

Département d'informatique

**Cours de Master 1
Image et Vie Artificielle (IVA)**

Module :
**Animation, Réalité virtuelle et réalité
augmentée**

Pr. CHERIF Foudil



Chapitre 2

Animation générée par ordinateur

Animation générée par ordinateur

- L'ensemble de la production du film est réalisé sur ordinateur :
 - de la modélisation des objets d'une scène aux mouvements de caméras en passant par la mise en couleur, l'éclairage, ...
 - la prise en compte du temps dans l'évolution des phénomènes:
 - Mouvement de systèmes électromécaniques (robots)
 - Réactions chimiques (fruit en décomposition)
 - Mouvements de fluides, de gaz (nuages, chute d'eau)
 - Conduction de la chaleur (plaque de cuisinière qui chauffe)
- L'expérimentation de ces phénomènes est souvent coûteuse, voire impossible
 - Collision d'objets (collision de véhicules)
 - Phénomènes naturels (explosions)
 - Objets déformables (verre qui éclate en morceaux)
 - Modélisation humaine (patinage artistique)
 - etc.
- Il peut être plus facile et plus rentable de procéder à des simulations graphiques des phénomènes.

47

Simulation graphique de ces phénomènes

- La simulation graphique repose sur les techniques d'animation.

Une animation représente donc une scène évoluant dans le temps.

- Différentes caractéristiques de la scène peuvent évoluer dans le temps :
 - position (automobile)
 - orientation (bras de robot)
 - taille (croissance d'une plante)
 - forme (cœur humain)
 - couleur ou texture (visage qui rougit de gêne)
 - transparence (brouillard qui va en s'épaississant)
 - paramètres d'ombrage,
 - la caméra (position de l'observateur, point d'intérêt, angle de vue)
 - caractéristiques (intensité, position, ...) des sources lumineuses (diminution de l'éclairage)
 - etc.

48

Animation en temps réel et animation image par image

Animation en temps réel :

L'ordinateur calcule les mouvements suffisamment vite pour les montrer à la bonne vitesse sur la station graphique.

Exemple : Jeux vidéos, simulateurs de vol.

Pour y arriver, - on simplifie les décors ou
- on utilise du matériel souvent très coûteux ou
- on opte pour une animation simple (2D par ex.)

Note : Grâce aux recherches dans le domaine du parallélisme, l'idéal devient de plus en plus la réalité.

Synthèse d'images

49

Animation en temps réel et animation image par image

Animation image par image en temps différé :

Calcul des images + enregistrement sur bande vidéo, film, cd-rom, ...
+ projection à une cadence rapide.

Note : Les images calculées peuvent prendre une fraction de seconde à plusieurs heures.

Exemple 1 (temps réel)

- Prenons un exemple:
- on veut déplacer le long de l'axe X, une automobile placée en $\langle 5,0 \rangle$ de 100 mètres en 5 secondes.
- On suppose que l'on tourne la séquence en 25 images par seconde, ce qui donne 125 images pour les 5 secondes. On pourra donc programmer cette animation de la façon suivante:

PASX:=100 / 125;

créer AUTO;

placer AUTO ($\langle 5,0 \rangle$);

dessiner AUTO;

pour IMAGE:=1 a 125

attendre;

effacer AUTO;

translater AUTO ($\langle \text{PASX}, 0 \rangle$);

dessiner AUTO;

Exemple 2 (image par image)

- La seule différence est
L'enregistrement de
l'image

```
PASX:=100 / 125;  
créer AUTO;  
placer AUTO (<5,0>);  
dessiner AUTO;  
pour IMAGE:=1 a 125  
    enregistrer l'image;  
    attendre;  
    effacer AUTO;  
    tradater AUTO (<PASX, 0>);  
    dessiner AUTO;
```

TP N°2: Animation image par image

- En utilisant un ensemble d'images presque identiques, créer une animation avec ces images.

Animation basée sur la capture de mouvement:

Motion capture ou Mocap



Définition

- La capture du mouvement, c'est quoi?
- **Ensemble des techniques et technologies permettant de mesurer les variables cinématiques et dynamiques caractérisant le mouvement d'une entité (animal ou objet) mobile.**



Définitions

- La capture du mouvement est le plus souvent appelée " **motion capture** " qui est le terme anglais.
- La motion capture est un procédé d'animation de personnages virtuels. Le principe de ce procédé est basé sur la capture de mouvements d'un acteur réel pour les appliquer ensuite au modèle virtuel. Ceci permet d'enregistrer les mouvements réels d'une entité (humain, animal, objet...).
- Dans la majorité des cas, la motion capture est assimilée à la capture du mouvement des humains et des animaux. Les parties les plus importantes sont les points d'articulation et les membres.



Que cache la motion capture ?

- La motion capture, ou **capture de mouvement** en français, est une technologie qui permet **d'enregistrer les mouvements** d'une personne ou d'un objet, et de **les reproduire dans un environnement virtuel**.
- Elle a été inventée à la fin du XXème siècle. C'est dans les années 1970 que l'armée et la recherche scientifique se sont intéressées au sujet.
- Des premiers essais ont été faits à travers l'étude des mouvements d'un cheval au galop qui ont été projetés sur écran.
- Cette nouvelle technologie a grandement contribué à l'étude des mouvements humains, permettant ainsi des avancées dans les domaines de la santé et de l'anatomie.

Domaines d'applications

- Depuis ces dernières années, la motion capture est de plus en plus souvent utilisées dans le **domaine du jeu vidéo, mais aussi celui du cinéma.**
- Cette technique a été largement popularisée par des films développés par le Studio Sony Imageworks,
- *Le Pôle Express*, sorti en 2004, fut le **premier long métrage** réalisé entièrement avec cette technologie.
- Les domaines d'applications où les technologies de capture du mouvement sont les plus développées sont les industries du film et du jeu vidéo, la télévision, la publicité.

