Synthèse d'images

TD4

Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Moteur 3D

Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Contenu d'un moteur 3D

- Très variable selon les fabricants
  - Obligatoirement :
    - Couche haut niveau d'accès à l'affichage, aux GPUs
    - Performance temps réel
  - En option :
    - Chargement des données graphiques à partir de données
    - Moteur d'éclairage, de physique, son, particules, animations, cycle jour/nuit, ciel, nuage, mer/océan, météo, etc.
    - Éditeur de scène / de niveaux / de cinématiques
    - Scripting
    - Modelling
    - Exporteur/plugin depuis un modeleur
    - Etc.

iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Objectif d'un moteur 3D

- Simplifier le travail des développeurs
  - En fournissant des fonctionnalités clé-en-main
  - Systèmes (hardware) de plus en plus complexes
  - Innovations et algorithmes (software) de plus en plus pointus
  - → Concentration de l'expertise dans un produit intermédiaire (middleware)
- Mutualisation des coûts
  - Économie d'échelle
  - Concentration du marché

iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Exemples de fonctionnalités

- Géométries, maillages (TD2)
- Matériaux, shaders (TD3)
- Brefs aperçus (TD4)
  - Scenegraph/structure d'accélération
  - Shadow map
  - Moteur d'animation
  - Moteur de particules
  - Moteur de physique
- Non abordés
  - Météo/environnement,GUI, son, réseaux, scripting, édition, ...

Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Scénographie

Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Organiser sa scène

- Relation entre les objets
  - Le stylo au bout des doigts
  - Les roues d'une voiture
  - La chaise sur le sol
- Les objets s'organisent les uns par rapport aux autres

iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Structurer ses données

- Data-driven
- Bon pour le cerveau
  - Permet de s'y retrouver
- Bon pour le CPU
  - Permet d'optimiser les performances
- Bon pour le GPU
  - Permet d'optimiser les performances

iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Structurer ses données

- Tuples
- Tableaux (1 à n dimensions)
- Listes
- Ensembles
- Dictionnaires (map)
- Arbres
- Graphes
- Etc.

iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Graphe de scène

Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Graphe de scène (*scene graph*)

- « Structure » habituellement usitée dans la manipulation de scène 3D
- Mais pas de réelle définition !
  - Un tableau ou une liste est un graphe de scène
- Vous pouvez jeter toute la littérature dessus
  - Chacun a sa propre définition, sa propre interprétation et sa propre implémentation

iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Exemples d'implémentation

- OpenSceneGraph
- OpenSG
- Middleware (moteurs 2D/3D, de jeu)
  - Ex : http://www.cocos2d-x.org/wiki/Scene_Graph
- Three.js Object3D

iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Que retenir ?

- C'est un graphe
  - Constitué de nœuds (*node*)
  - Généralement acyclique
  - Souvent arborescent (*tree*) : relation de parenté
  - Logique d'association : 2 nœuds du graphe qui sont connectés ont une relation particulière
- Il gère le contenu de la scène
  - Le contenu est représenté par les nœuds du graphe
- C'est une sorte de patron de conception (*design pattern*)

iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Architecture habituelle

- La relation de parenté est associée à la spatialité
  - Les *nodes roues* (d'une voiture) seront enfants du *node chassis* (de la voiture)
- La structure du graphe est dynamique
  - Le stylo sur la table change de *parent* quand il est pris en main
- Le *design pattern Traversal* permet de parcourir le graphe
  - Le graphe n'est que les données
  - Les opérations fonctionnelles sont exécutées par les objets *Traversal* :
    - ex : (*query*) récupérer la liste des nœuds de type *chassis*

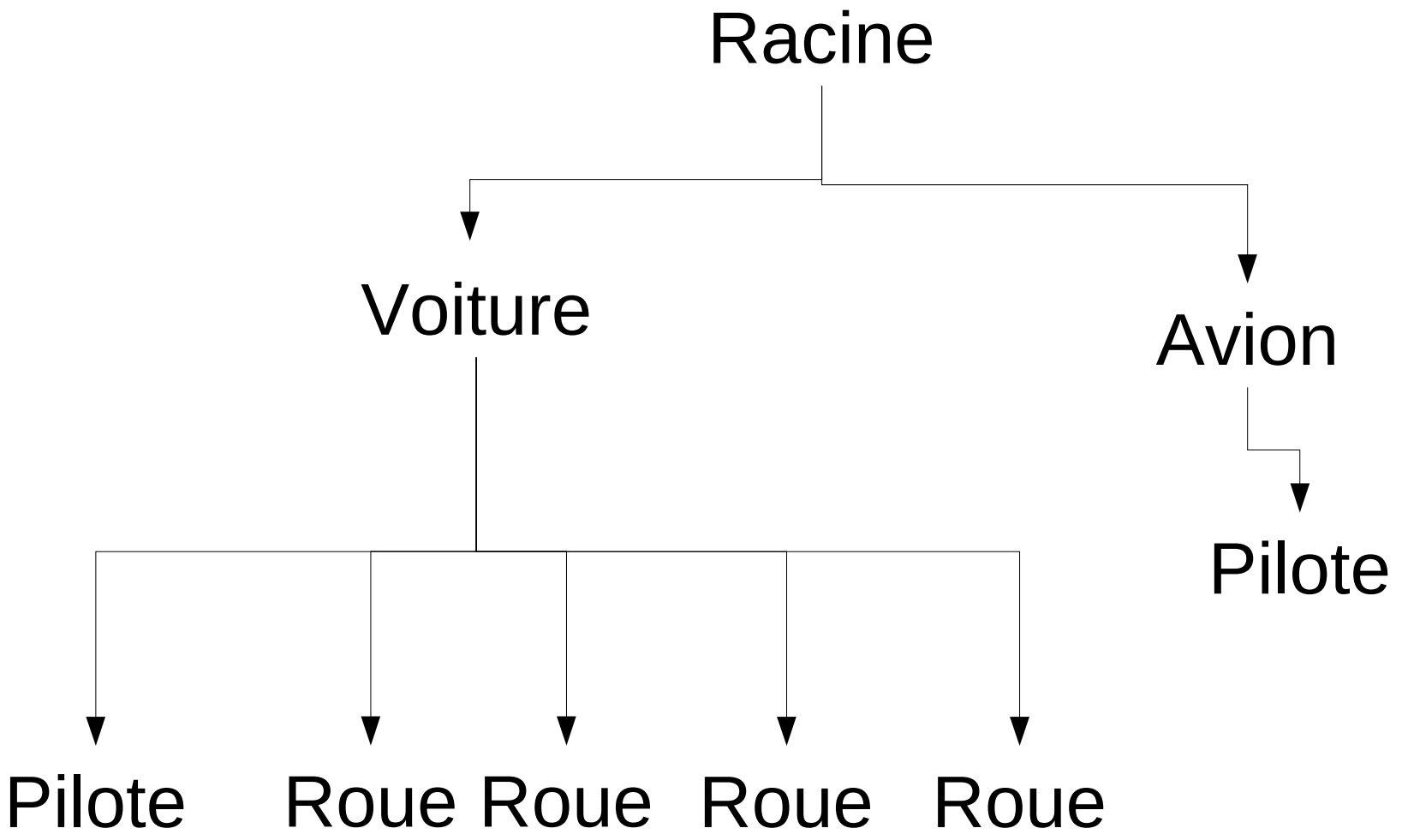
iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Limitations

