

# *Les systèmes à retour d'effort et la programmation haptique*

Alan SAVARY



# *1. Présentation de SimTeam*

*Distributeur de périphériques de Réalité Virtuelle*

---



# 1. Présentation de SimTeam

*Développement d'applications 3D interactives*

---

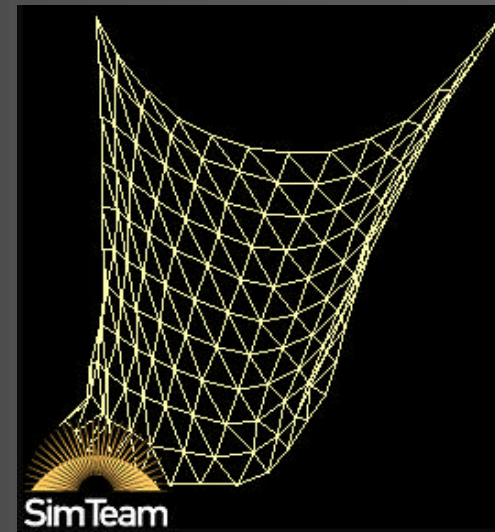
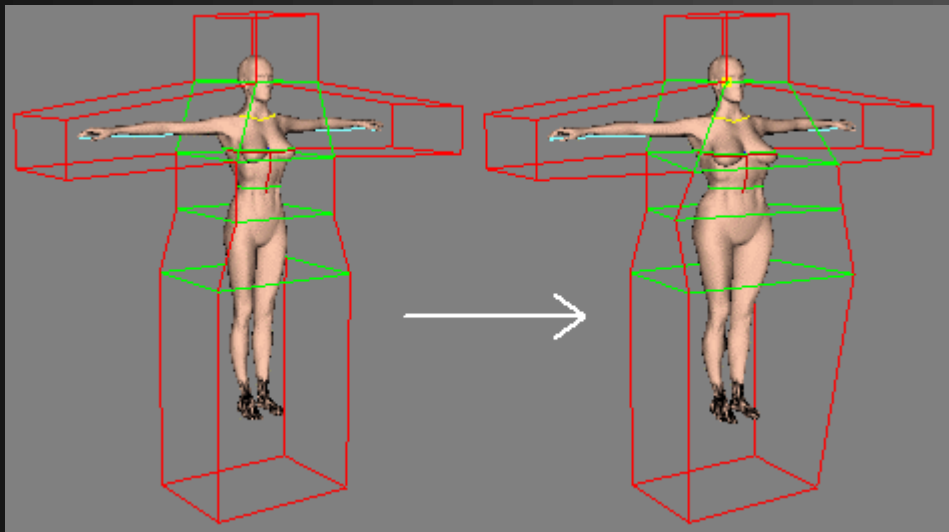


# 1. Présentation de SimTeam

*La Recherche & Développement*

---

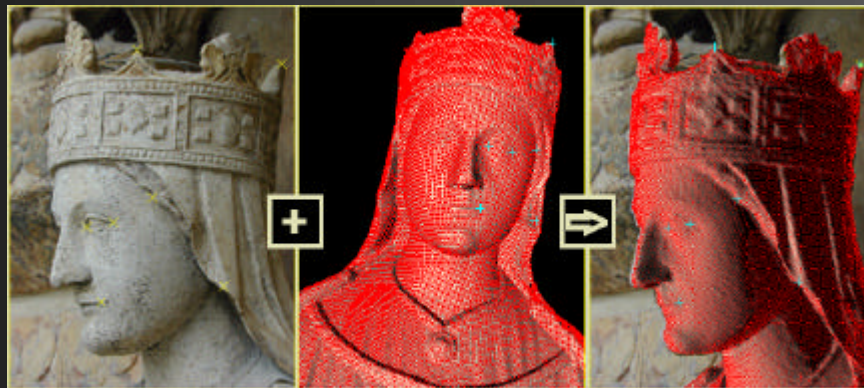
- 8 personnes (dont 3 à la Recherche)
- Exemples de sujets traités à la Recherche:
  - Les modèles graphiques déformables