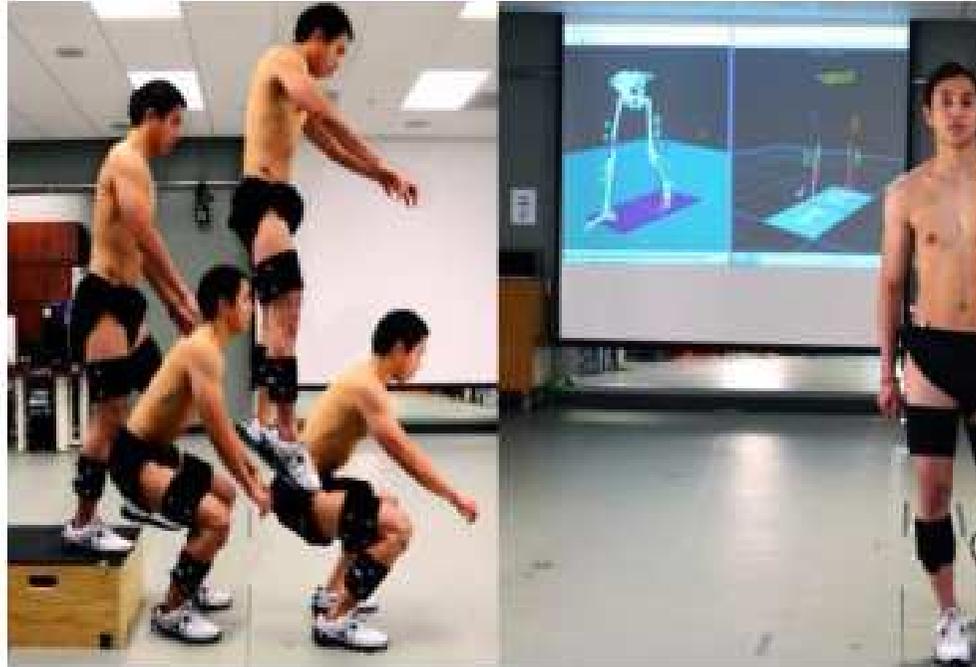
Domaines d'applications

- Domaine de la cinématographie



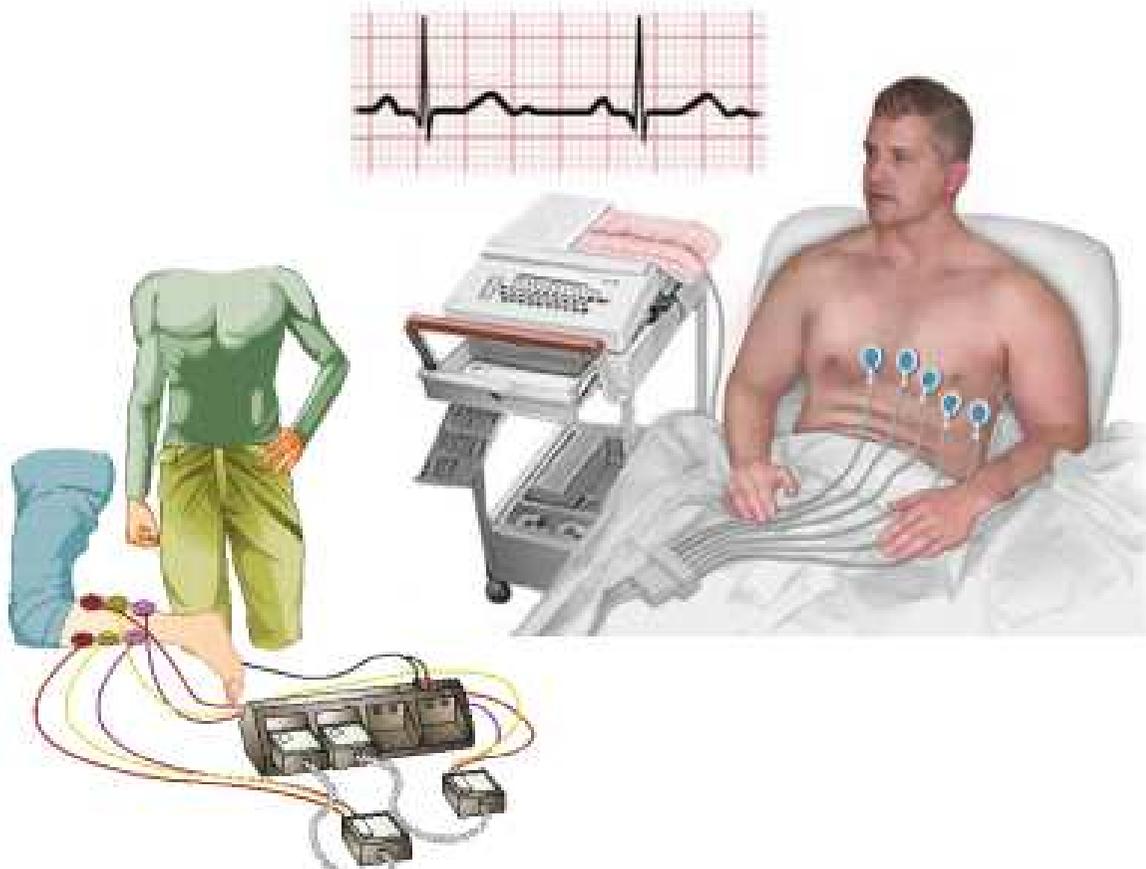
Domaines d'applications

- Analyse du mouvement humain



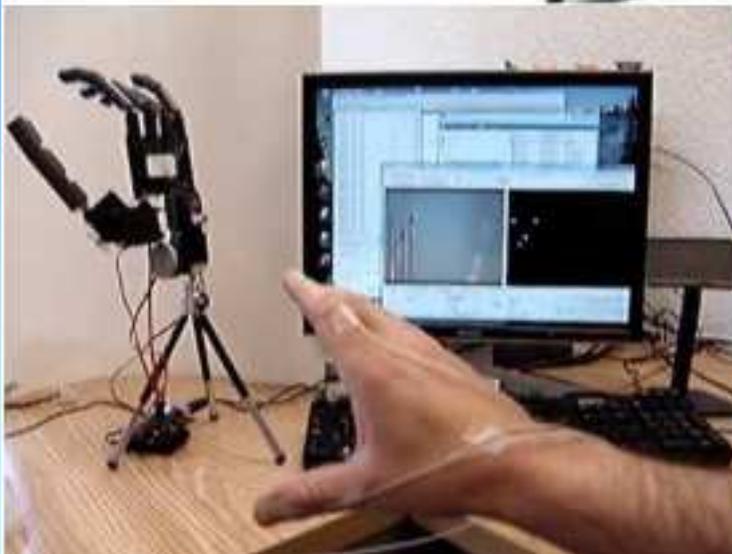
Domaines d'applications

- Médecine



Domaines d'applications

- Robotique



Domaines d'applications

- Jeux vidéo



Domaines d'applications

- la **médecine** développe maintenant des techniques précises d'analyse du mouvement de l'être humain permettant de déceler des anomalies et de proposer des modes de réhabilitation adéquats aux patients. Les exemples de *motion capture* appliqués à la biomécanique sont nombreux,
- Dans le monde **du sport** de haut niveau, des systèmes permettent aussi d'obtenir des informations précises sur les mouvements des sportifs pendant l'effort. Ces mesures permettent l'amélioration continue des techniques et l'atteinte de meilleurs résultats
- Par exemple, les champions de golf ont accès à des systèmes de capture de mouvement les aidant à corriger leurs techniques