- Architecture lourde
  - Les objets *node* sont des « gros » objets informatiquement parlant
  - Pas adapté pour les performances brutes
- Le graphe acyclique ne gère pas tous les cas
  - Le stylo sur la table qu'on pousse avec un doigt : est-il le nœud fils de la table (association par la gravité) ou du doigt (actionneur du mouvement) ?
  - Le projectile est-il associé au tireur, ou à la cible, ou indépendant ?
- Le *design pattern Traversal* est pénible
  - Un peu comme le *pattern Visitor*

iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Exemple



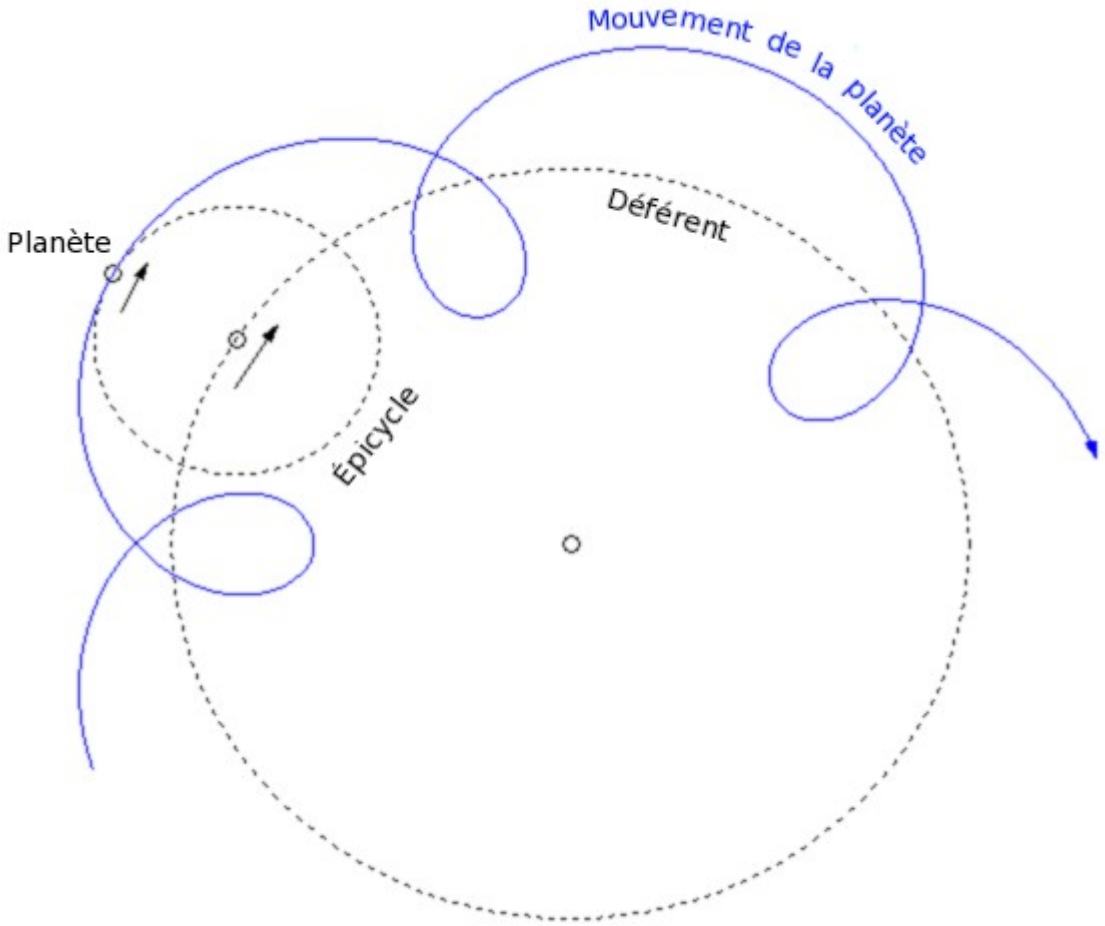
iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Chaînage des transformations

- La représentation en arbre se prête bien à la cumulation de transformations
  - L'objectif est au final de connaître les positions par rapport à la caméra
  - La position de certains objets peut être complexe dans un repère absolu
    - Comment calculer la position de la Lune par rapport au Soleil ?
  - Mais simple dans d'autres repères
    - Lune = Trajectoire circulaire autour de la Terre
    - Terre = Trajectoire circulaire autour du Soleil

iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Chaînage des transformations



(source : wikipedia)

Chaînage des transformations (suite)

- Outil mathématique : la matrice
  - Chaîner 2 transformations revient à une multiplication de matrices
    - C'est super cool
    - C'est ce qu'on a déjà fait dans le vertex shader
- Généralement implémenté dans les *scene graph*
  - Le calcul de position se fait automatiquement du moment que les objets sont dans un *scene graph* avec une relation parent/enfant
  - C'est le cas dans Three.js

iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Structure d'accélération

Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Problématique

- Une scène peut être très conséquente
  - Ex : Open world
- Selon le traitement effectué la quantité d'objets à traiter peut être un goulot de performance
  - Affichage
  - Calcul de collisions
  - Mise à jour de l'état des agents/acteurs
  - Etc.

iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Solution

- Ne traiter qu'une partie des objets !
- Comment réduire efficacement le champ des objets à traiter ?
- Les structures d'accélération permettent cela dans le cas des traitements relatifs à l'organisation spatiale

iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Confusion courante

- Dans beaucoup de moteurs, les notions de graphe de scène et de structure d'accélération se superposent bien que les 2 concepts répondent à 2 problématiques séparées
  - Graphe de scène : problématique d'organisation des données
  - Structure d'accélération : problématique de performance

Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Exemple d'usage

- Occlusion culling : éliminer du traitement tout ce qui n'est pas visible
  - Hors champ
  - Caché par des murs/montagnes
  - Utilisé pour l'affichage
- Détection de collision
- Ray tracing/casting :
  - Picking/sélection au clic de souris

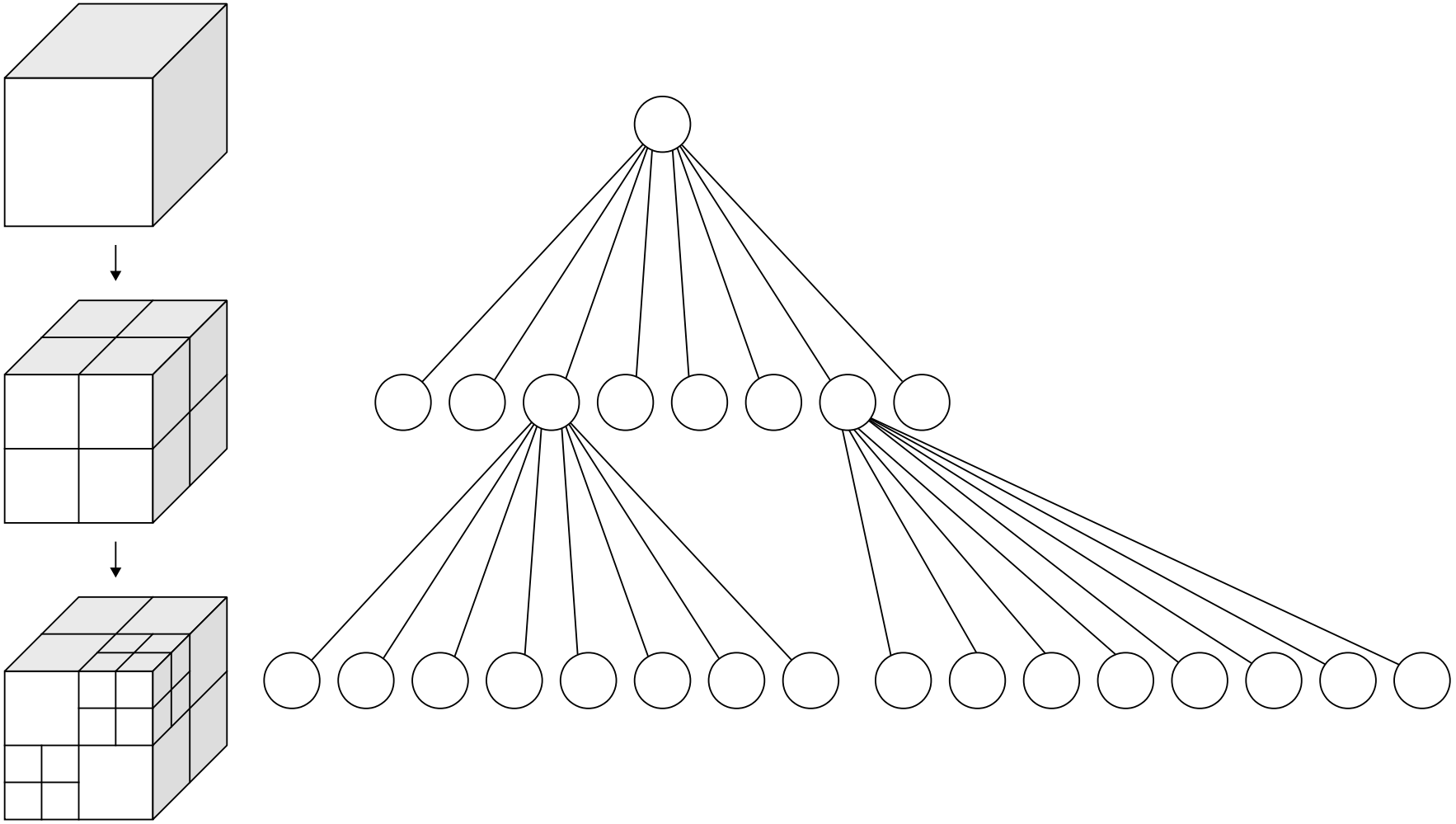
iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Construction habituelle

- Aux objets sont associés une représentation simplifiée
  - Généralement la boîte ou la sphère englobante
    - Le test d'intersection est peu coûteux (par rapport à tester les 30000 triangles du mesh)
  - Ces substituts doivent être conservatifs
    - Sinon artefacts visuels
- Ces versions simplifiées sont les briques élémentaires manipulées par la structure d'accélération

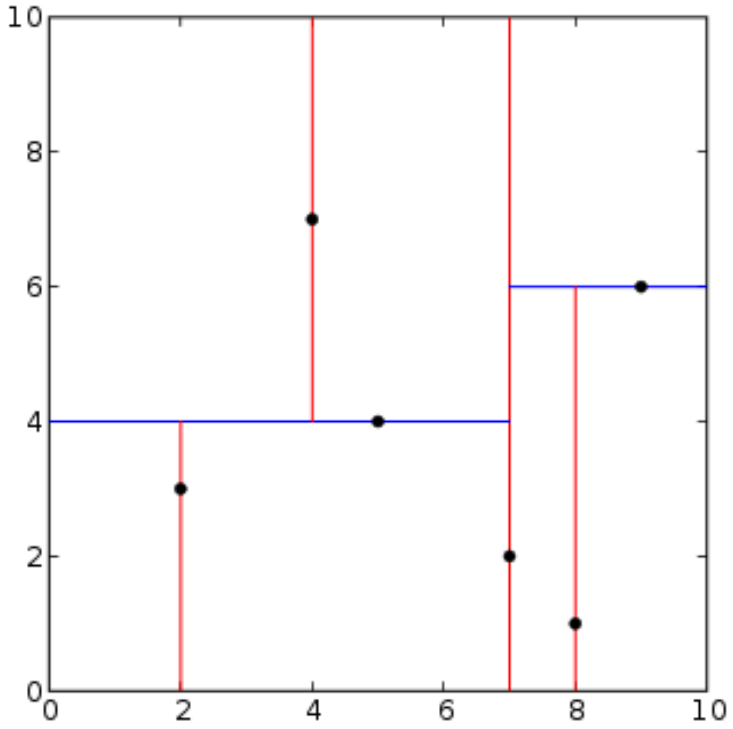
iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