# 1. Présentation de SimTeam

*La Recherche & Développement*

- La texturation d'objets muséographiques (projet GANTOM)



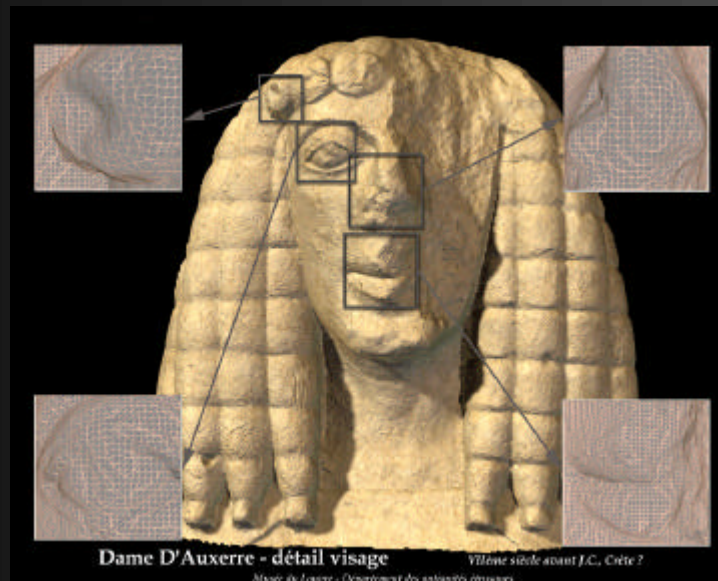


# 1. Présentation de SimTeam

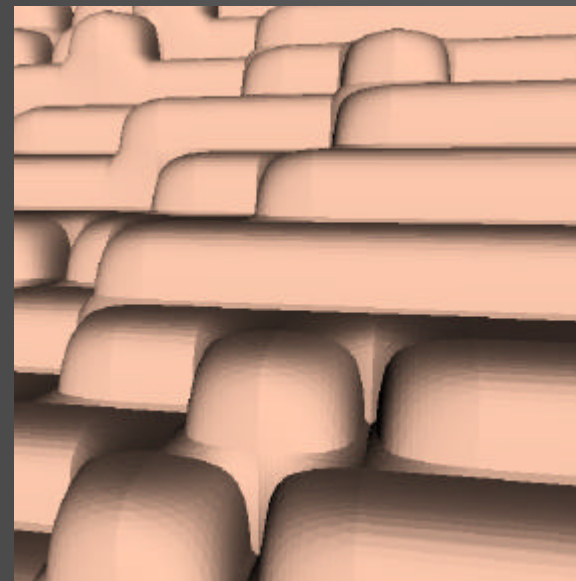
*La Recherche & Développement*

---

- La librairie haptique SimTeam:



Collision point/surface polygonale  
(millions de triangles)



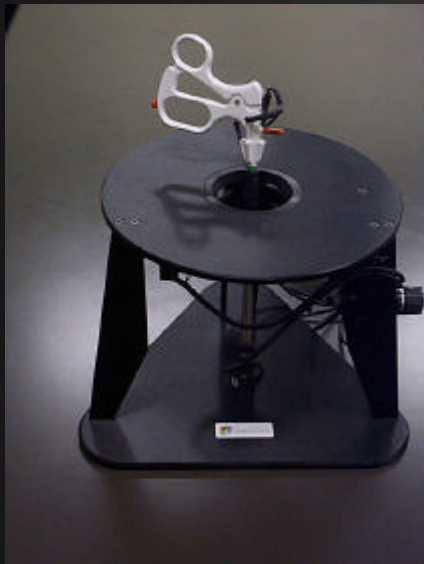
Collision multi-points/surface  
implicite par morceaux

## 2. Outils matériels/logiciels

*Les produits matériels du marché*

---

- Les systèmes spécifiques:



CyberGRASP de  
Immersion Corp.

Impulse Engine de  
Immersion Corp.