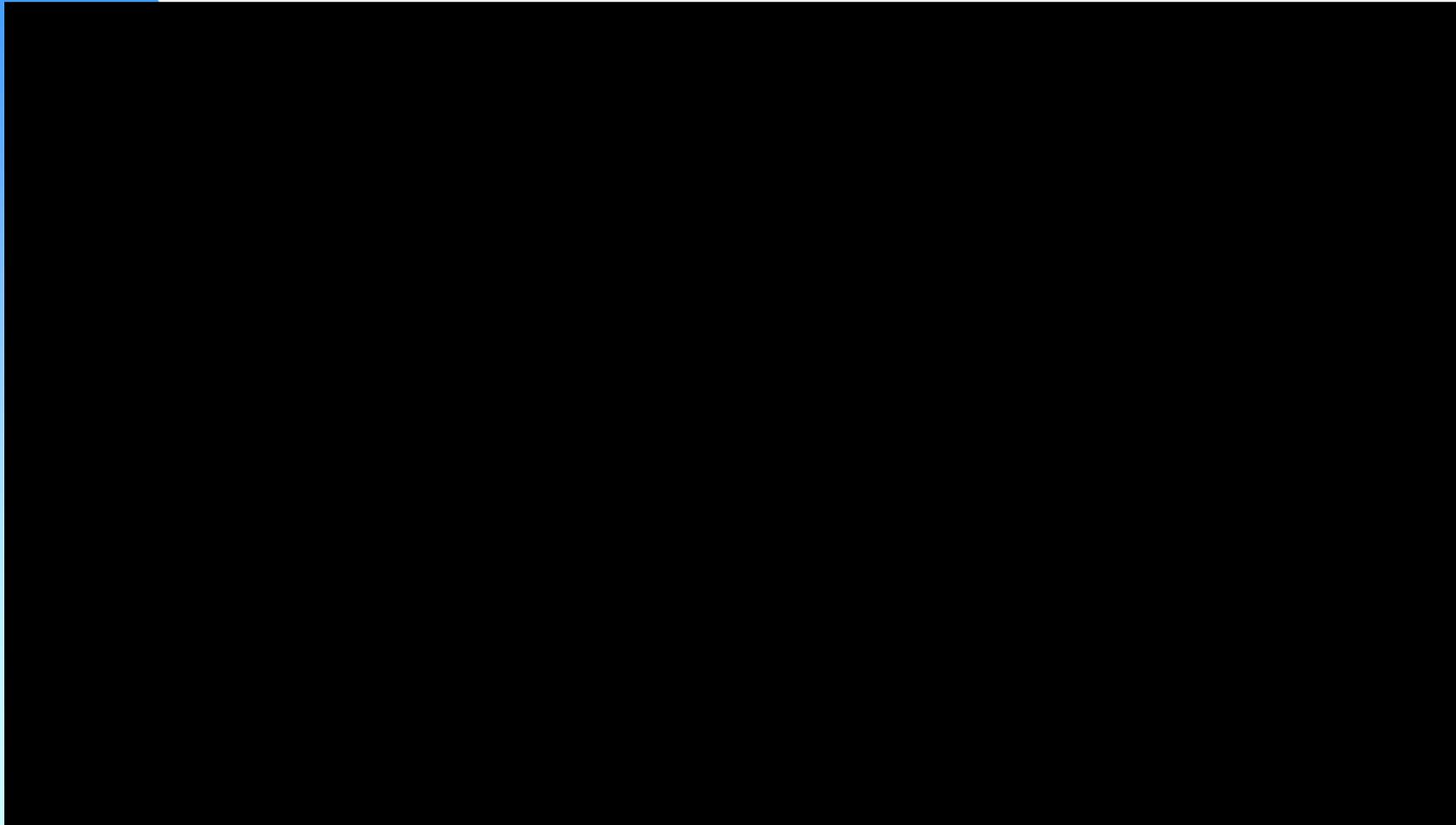
Types de captures

- - Capture du corps
- - Capture faciale
- - Capture du regard
- - Capture de la main et des doigts



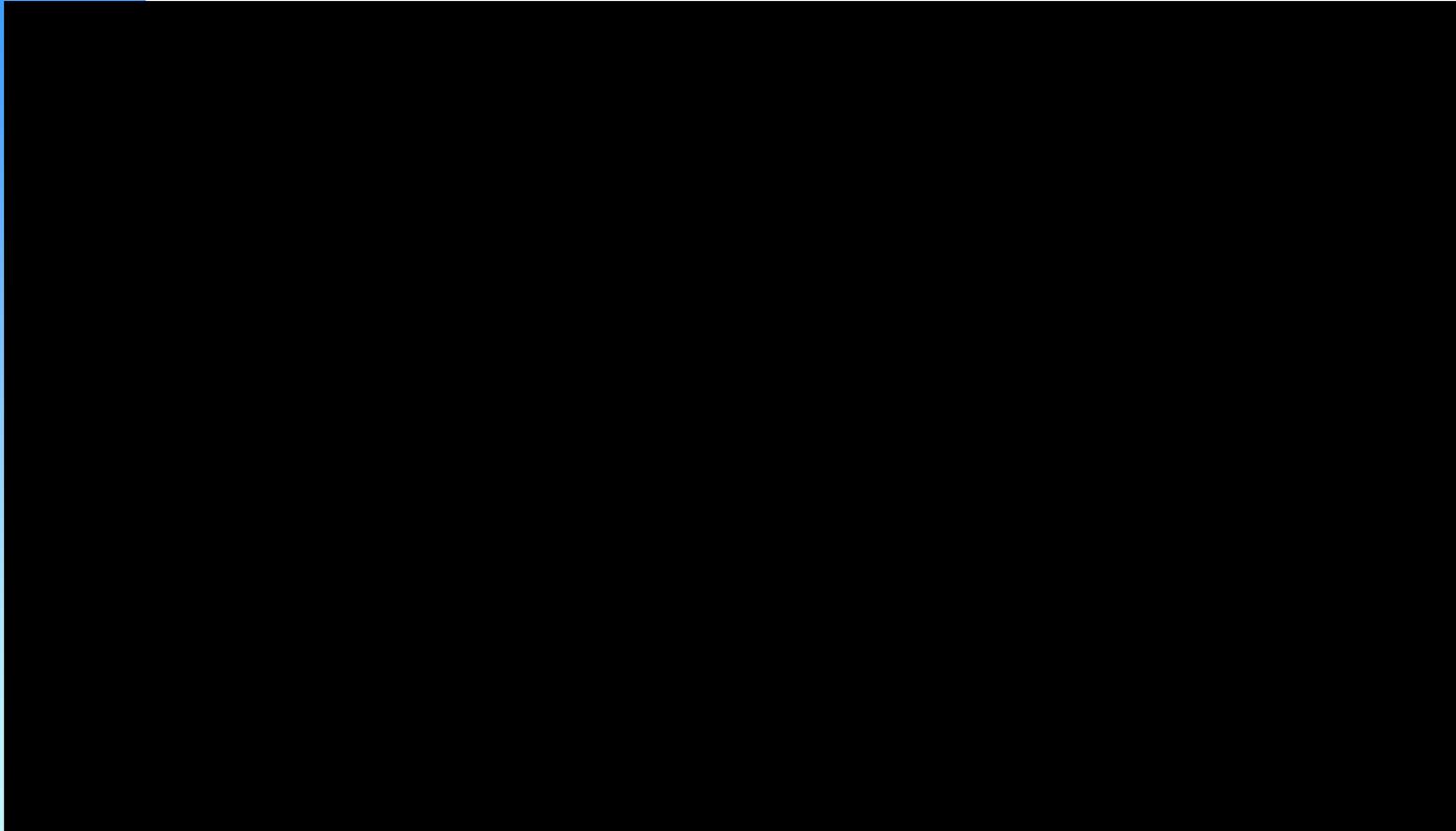
Types de captures

- Capture du corps:



Types de captures

- Capture faciale



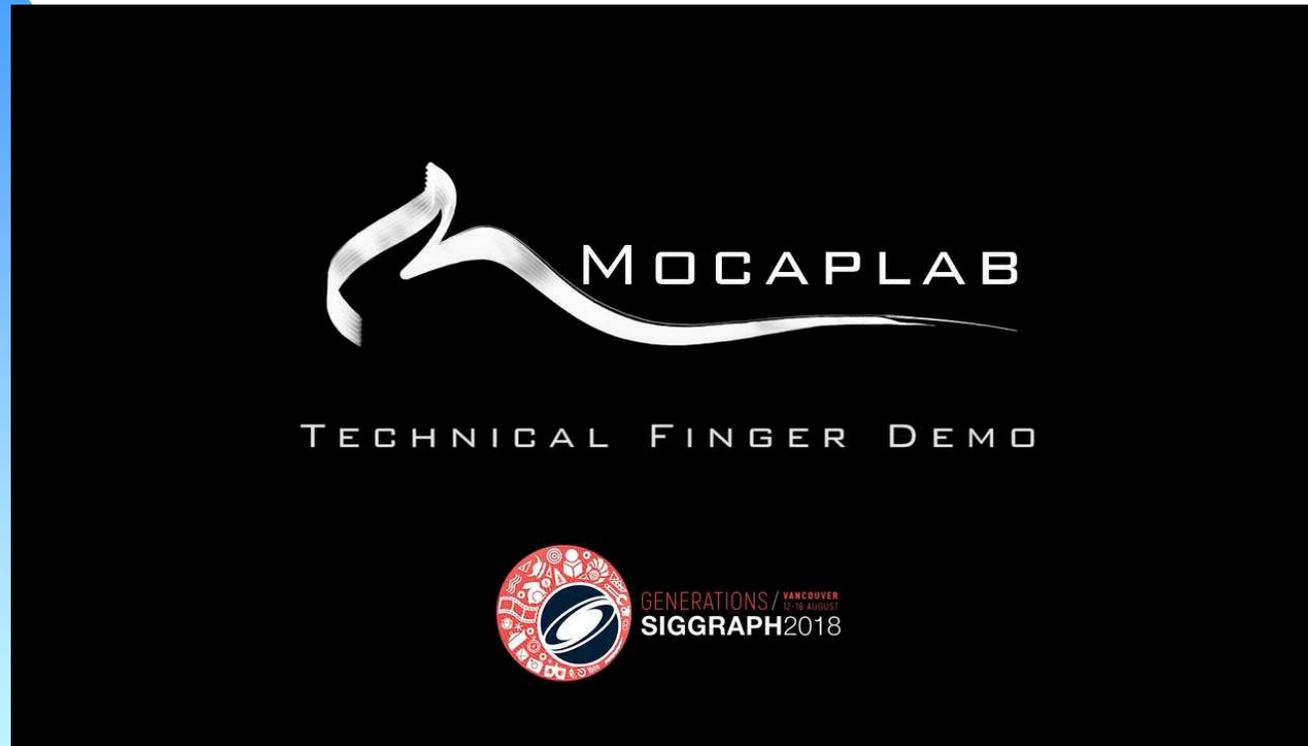
Types de captures

- Capture du regard



Types de captures

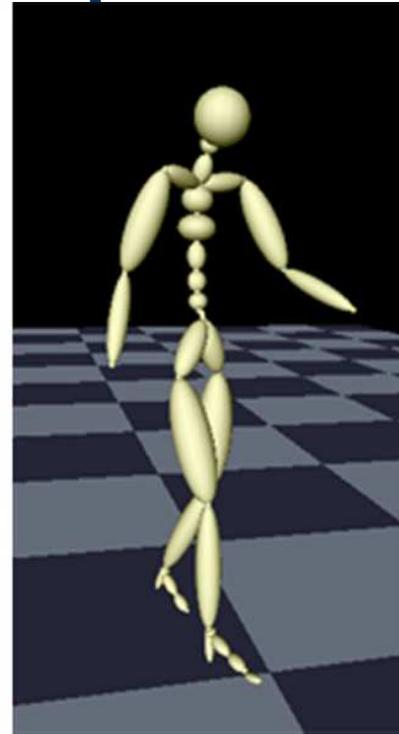
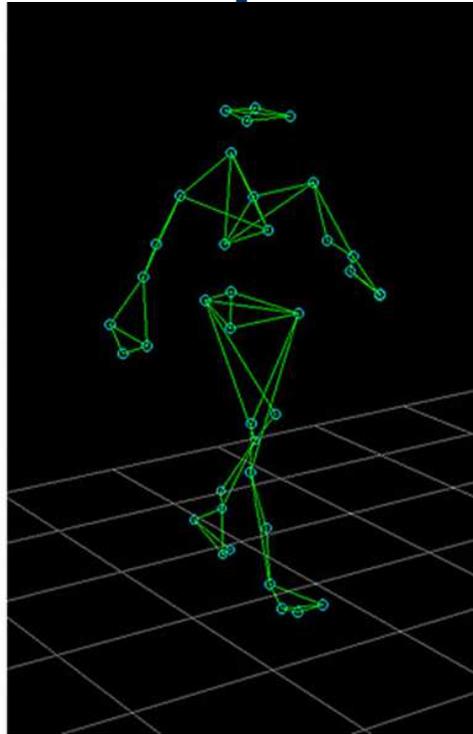
- Capture des doigts



Méthodologie de création de la séquence d'images

- Il s'agit:
- - De placer des capteurs sur un acteur vivant
- - D'enregistrer son mouvement
- - De faire correspondre ces mesures au mouvement de personnage virtuel
- **5 sortes de capture:**
- - optique
- - magnétique
- - mécanique
- - acoustique
- - par caméra

Etapes de capture



- Calibration
- Capture
- 3D Position Reconstruction
- Fitting to the Skeleton
- Post Processing: IK Inverse Kinematics