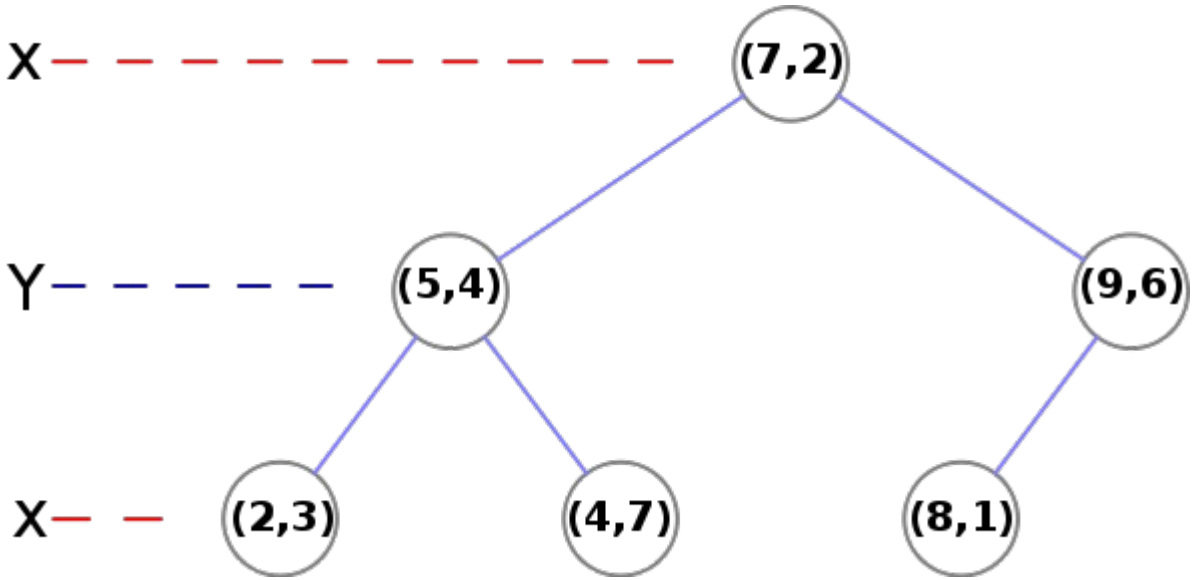
Octree



(source : wikipedia)

k-d tree

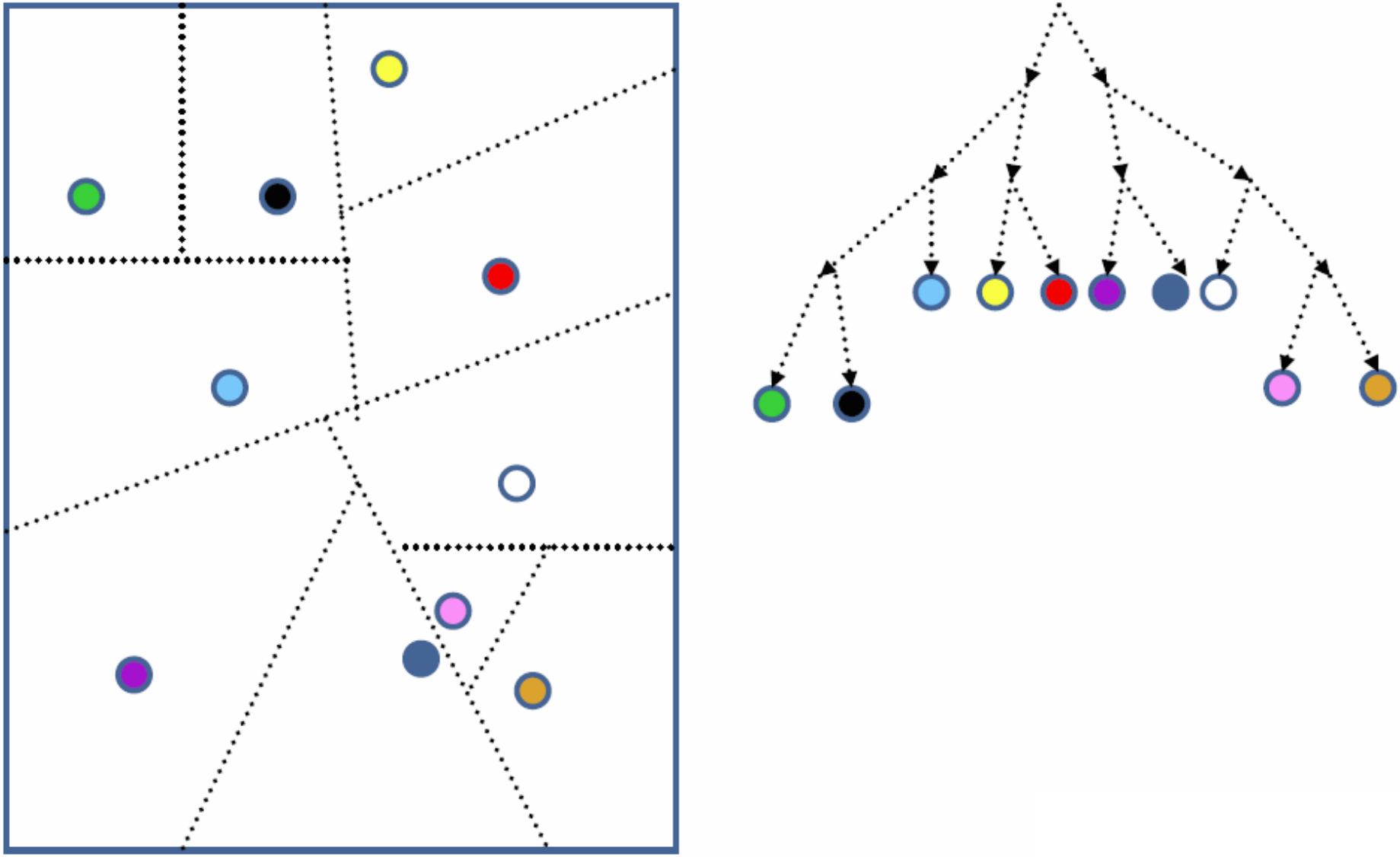




Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

(source : wikipedia)