ReachIn Display de  
ReachIn

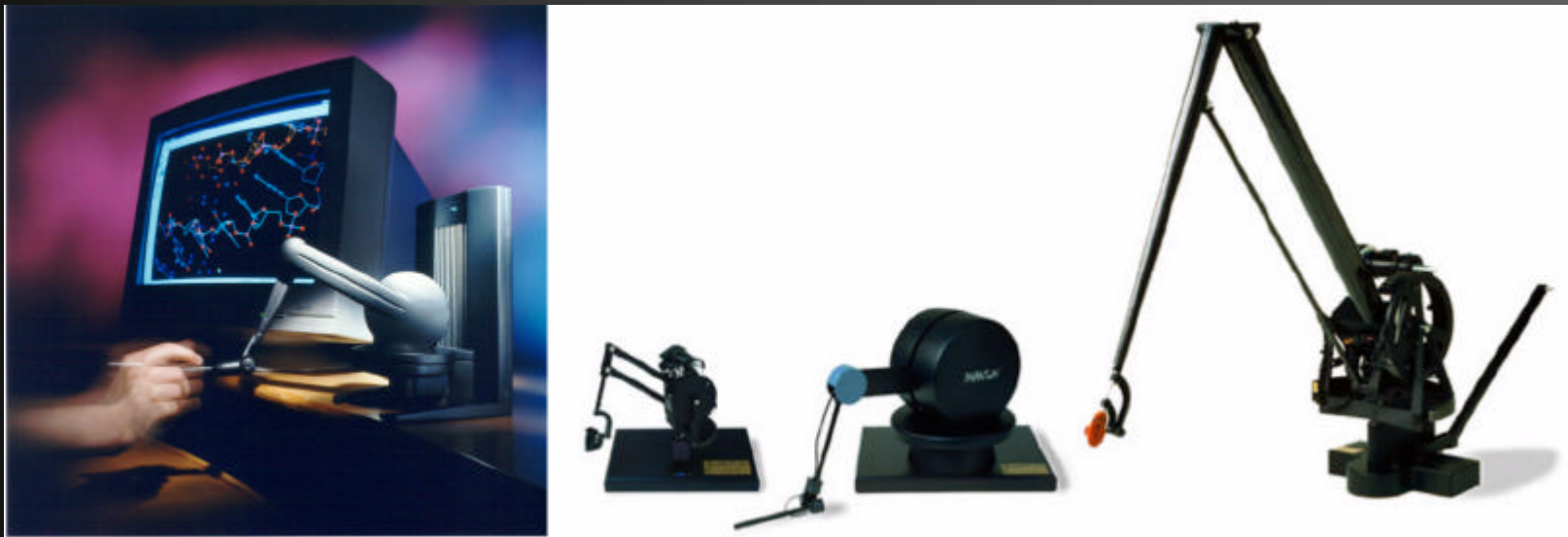


## 2. *Outils matériels/logiciels*

*Les produits matériels du marché*

---

- Les bras à retour d'effort:



La gamme PHANToM de Sensable Technologies

---



## 2. Outils matériels/logiciels

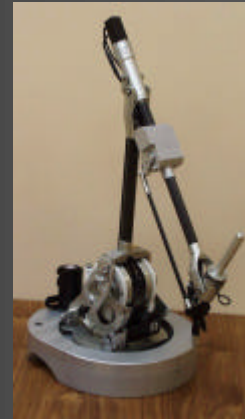
*Les produits matériels du marché*

---

Cyberforce de  
Immersion Corp.



Virtuose 3D 6DOF de  
Haption



DHD 3DOF de  
ForceDimension



Haptic Master de  
FCS Robotics



## 2. Outils matériels/logiciels

*Les produits logiciels du marché*

---

- **GHOST de Sensable**
  - Fonctionne sur les systèmes Sensable uniquement
  - Existe pour Windows NT/2k, Linux (Irix jusqu'à la version 3)
  - Basé sur un graphe de scène haptique séparé du graphique
  - Gère des primitives de type Cube, Quadrique simple, Mesh,...
- **ReachIn API de ReachIn**
  - Fonctionne sur les systèmes Sensable, ForceDimension et ImpulseEngine de Immersion Corp.
  - Existe pour Windows NT/2k uniquement
  - Basé sur un graphe de scène graphique ET haptique
  - Gère les mêmes primitives que GHOST avec le Bump en plus,...