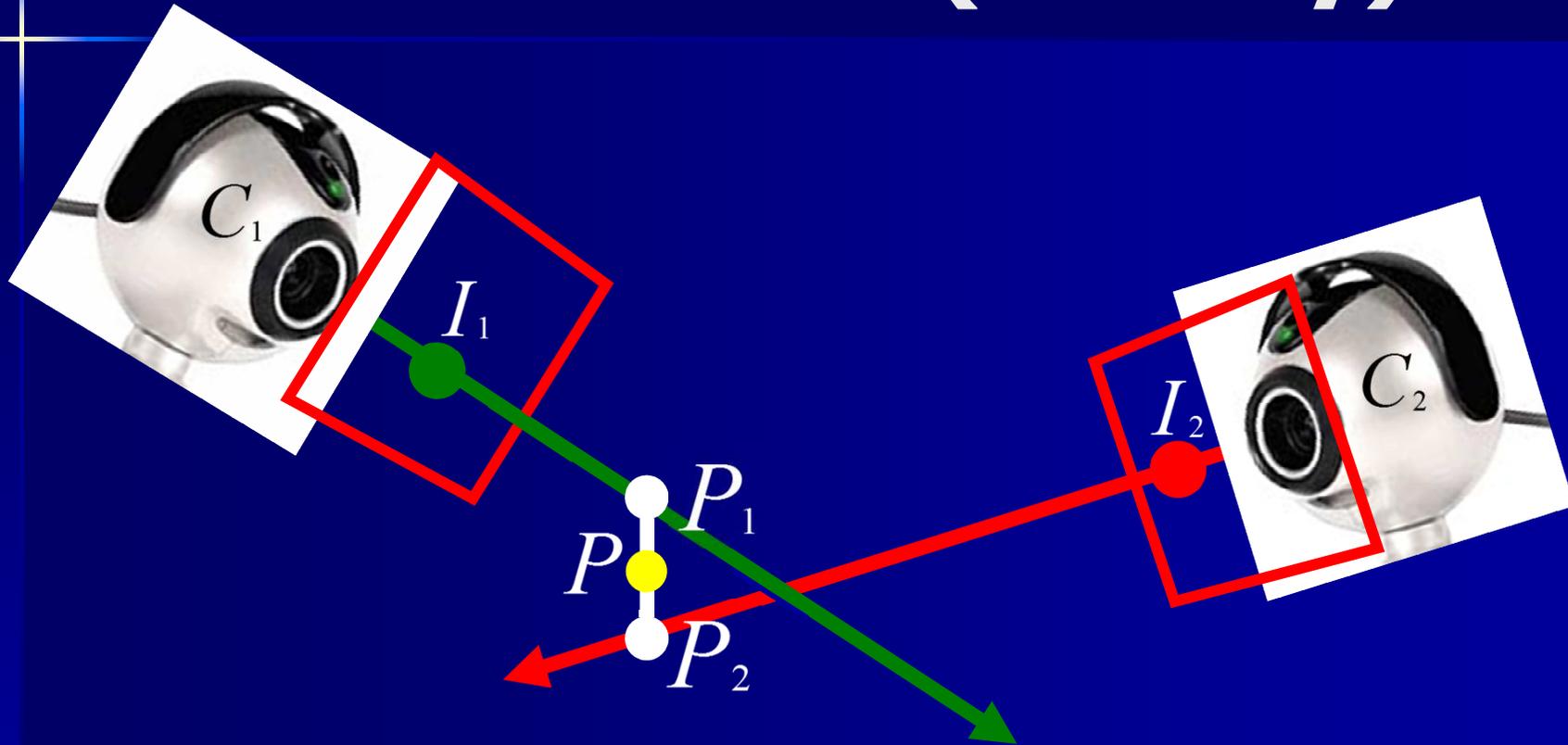
Calibration



Image Space	World Space
(X, Y)	(X, Y, Z)
(X, Y)	(X, Y, Z)
(X, Y)	(X, Y, Z)

$$C_1 = (x_1, y_1, z_1)$$
$$C_2 = (x_2, y_2, z_2)$$

3D Position Reconstruction (Reality)



Systèmes optiques de capture de mouvements

- Basés sur de petits capteurs ou marqueurs réfléchissant la lumière attachés au corps de la vraie personne.
- Pour déterminer les positions du modèle animé, il s'agit de repérer les positions des marqueurs.

➔ À chaque instant, on doit reconstruire l'acteur virtuel.

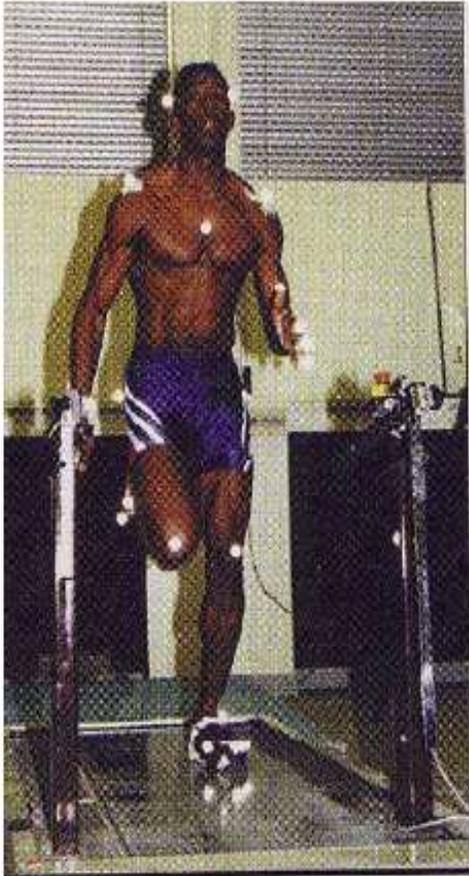
Exemple :

On attache de petits capteurs aux articulations d'une personne et on enregistre la position de ces capteurs selon plusieurs directions.



Images provenant de MIRALab, Université de Genève.

Systèmes optiques de capture de mouvements



*Système Optique
(© Ecoutez Voir)*



*Système Optique — Capture de l'expression
faciale (© X-IST Realtime Technologies)*

Systemes optiques de capture de mouvements

Avantages :

- Aucun câblage
- Liberté de mouvement

Désavantages :

- Des marqueurs cachés empêchent la construction de l'acteur virtuel.

Exemple : La personne est couchée sur le dos.

- Des marqueurs trop proches pour les distinguer ce qui peut être corrigé en ajoutant des caméras (coût élevé).

Note : La plupart des systèmes opèrent avec 4-6 caméras.

- La capture ne se fait pas en temps réel et il n'est pas possible de travailler en lumière du jour.

54

Systeme optique

- **Inconvénients**
- Saisie en différé
- Le manque de “ feedback ” rend le jeu d’acteur difficile surtout pour des personnages dont la morphologie se différencie de la morphologie humaine
- Long temps de retouche
- Calibration de l’espace
- Prix élevé

Systeme optique



Systeme optique facial



10/03/2020 09:48

Animation et réalité virtuelle

35

Systèmes magnétiques de capture de mouvements

- Basés sur des capteurs magnétiques capables de mesurer leur position et orientation p/r à un transmetteur magnétique centralisé.
- Ces données permettent de construire l'acteur virtuel.



« sans fil »

Unité électronique recevant les ondes captées par les marqueurs



« avec fil »

Tiré de Jean-Pierre Couwenbergh, *La synthèse d'images Du réel au virtuel*. Marabout, 1998.

- ⊕ Permet une visualisation en temps réel.
- ⊖ Limite le mouvement de l'acteur.

55

- Pour le mouvement du corps humain, 11 capteurs sont nécessaires:
 - un sur la tête
 - un sur chaque bras
 - un sur chaque main
 - un autre au centre de la poitrine
 - un sur le bas du dos
 - un à chaque cheville
 - un sur chaque pied
- On utilise la cinématique inverse pour calculer le reste de l'information nécessaire.
- Les systèmes les plus populaires sont: Polhemus Fastrack et Ascension Flock of Birds

Systeme magnetique

- **Avantages**
- Temps reel
- Legèreté du matériel
- Les récepteurs sont petits et légers, et gênent très peu l'acteur dans ses mouvements
- Les nouveaux systemes magnetiques sans câbles permettent de saisir tous les mouvements sans contraintes
- Prix avantageux

Systeme magnetique

■ Inconvenients

- Perturbations magnetiques
- L'espace de travail est limite
- Insuffisante pour l'acquisition de mouvements tres rapides : sauts, performances sportives, etc.
- Les recepteurs sont fragiles et limitent les cascades

Systemes mécaniques de capture de mouvements ou marionnettes digitales

- Permettent l'animation de personnages 3D par l'utilisation d'un certain nombre de dispositifs d'entrée temps-réel : souris, joysticks, clavier, « datagloves », casque de visualisation, microphone pour émettre des commandes, ...

Tiré de Alberto Menache, *Understanding Motion Capture for Computer Animation and Video Games*. Academic Press, 2000, p. 31.



Tiré de Foley- van Dam – Feiner – Hughes – Phillips, *Introduction à l'infographie*. Addison Wesley, 1995, Planche 7.

56

Systèmes mécaniques de capture de mouvements ou marionnettes digitales

- L'information fournie par ces dispositifs d'entrée (p. ex. des angles d'articulation) permet de reconstituer le personnage animé.

Tiré de Jean-Pierre Couwenbergh, La synthèse d'images Du réel au virtuel. Marabout, 1998.