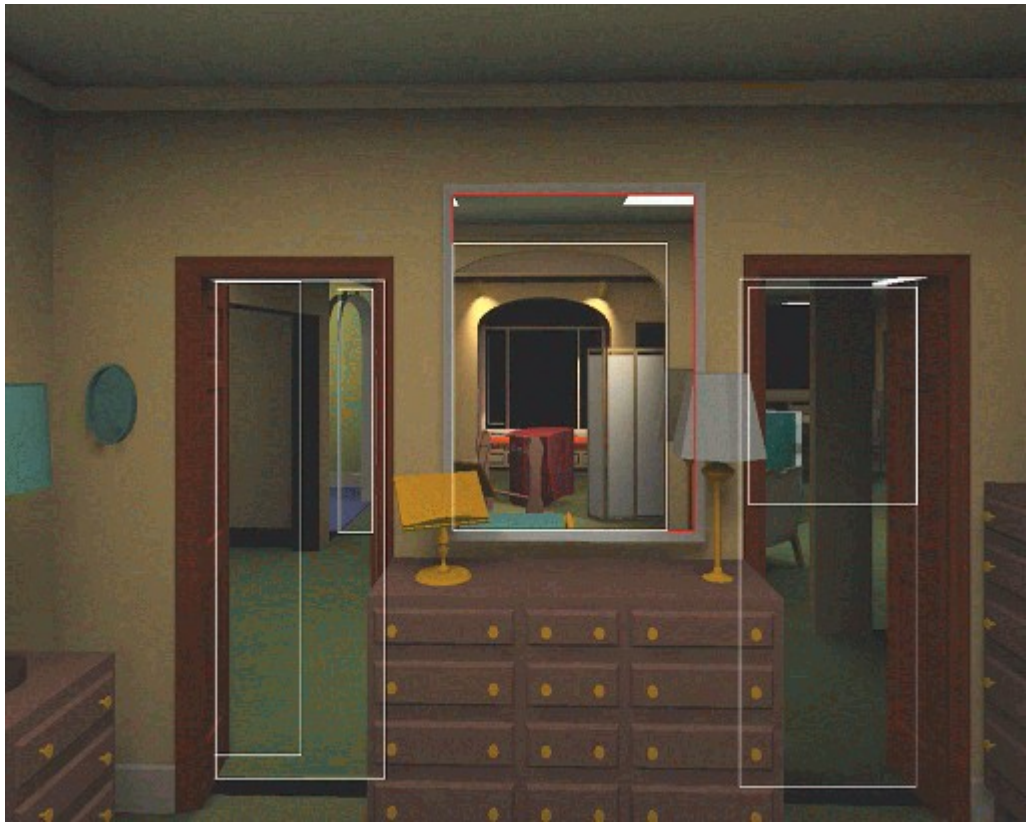
BSP tree

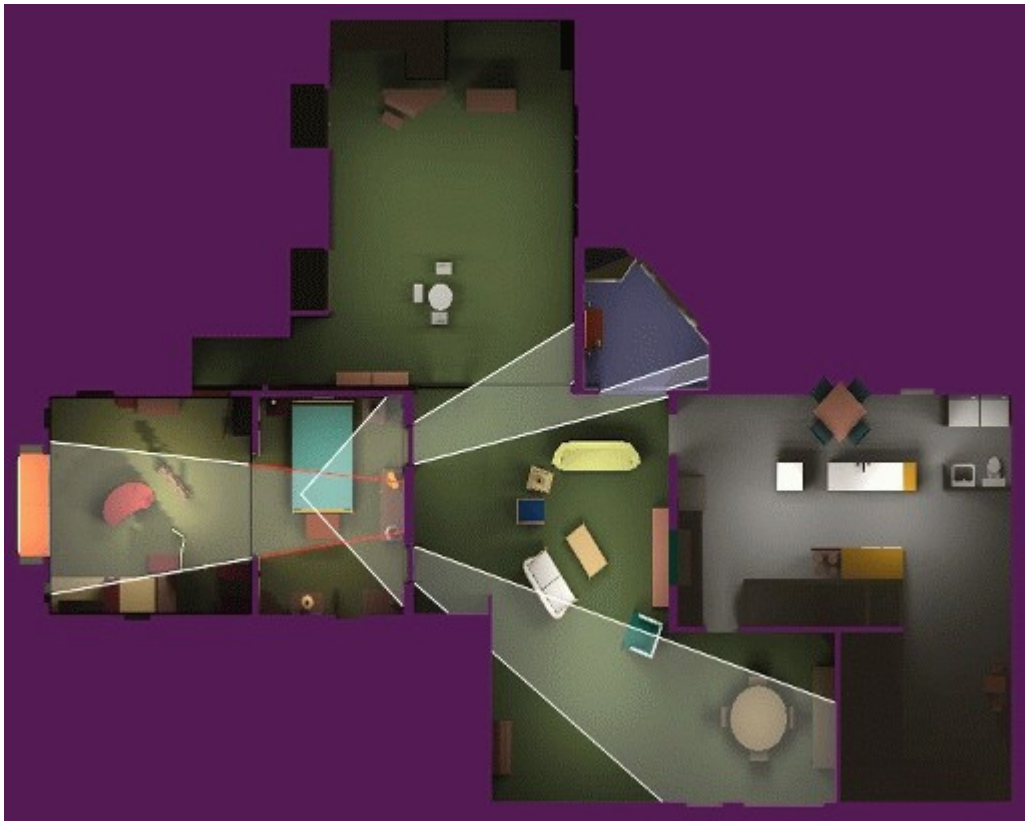


Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

(source : robotics.stackexchange.com)

Portal / PVS





(source : http://users.csc.calpoly.edu/~zwood/teaching/csc572/final12/iseletsk/)

Shadow mapping

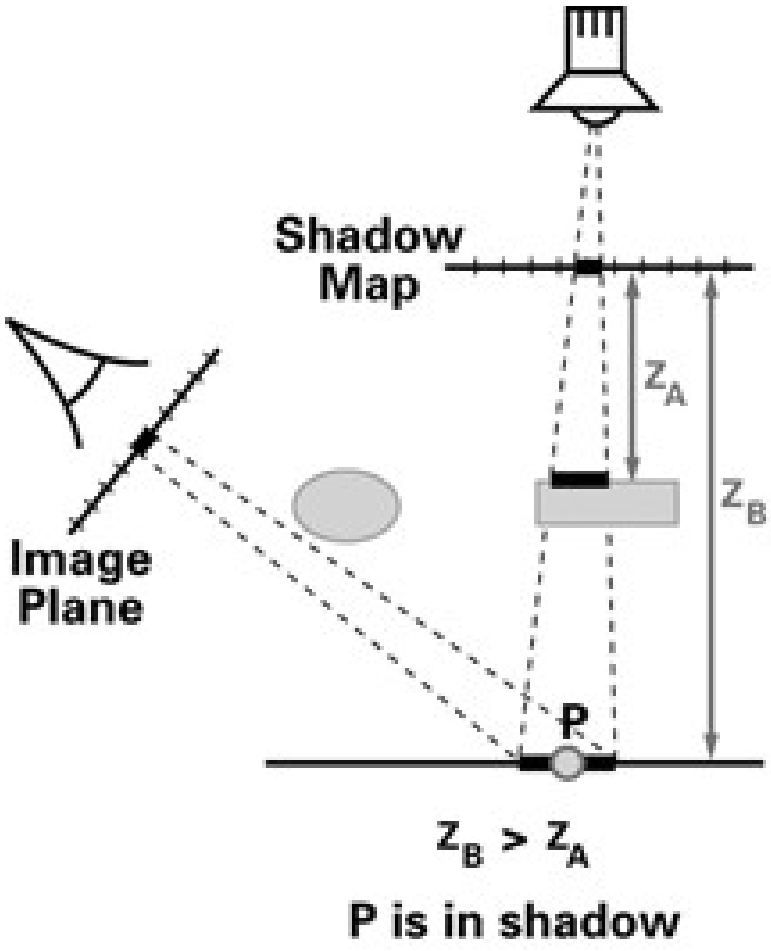
Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