# 3. Les applications de l'haptique

*Quelques applications développées à SimTeam*

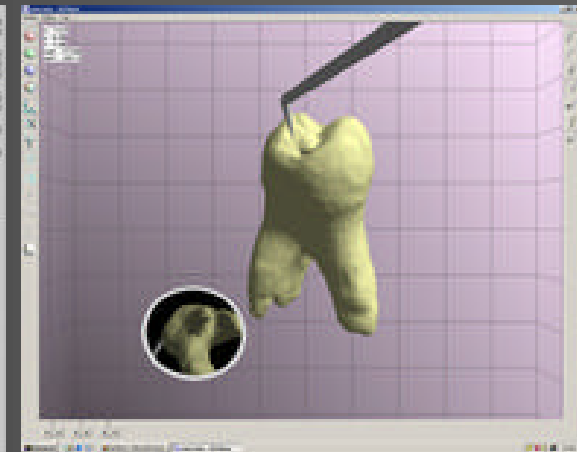
---



Simulateur  
d'entraînement à  
l'opération de déminage



Application pédagogique  
pour la formation au  
fraisage



Simulateur pour la  
formation à certains gestes  
de chirurgie dentaire

# 3. Les applications de l'haptique

*Autres applications...*

- Un outil de conception 3D d'un produit [en cours]
- Outil de présentation d'objets muséographiques



- Un système de paint 3D d'attributs (blending, décimation,...) [en cours]
- La sculpture virtuelle avec FreeForm (de Sensable)
- La formation à un geste technique
- Le docking moléculaire
- ...



# 4. *Developpement haptique*

*La perception kinesthésique humaine*

---

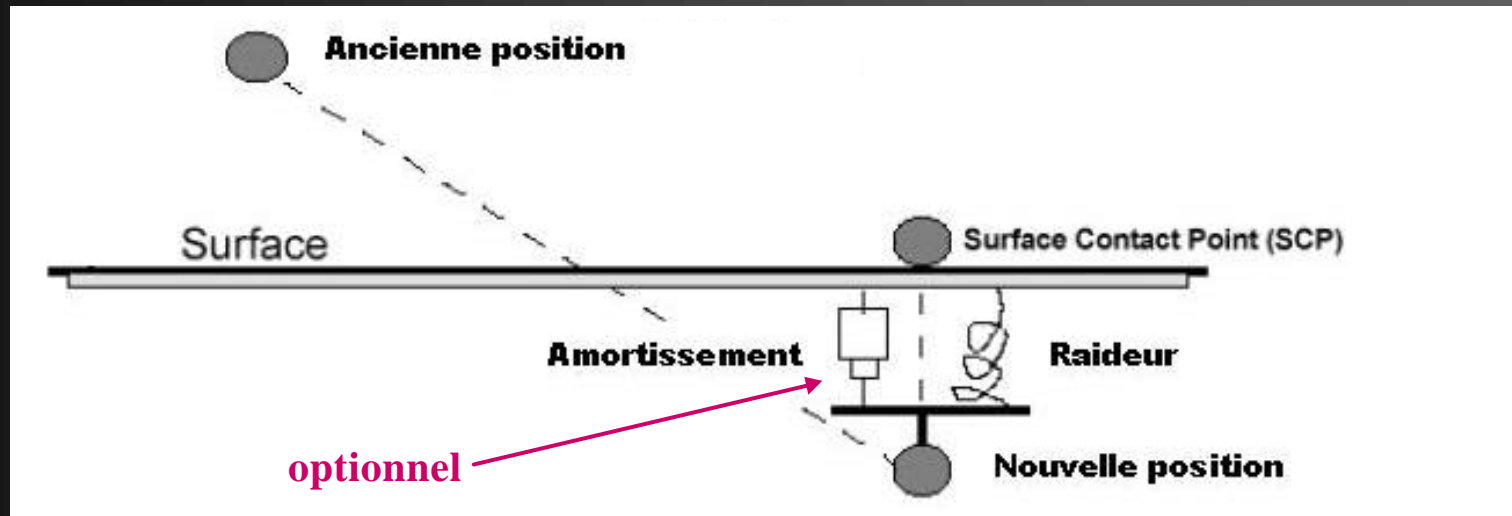
- **Contrainte principale:**
  - « Avoir une fréquence de rafraîchissement proche ou supérieure à 1 kHz !!! »
- **Sensibilité de perception:**
  - Faible sensibilité à la justesse d'une position 3D
  - Bonne sensibilité au changement de magnitude de la force
  - Forte sensibilité au changement d'orientation de la force