57

Systeme mécanique

- **Deux systemes**
 - Gipsy2
 - Body Tracker
-
- **Inconvénients**
 - Contraintes dans les mouvements
 - Encombrement du systeme



• Capteurs électro-mécaniques : Exosquelettes

Gipsy Full Body Motion Capture (env. 8000\$)

- 14 articulations dotées de capteurs angulaires (résolution 1/8^{ème} degré)
- Pas de batterie, alimentation USB
- Fonctionne à 30, 60 ou 120 fps
- Temps réel, pas de lag
- Pèse seulement 4 kgs

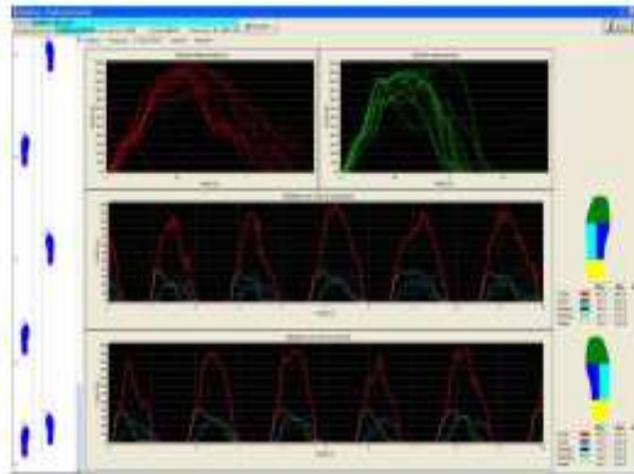


IGS-190™ Motion Capture System (env. 75 000\$)

- Vêtement en lycra doté de 19 articulations dotées de capteurs angulaires (résolution 1/100^{ème} degré)
- Pas de batterie, alimentation USB
- Fonctionne à 15, 30, 60 ou 120 fps
- Temps réel, pas de lag
- Pèse seulement 2 kgs

Animation
Simulation
Ergonomie
Analyse de la marche
Analyse en sport
Performances physiques

- Capteurs électro-mécaniques : Chaussures



Google Shoes



DynaFoot

Systeme à ultrasons(acoustique)

Acoustic Motion Capture utilise des émetteurs audio situés sur le corps de l'acteur qui émettent un «clic» lorsqu'ils sont activés par le mouvement. Les récepteurs mesurent le temps nécessaire pour que le son les atteigne et triangulent les données pour indiquer un point sur un plan 3D.

Cette méthode pose **un problème d'interface** audio qui affecte la précision de la capture de mouvement.

Autres inconvénients:

- Gamme limitée
- Nombre limité de capteurs
- Câbles sur le corps

Systeme à ultrasons(acoustique)

■ Avantages

- Grande précision
- Fréquence d'échantillonnage de 50Hz
- Bon Marché

■ Inconvénients

- Petit volume de travail
- Perturbations
- Sensibilité aux bruits

MOTION CAPTURE PAR CAMÉRA, MAIS SANS MARQUEUR !

- **The Captury lance Captury Studio** est une solution de motion capture optique très polyvalente sans marqueur, combinaison ou équipement vidéo imposé. Les acteurs vont pouvoir dire adieu à leur tenue spéciale
- Il permet la capture de mouvement d'humains et d'animaux avec flexibilité. Aucun marqueur, aucun costume, pas de studio, pas de matériel spécial nécessaire. Ce logiciel peut même capturer les détails en surface d'un costume en trois dimensions, comme les plis drapés d'une robe de bal !



Animation

MOTION CAPTURE PAR CAMÉRA, MAIS SANS MARQUEUR !

- Le système nécessite **entre 5 et 12 caméras ordinaires** – beaucoup moins qu’un studio hollywoodien de capture de mouvement – ce qui facilite l’installation et rend plus abordable les projets dans de multiples domaines, comme les **jeux vidéo**, le sport en direct, et la recherche médicale.
- Il génère un squelette numérique composé de 58 articulations qui se déplace en synchronisation avec la personne filmée en vidéo, en quelques millisecondes.
- **Captury Studio** est compatible Windows/Linux en 64 bits, et est proposé en deux versions :
- **Basic (1999€)** gère uniquement les humains, un seul à la fois, 8 entrées vidéo au maximum ;
- **Ultimate (4999€)** sans limitation sur le nombre d’entrées vidéo, et qui permet de gérer plusieurs humains/non-humains en simultané.

MOTION CAPTURE PAR CAMÉRA, MAIS SANS MARQUEUR !



10/03/2020 09:48

Animation et réalité virtuelle

49

MOTION CAPTURE PAR CAMÉRA, MAIS SANS MARQUEUR !

Avantages:

- capturing human motion anytime, anywhere
- very cheap
- films, sports footage, and internet videos.

Inconvénients:

- not a mature technology
 - quality is not as good as other capturing technologies.
-
- <https://www.createursdemondes.fr/2015/06/motion-capture-par-camera-mais-sans-marqueur/>
 - <https://www.createursdemondes.fr/2015/06/motion-capture-par-camera-mais-sans-marqueur/>

Inconvénients des Systèmes de capture de mouvement

Désavantages des systèmes de capture de mouvements

- La capture de mouvements devient impossible.
 - dans les activités de simulation en temps réel où la situation et les actions des personnages virtuels ne peuvent pas être prédits à l'avance.
 - dans les situations dangereuses où on ne peut pas impliquer une vraie personne.
- La capture de mouvements n'apporte pas de concept nouveau à la méthodologie de l'animation.

Avantages des systèmes de capture de mouvement

- **Par exemple mouvement de marche humaine peut être enregistré et ensuite appliqué à un acteur digital**
- **=> excellent mouvement, car provient directement de la réalité. (le seul avantage)**