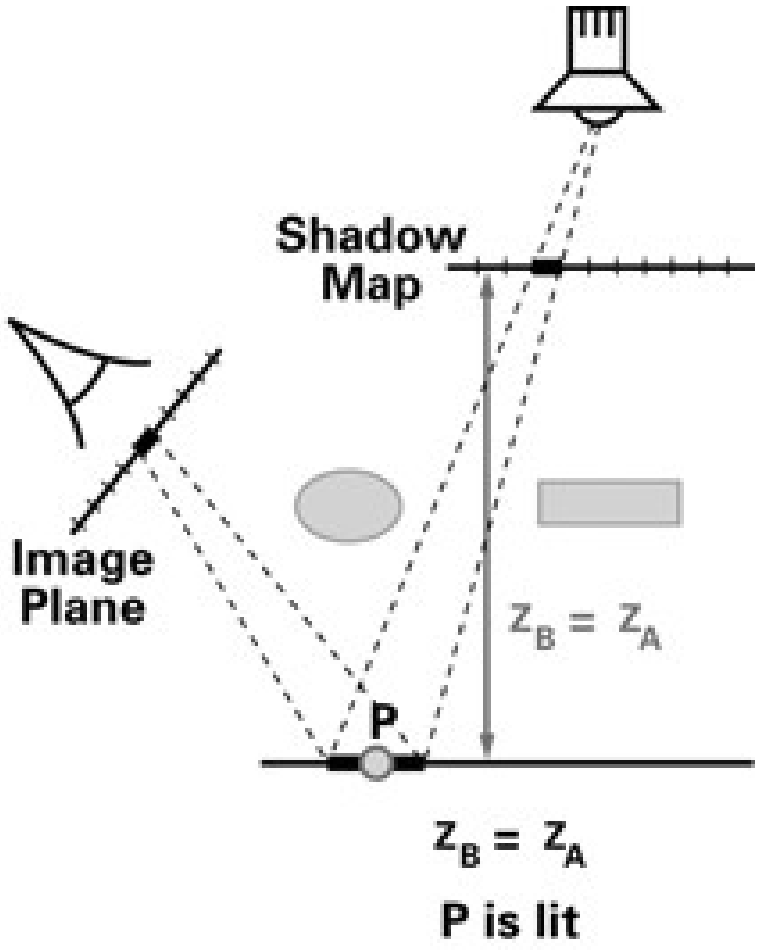
Problématique : les ombres

- Ombre = absence de lumière
  - Occlusion par des objets
- Comment savoir si l'on est dans l'ombre ?
  - Force brute : vérifier tous les objets pour voir s'il y en a qui bloque la lumière → impossible en temps réel
  - Moyen plus économique : shadow mapping
    - Il existe aussi la technique des shadow volumes

iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Explications





(source : http://developer.download.nvidia.com/CgTutorial/cg_tutorial_chapter09.html)

Pourquoi le shadow mapping ?

- Avantages :
  - Mêmes principes que la rastérisation de la scène pour l'affichage, mais vu de la lumière
  - Simplicité de l'algorithme (dans une certaine mesure)
- (Quelques) Inconvénients :
  - Crénelage
  - Imprécisions
  - Coût en mémoire et en performance :
    - Un rendu complet et un buffer par source lumineuse
  - Voir :
    - https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ee416324(v=vs.85).aspx
    - https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ee416307(v=vs.85).aspx
- Y'a pas mieux pour le moment

iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Animation

iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Animer, c'est quoi ?

- Faire évoluer dans le temps des valeurs
- Quelques valeurs à animer :
  - Position, rotation
    - → mouvement des objets
  - Couleurs, positionnement des textures
    - → change l'aspect des objets
  - Positions des sommets
    - → déformation des objets
    - Morphing
    - Skeletal animation / Skinning
      - Avec l'aide d'un squelette/d'une armature support