# 4. Développement haptique

Contact Point/Surface (3 DOF) - Approche "Surface Contact Point"

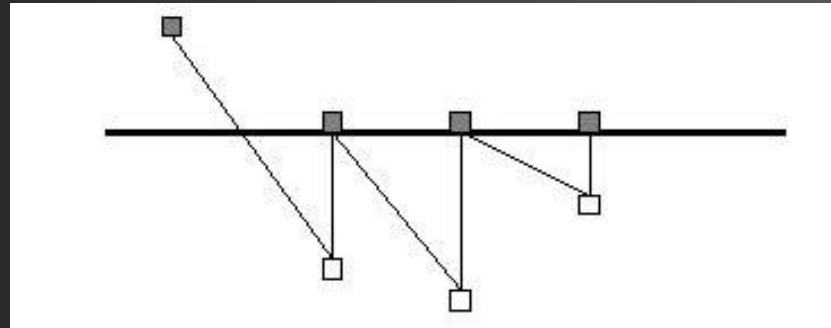
- Historique de position  
(Surface-Contact Point, God-Object, Proxy Point)



# 4. Techniques de rendu haptique

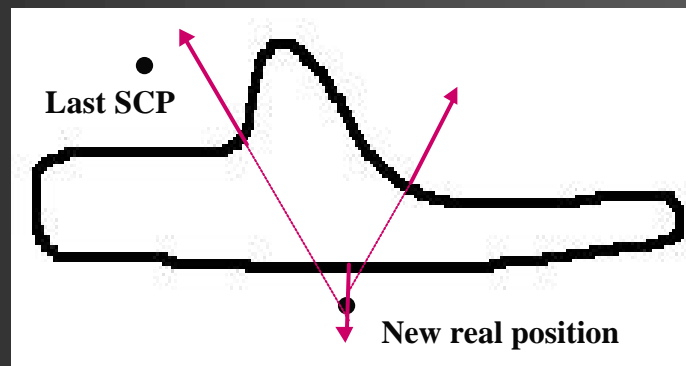
*Contact Point/Surface (3 DOF) - Approche "Surface Contact Point"*

- Résultat sur plusieurs positions



- Problème général

Quel SCP?



# 4. *Techniques de rendu haptique*

*Contact Point/Surface (3 DOF) - Très gros modèle polygonal*

---

- Principe: **Diminuer la combinatoire de tests**
- Techniques employées:
  - Subdivision spatiale (voxel, octree, ...)  
**On fait la liste des triangles contenus dans chaque élément spatial.**
  - Hierarchie de volumes englobants (OBBTree, SphereTree, ...)  
**On précalcule une hierarchie pour chaque liste de triangles**