Exemples



10/03/2020 09:48



Animation et réalité virtuelle

53

Exemples



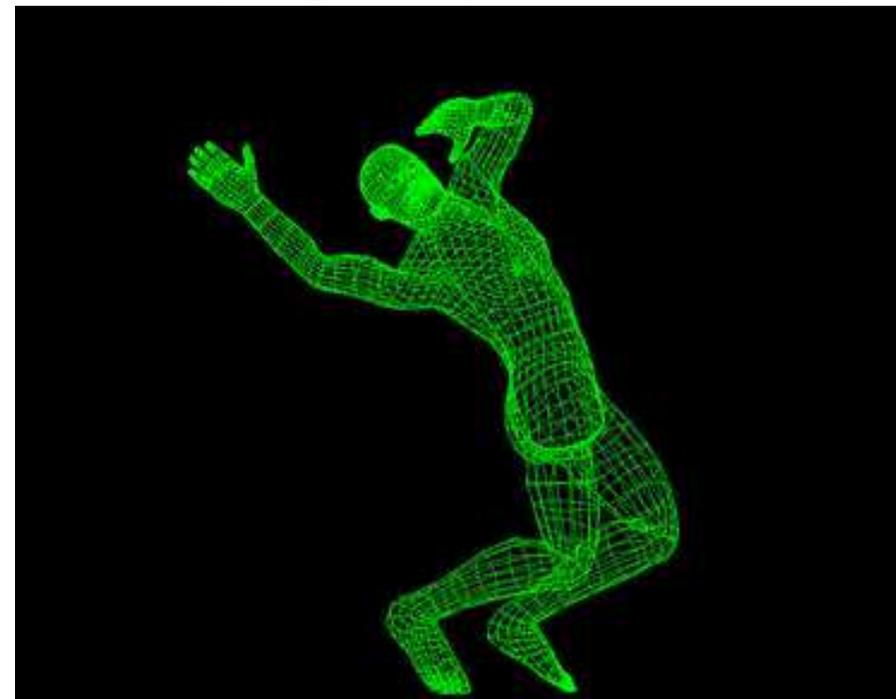
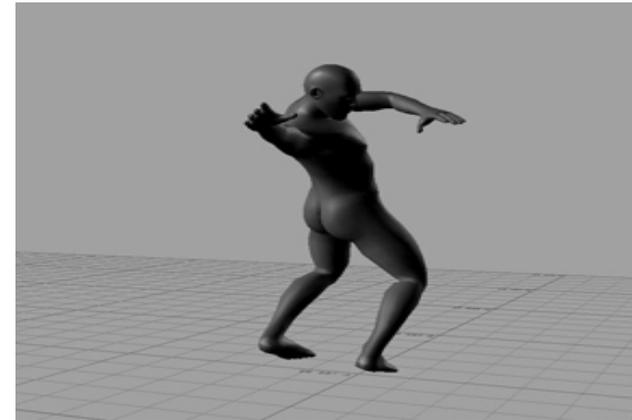
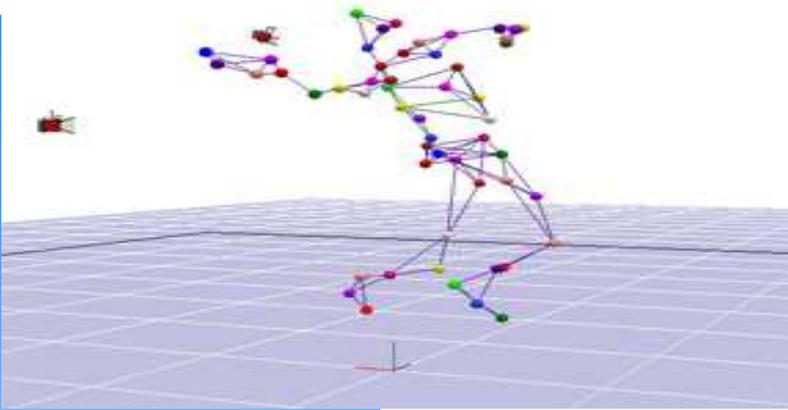
10/03/2020 09:48



Animation et réalité virtuelle

54

Exemples



Exemples

Exemple : LIG (EPFL Suisse) 13 capteurs



Exemple : LIG (EPFL Suisse) 13 capteurs



10/03/2020 09:48

Animation et réalité virtuelle

56

Exemples

Motion Capture



Un exemple complet



Enregistrement



Synthèse

Logiciels de capture de mouvements

- **MotionBuilder**

Capturez, modifiez, rejouez et réutilisez les données de capture de mouvements grâce à MotionBuilder, logiciel d'animation de personnages 3D en temps réel.



- **3ds Max**

Utilisez les outils intégrés et combinez les données de capture de mouvements aux autres ressources 3D. Vous remarquerez immédiatement les améliorations en termes de productivité.

Logiciels de capture de mouvements

- **Maya**

Découvrez les nouvelles fonctionnalités avancées développées autour du mouvement, les séquences réexploitables de capture de mouvements, et bien plus encore, le tout sur une plate-forme de production extensible.



- **FBX**

Utilisez la technologie d'échange de données FBX entre plates-formes pour transférer et réexploiter vos données de capture de mouvements.

Les acteurs de la motion capture

- **Vicon:** est une entreprise spécialisée dans la motion capture. Des caméras, en passant par les logiciels et les capteurs, Vicon **équipe les studios qui utilisent cette technologie.**
- Le Capture Lab, le studio de la motion capture de EA (développeur de jeu vidéo, notamment FIFA ou encore Battlefield) est équipé de pas moins de **132 caméras Vicon**, mais aussi le dernier logiciel de motion capture, **le Vicon Blade**. Pour avoir une idée du prix de cette technologie, la licence du logiciel Vicon Blade plus deux caméras Vicon ne coûtent **pas moins de 12 500 dollars.**

Les acteurs de la motion capture

- **Capture Lab:** est le studio qui gère la **motion capture pour Electronic Arts**, l'un des principaux développeurs et producteurs mondiaux de jeux vidéo.
- Ils sont à l'origine des **meilleures simulations sportives**, NBA, NFL ou encore FIFA.
- Le studio s'étend sur un peu plus de 1 600m². C'est le **plus grand et le mieux équipé** des laboratoires de motion capture au monde.

Les acteurs de la motion capture

- Capture Lab:



Les acteurs de la motion capture

- **SolidAnim:** est une agence spécialisée en **animation 3D**. Fondée en 2007 en France,
- SolidAnim a fait beaucoup de chemin depuis sa création. L'agence a créé de nombreux projets plus ou moins connus, comme le film *Alice aux Pays des Merveilles*, avec Johnny Depp, ou encore *Ghostbusters III*, qui est prévu pour le 22 juillet 2016.

Les acteurs de la motion capture

- **Kinect**: est la caméra de Microsoft pour ses consoles Xbox 360 et Xbox One, sortie le 10 novembre 2010. Bien que sa principale fonction ne soit pas la capture motion, la Kinect est devenu une solution à **bas coût** pour pratiquer la capture de **mouvement gestuelle et faciale**, et ce, sans capteurs. Connectez plusieurs caméras ensemble, ajoutez à cela un logiciel tel que Captury Studio (il nécessite entre 5 et 12 caméras) et vous aurez un bon studio de motion capture à un **prix abordable**(130€ la kinect et 1 999€ pour la version de base du logiciel).

10/03/2020 09:48

Les acteurs de la motion capture

- **Captury Studio:** est une solution de motion capture optique **très polyvalente** sans marqueur, Il permet la capture de mouvement d'humains et d'animaux.
- Ce logiciel peut même capturer les détails en surface d'un costume en trois dimensions, comme les plis d'un vêtement.
- Captury Studio est compatible Windows et Linux en 64bit. La version basique coûte 1 999 euros, mais gère uniquement les humains et qu'un seul à la fois, tandis que la version Ultimate vaut 4 999 euros et **n'a aucune limitation.**

Online Motion Capture Database

- <http://mocap.cs.cmu.edu/>

En conclusion...

- Chaque technologie de capture du mouvement a ses avantages et ses faiblesses. Pour chaque variable étudiée, il n'y a pas de capteur dédié parfait.

L'utilisation d'un outil de mesure nécessite une connaissance précise du phénomène étudié. Un capteur mal positionné ou mal étalonné engendre des données erronées et inexploitable.

