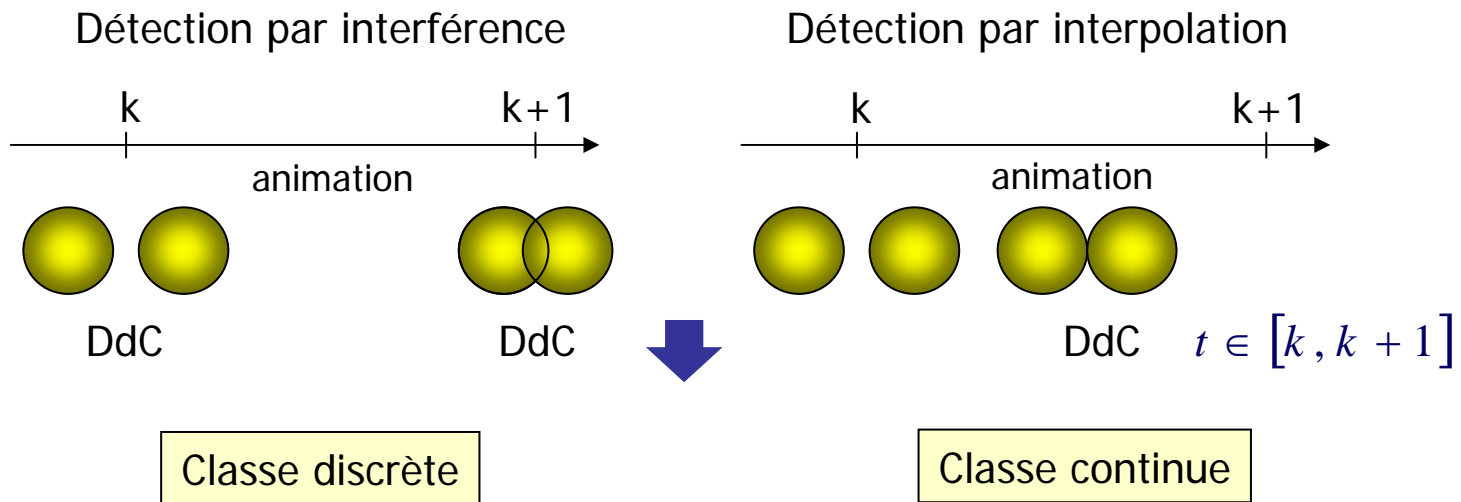
- Réduire la complexité :
 - Eliminer les cas inutiles
 - Procéder par étapes : plusieurs phases
 - Prendre des modèles de représentations solvables



Etapes d'une DdC

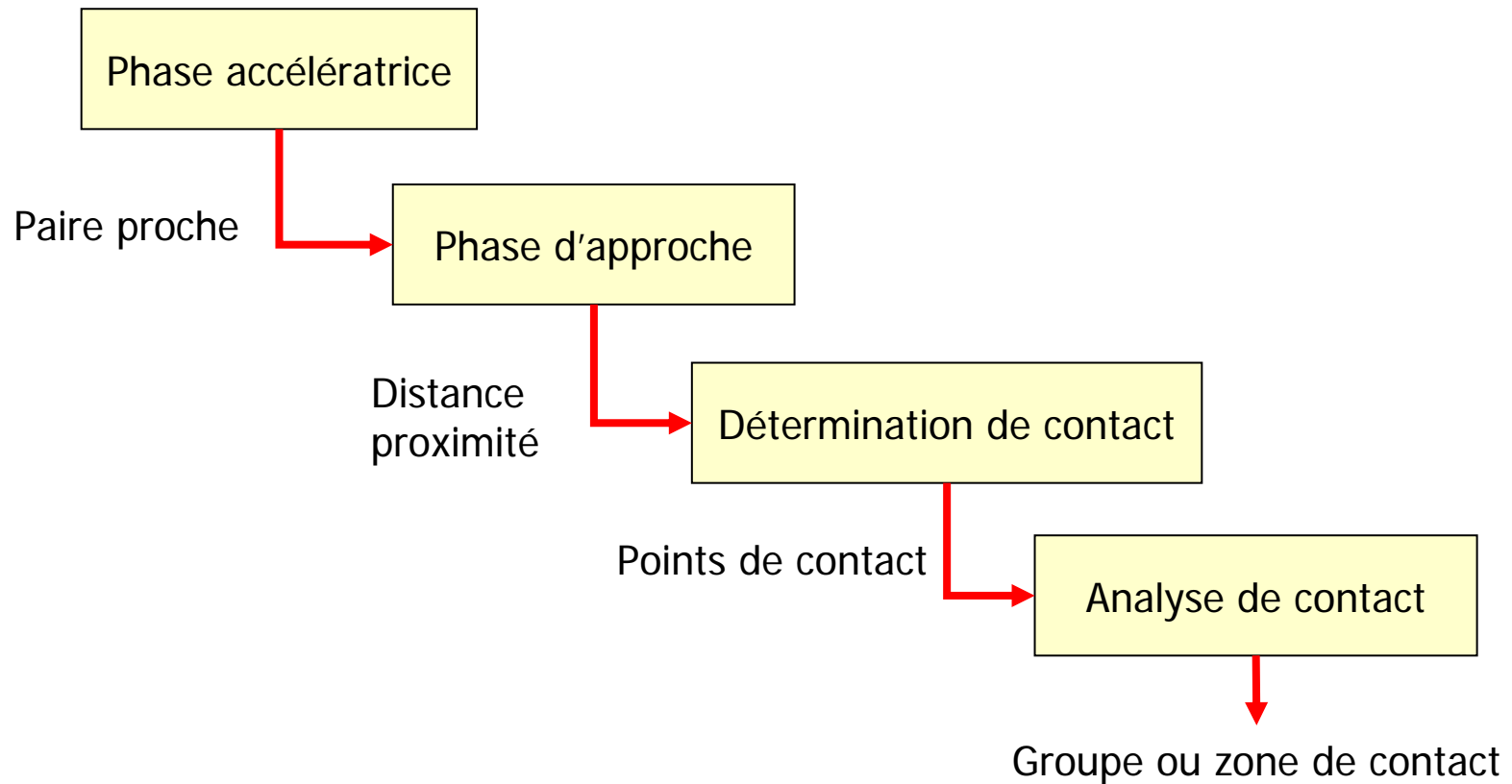
- ✦ Phase accélératrice (Broad phase)
 - Subdivision spatiale
 - Volumes englobants
 - Exploitation des cohérences
 - Spatiales
 - Temporelles
 - Physiques
 - trajectoires, dynamique, etc.
 - Vitesse relatives : recul.
- ✦ Phase précise ou « noyau » (Narrow phase)
 - Paire de primitives bas niveau
 - Identification de la localisation
 - Connaissance de l'état exact du contact et de ses paramètres

