



# Développement de nouvelles technologies pour la formation aux gestes médicaux-chirurgicaux

Groupe de travail CGIET

Florence Zara, Tanneguy Redarce, Lucile Vadcard

Université Lyon 1, INSA de Lyon, Université de Grenoble

LIRIS, Laboratoire Ampère, Laboratoire des Sciences de l'Education

GdR STIC-Santé, thème F



## + Contexte de la formation médicale

- Formation auprès du patient pose des problèmes éthiques avec l'exposition du patient à des risques liés à l'enseignement
  - formation repose beaucoup sur l'observation et sur la prise en main sur des gestes périphériques
  
- Mais apprentissage doit être éprouvé dans la pratique
  - Maniement en situation des instruments médicaux-chirurgicaux nécessite une dextérité et une compréhension de la situation
  - Nombre de situations différentes possibles est important
    - enseignement *in situ* ne peut pas prendre en charge l'ensemble des possibles

## + Simulateurs pour l'apprentissage de gestes médicaux

- Systèmes d'entraînement par simulation peuvent être une réponse à ce problème de formation
- Besoin ressenti par les praticiens avec une prise de conscience des limites de la formation actuelle
- Rapport de la HAS préconise également plus de simulation
- Par contre, les simulateurs doivent intégrer une réflexion
  - sur les enjeux de la formation
  - et des développements techniques permettant leur réalisation

# + Simulateurs pour l'apprentissage de gestes médicaux

## ■ Intérêt

- Apprentissage du geste médical sans risque pour le patient dans le cadre de la formation médicale initiale et continue
- Accélération du processus d'apprentissage
- Élaboration de nouvelles méthodes d'évaluation du geste
  
- Outil de planification pré opératoire et d'entraînement
- Élaboration de nouveaux gestes / procédures

## ■ Problématique

- Assurer le réalisme du simulateur pour immerger l'équipe médicale
- Pertinence du réalisme en accord avec son apport dans la formation
- Fournir à l'équipe médicale une interface la plus complète mais aussi la plus simple possible
- Limiter le coût du simulateur / assurer sa portabilité

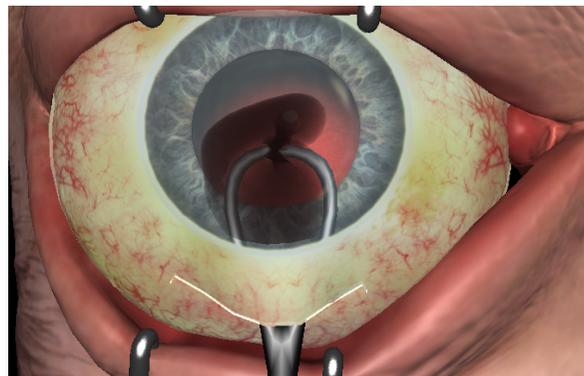
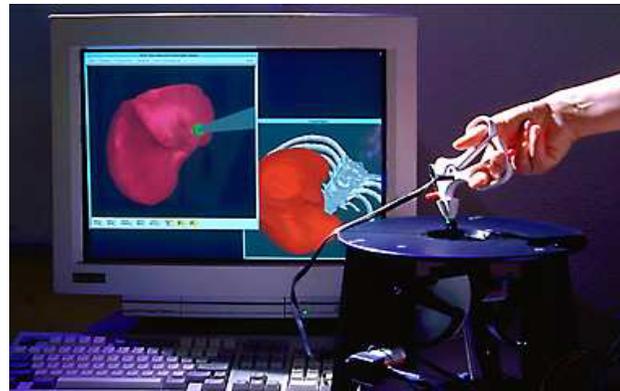
## + Simulateurs bénéficiant de l'apport des nouvelles technologies

- Avancées technologiques et les ressources de calculs des machines actuelles permettent la mise au point de nouveaux simulateurs
- Ces simulateurs font interagir :
  - Un **instrument usuel** à manipuler par le médecin (interface dite haptique)
  - Un **modèle numérique** (partie dite de Réalité Virtuelle) permettant un rendu visuel de la réalité ou permettant de voir des zones usuellement cachées
  - Un **composant pédagogique** proposant différents scénarios