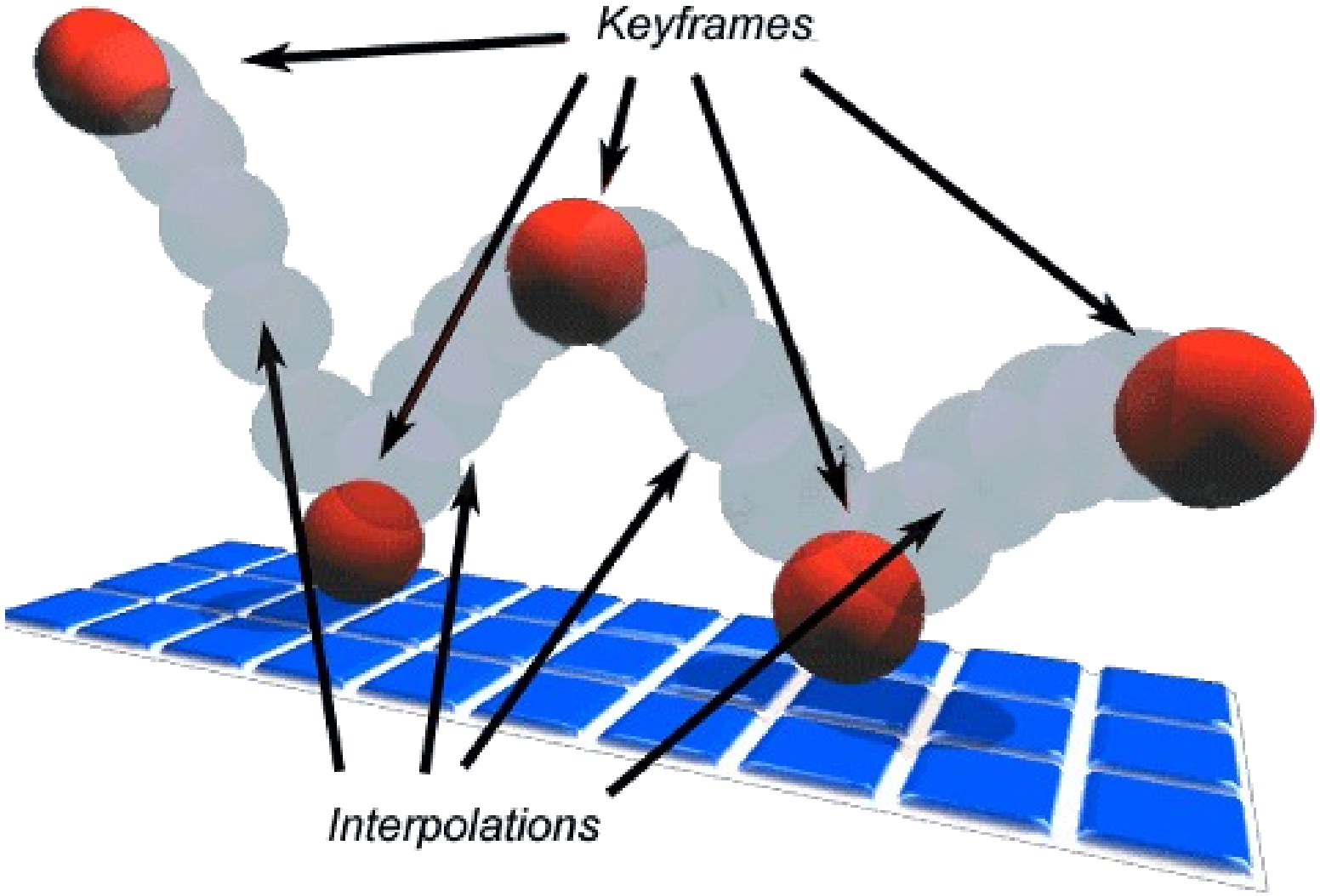
iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Comment animer ?

- Animation procédurale
  - À partir de formules mathématiques, courbes, fonctions d'évolution dans le temps : x = f(t)
- Animation par keyframe
  - Valeurs prédéfinies à des instants t, avec une interpolation entre ces instants
- Motion capture
  - Valeurs extraites à partir de capture du monde réelle
- Cinématique inverse
  - Valeurs calculées à partir de contraintes mécaniques (on s'approche du moteur de physique)

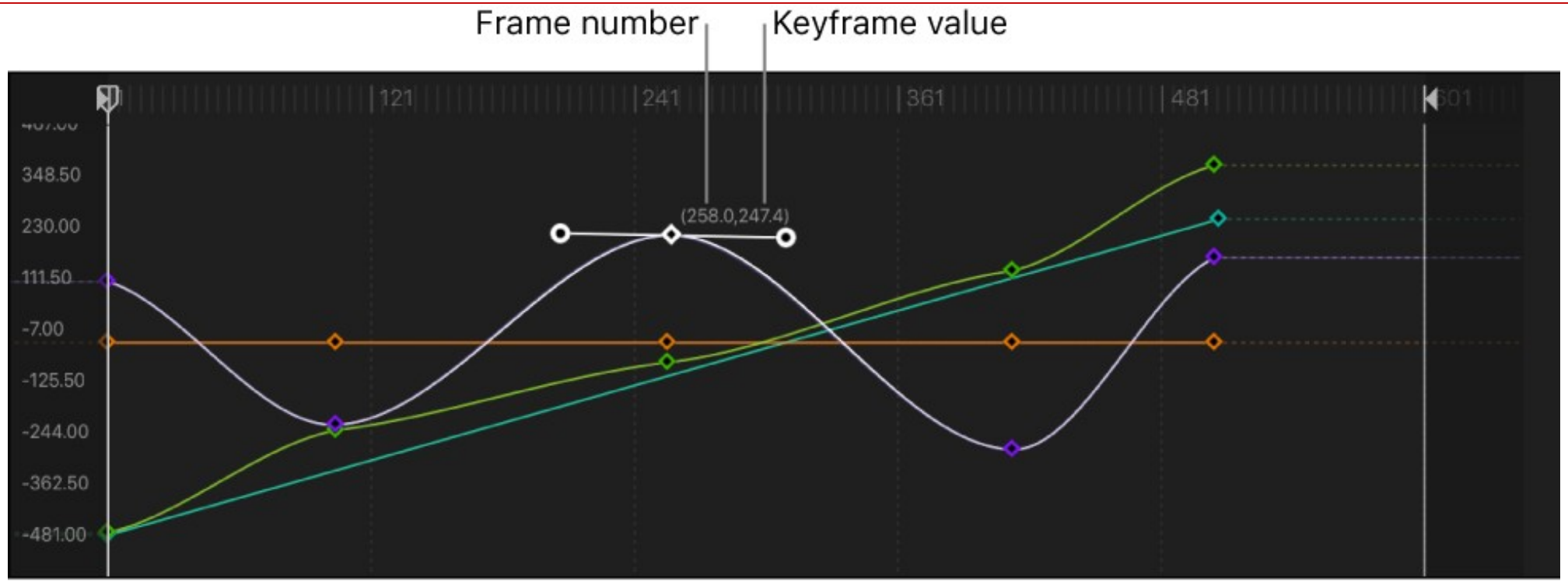
iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

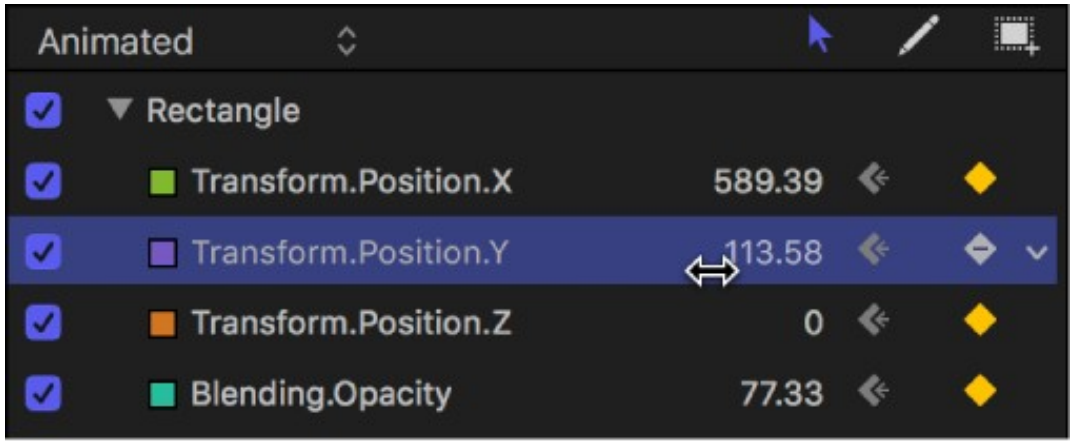
keyframing



(source : http://www.erimez.com/misc/Softimage/tutorials/si_help/introduction/si_uk_motion_intro.htm)