Deux grandes approches de la DdC



- ✚ S'applique pour les deux phases
- ✚ Dépend de l'applicatif
 - Cahier de charge
- ✚ Dépend de l'algorithme de réponse aux collisions

Modules d'un processus de DdC





Phase accélératrice

- ✦ Englober des objets dans des hiérarchies de formes simples
 - Volume englobants
 - AABB, OBB, k-Dops, Sphères...
- ✦ Deux cas
 - Formes géométriques utilisant le « noyau »
 - Formes géométriques utilisant un algorithme approprié
- ✦ Détection entre formes englobantes
 - Discrète
 - Continue
 - Attention !
 - la cohérence oblige parfois à un choix en fonction du « noyau »



Phase accélératrice

- ✦ Plusieurs combinaisons possibles
- ✦ Mise en œuvre
 - Bottom – up
 - Top – down
- ✦ Compromis
 - Rapidité de traitement / niveau de subdivision
 - Mémoire de stockage
 - Mise à jour des positions durant le mouvement
 - Rapport volume utile / volume englobé $\rightarrow 1$
- ✦ Objets déformables
 - Mise à jour positions et volumes
 - Cas continu
 - Garantir que l'objet est englobé $\forall t$ (durant toute l'interpolation)



Noyau

- ✦ DdC par interpolation
 - Détermine le premier temps de collision, localise le contact
 - Évite des back-tracking
 - Utile pour les rendus de chocs (approches par impulsions)
 - Utile pour éviter les interpénétrations avec précision
- ✦ DdC statique (interpénétration, intersection)
 - Nécessite un back-tracking pour localiser le contact
 - Suffisante pour une animation à base de pénalités
 - Nécessite de quantifier l'interpénétration (volume, distance min)
- ✦ Détection de proximité
 - Offre la possibilité d'éviter les collisions
 - Permet de prendre en compte les contraintes très tôt
 - Permet des DdC prédictives



Critères d'évaluation

- ✦ Complétude
 - disponibilité de tout paramètre requis par la simulation
- ✦ Précision
 - de la localisation
 - du temps
 - de la zone de contact
- ✦ Robustesse / stabilité vis-à-vis
 - de la variation du pas de temps
 - de l'interactivité
- ✦ Généricité
 - vis-à-vis des modèles
 - vis-à-vis des méthodes d'accélération
- ✦ Aboutissement à un standard
 - implémentation hardware



Conclusion

- ✦ Détection de collision
 - Pas de solution « théoriquement » satisfaisante
 - Cas interpénétration
 - Hypothèse : si il n'y a pas de collision entre 2 pas discrets alors pas de collision
 - Cas interpolation
 - Hypothèse : si collision entre 2 pas discrets alors il y'a effectivement eu collision
 - Extension au cas déformable, fluide... très difficile en temps réels
- ✦ Comment tendre vers un standard ?
- ✦ Comment passer à des implémentations « hardware » ?



Présentations dans le cadre du GTAS

- + Détections statiques : Primitive/primitive, techniques d'accélération
 - Ph. Meseure
- + Méthodes 4D
 - S. Redon
- + Réaction aux collisions dans les animations physiques
 - F. Faure et O. Galizzi
- + Librairies disponibles
 - T. Meyer et A. Guillermo
- + Détection de conflits entre b-splines (courbes de niveau)
 - E. Guilbert
- + Détection de collision et d'échouage TRANS
 - S. Fournier
- + Détection stochastique de collisions pour objets hautement déformables
 - F. Faure