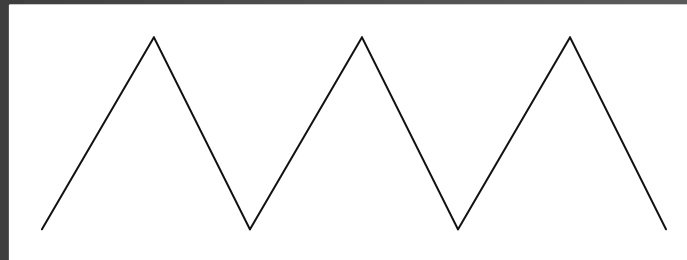
# 4. Techniques de rendu haptique

*Les niveaux de représentations d'une surface*

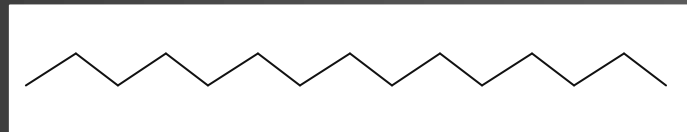
---

- Il existe trois niveaux de représentation de la surface d'un objet:

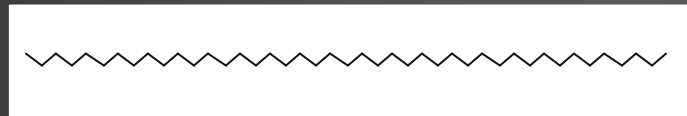
- La forme



- La texture (Bump Haptique)



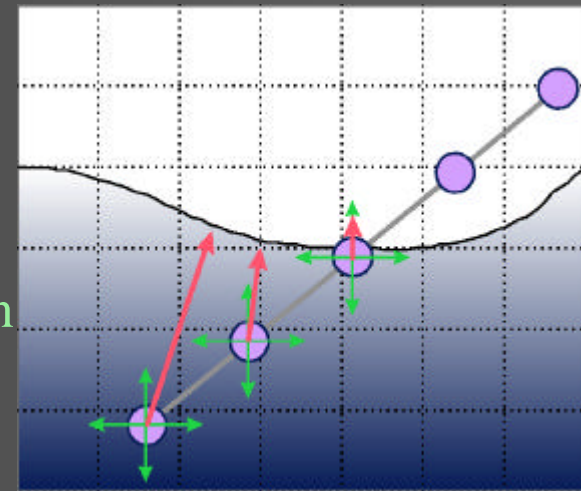
- La friction



# 4. Techniques de rendu haptique

*Contact Point/Surface (3 DOF) - Surface implicite échantillonnée*

- Pas de création de triangle (Marching Cubes)
- Deux méthodes pour les objets  $F(\mathbf{x},\mathbf{y},\mathbf{z})=0$ :
  - Méthode de R. Avila & L. Sobierajski
    - Calcule la densité au point par interpolation trilinéaire.
    - Calcule le gradient au point courant ce qui détermine la direction de la force à appliquer.
    - Utilise la valeur de densité comme approximation de la distance de pénétration, ce qui détermine la magnitude de la force à appliquer.





# 4. *Techniques de rendu haptique*

*Contact Point/Surface (3 DOF) - Surface implicite algébrique*

---

– Une des méthodes "maison" développées à SimTeam

- 1) Calcul de l'intersection entre un segment et la fonction trilinéaire (résolution d'une équation de degré 3 par expression dans la base de Bernstein).
- 2) Projection de la position réelle sur le plan tangent au point d'intersection.
- 3) On affine la position du SCP par dichotomie, en évaluant la fonction  $F(x,y,z)$ .

# Conclusion

---

- Le rendu haptique 3 DOF d'objets avec un grand nombre de triangles est un problème résolu (mais il faudrait utiliser les niveaux de representation).
- Le rendu haptique 3 DOF de surfaces implicites est bon.
- Le rendu haptique 6 DOF d'objets polygonaux simples commence tout juste à être possible.
- Le rendu haptique 3 DOF de modèles déformables de type élasto-statique commence tout juste à être possible.
- Il faut étendre la classe des modèles déformables pouvant être touché (3 DOF et 6 DOF).
- Il faut à terme se débarrasser du couplage virtuel!!!
- Il faut pouvoir faire du rendu haptique 6 DOF de surface NURBS et surface de subdivision.
- Il faut tout mélanger! :-)
- ....