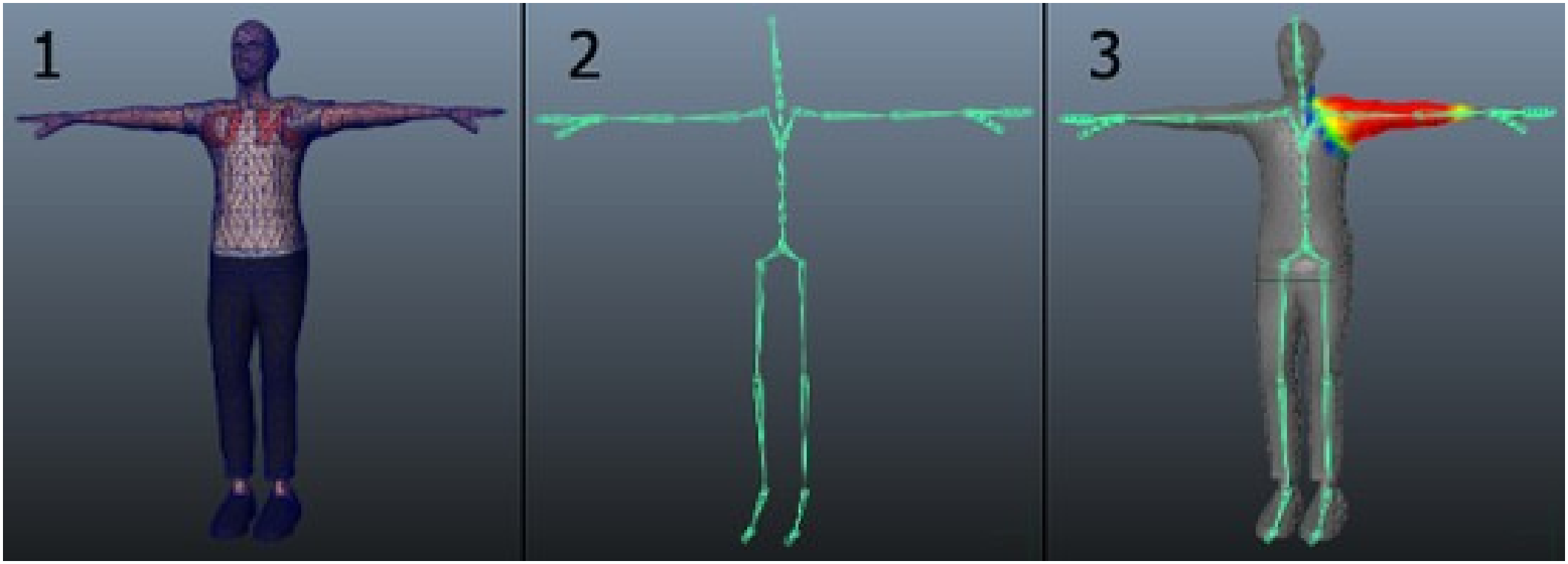
keyframing





(source : https://support.apple.com/kb/PH16088?locale=fr_FR&viewlocale=en_US)

Skinning/rigging



Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

(source : https://docs.unity3d.com/430/Documentation/Manual/UsingHumanoidChars.html)

Moteur de particules

Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Pourquoi ?

- Cas spécifiques difficiles à reproduire de manière directe
  - Particulaires : gouttes de pluies, feux d'artifices, étincelles
  - « Brumeux » : fumées, nuages
  - Filaires : herbes, poils
- « Simulation » basique
  - Simplification physique, modèle approximatif
- Habillage travaillé : textures, couleurs, randomness
  - Puff (nuage, fumée)
  - Flare, scintillements, bloom (sprites, billboards)

iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Moteur de physique

Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Toujours reproduire le monde réel

- Simuler les règles de la mécanique pour produire des animations réalistes

iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Quoi simuler ?

- Collisions, *collision detection*
- Mécanique du solide indéformable, *rigid body*
- Solides déformables, *soft body*
- Mécanique des fluides, *fluid*
- Fracturations
- Tissus
- Poils, cheveux

iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Exemples

- http://brm.io/matter-js/demo/#mixed
- http://chandlerprall.github.io/Physijs/
- http://kripken.github.io/ammo.js/examples/webgl_demo_softbody_volume/index.html
- http://madebyevan.com/webgl-water/

iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Récapitulatif du module

Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Les grandes notions

- Les APIs et les middleware 3D
- Le pipeline du GPU
  - Rastérisation
  - Shaders
- La géométrie des objets : maillages
- L'aspect des objets : réflectance des surfaces

iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Pour aller plus loin

- Le module est une introduction succincte
  - Explorez par vous-même si ça vous intéresse
    - Étudiez, programmez !
    - Ce sont des connaissances que vous n'aurez pas l'occasion de développer dans un cursus d'enseignement standard (temps trop limité)
    - Ressources
      - Internet :
        - » http://www.realtimerendering.com/
      - Livres

iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Compléments

Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Modeleurs 3D

- Logiciels de création de données 3D
  - 3ds Max, Maya, Mudbox (Autodesk)
  - Sketchup
  - Rhino3D
  - ZBrush
  - Blender
  - VUE
  - Modo
  - ...

iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

Offline (non temps-réel)

- Applications médias passifs
  - cinéma, TV, animations, illustrations
- Domaine très différent du temps réel
  - Temps de calcul théoriquement illimité
  - Plus de possibilités d'effets
    - Global illumination
    - Caustics
    - Subsurface scattering
    - Participating media (effets volumétriques)
    - Fluides (Navier-Stokes)
- Algorithmes différents
  - REYES
  - Radiosité
  - Ray tracing
    - (bidirectional) path tracing, Photon mapping, MLT (Metropolis light transport), etc.

iut Robert Schuman
UNIVERSITÉ DE STRASBOURG