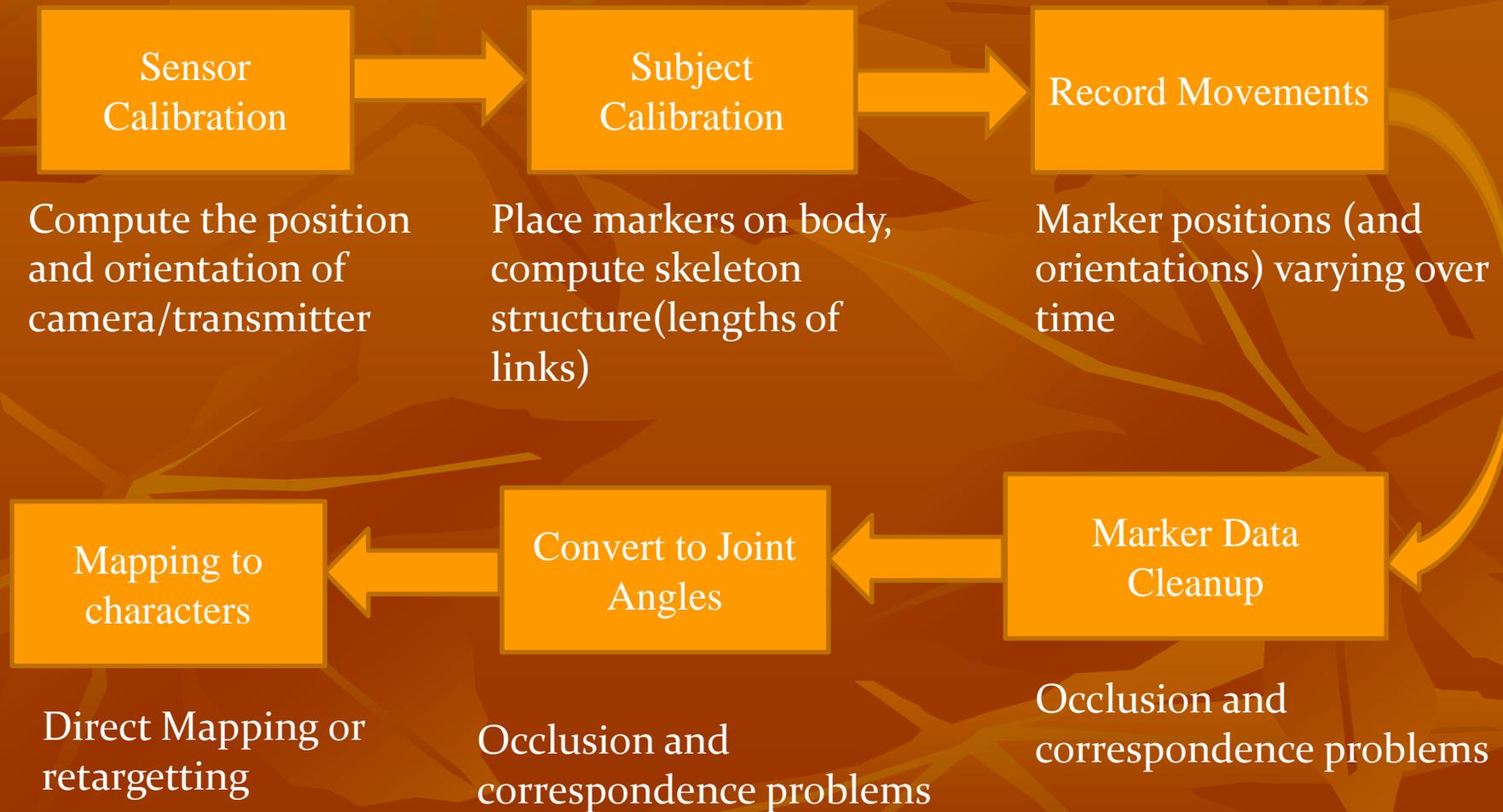
Discussion...

- - Comment simuler plus d'un mouvement dans une même séquence?
- - Comment utiliser la capture de mouvement dans la robotique?
- - Comment utiliser le GPS comme un moyen de capture de mouvement?

Discussion...

- NETTOYAGE DE CAPTURE DE MOUVEMENT
- RECONSTRUCTION TRI-DIMENSIONNELLE
- TRAITEMENT DE L'IMAGE
- Parmi les erreurs possibles, on compte:
 - Une occlusion momentanée du marqueur.
 - Deux marqueurs se croisent et le système suit le mauvais marqueur après le croisement.
 - Deux marqueurs sont trop près et deviennent impossibles à dissocier dans l'image.

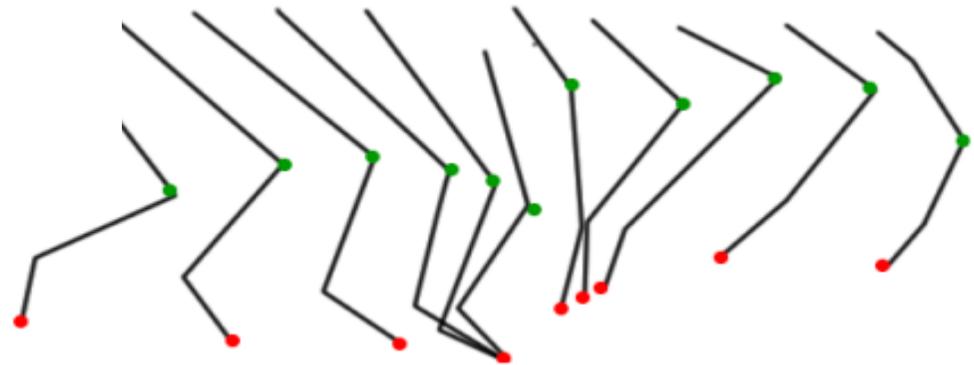
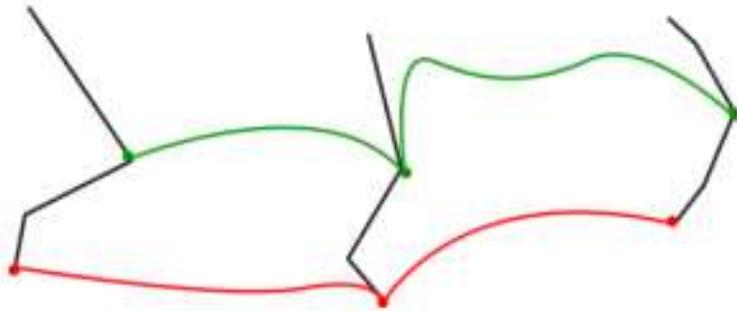
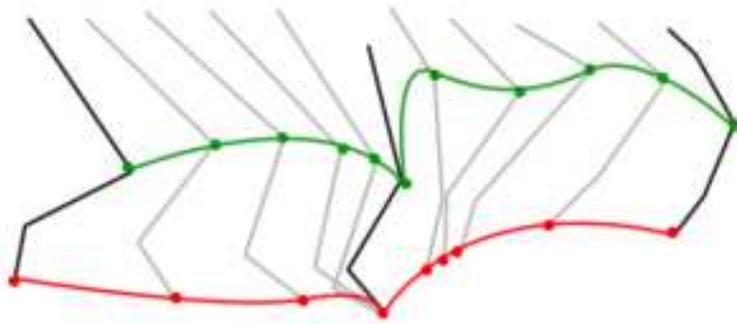
Production Pipeline



MOCAP issues

- **Issues:** data inaccuracy, Expensive
- **Optical:** \$90'000 – \$210'000
high res cameras, occlusion, no outdoors,
more and more markers, cameras
- **Magnetic:** \$100'000 – \$120'000
heavier sensors, body wires, 10x accurate < optical,
smaller workspaces, sensitive to metal, EMI, flooring
- **Mechanical:** \$20'000 – \$30'000 US
limited movement, heavy and cumbersome,
must know rigid body at design time

Discussion...



10/03/2020 09:48

Animation et réalité virtuelle

72