# + Simulateurs bénéficiant de l'apport des nouvelles technologies



LapMentor



SOFA, INRIA

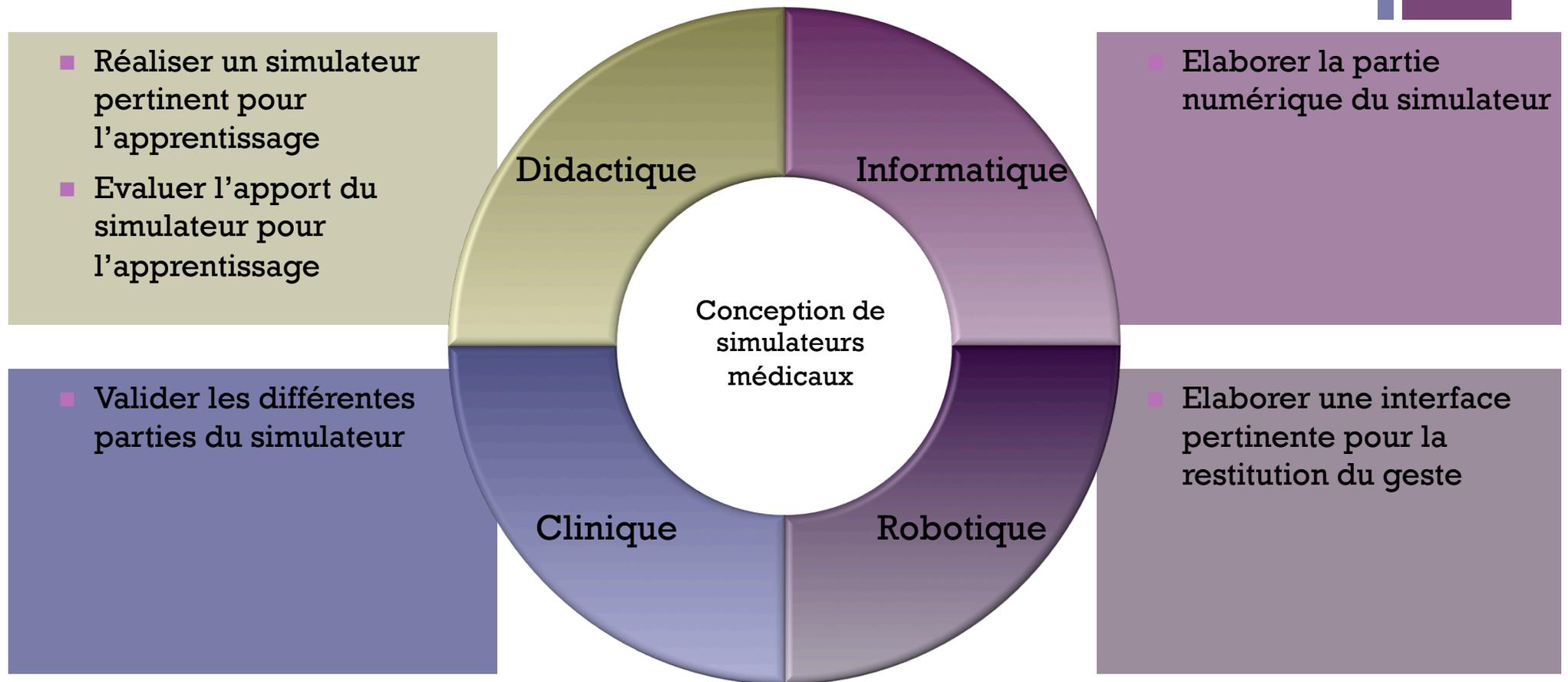


SOFA, INRIA



Digisens

# + Une approche pluridisciplinaire indispensable



## + Un exemple pour comprendre les enjeux et difficultés

- Réalisation d'un simulateur du geste médical de l'accouchement (projet SAGA, ANR-12-MONU-0006)
- Partenaires du projet
  - Industriel
  - Académiques :
    - LIRIS, lab. Ampère, lab. TIMC-IMAG, CAOR-ARMINES, LSE
  - Médicaux :
    - Maternité Lyon Sud, école de sages-femmes de Grenoble

# + Un simulateur d'accouchement composé de plusieurs parties

## ■ Modèle numérique

- Simulation et visualisation du comportement des organes durant la descente du fœtus (durant l'accouchement)

## ■ Dispositif physique

- Mannequin instrumenté (capteurs, actionneurs) permettant de restituer certaines sensations de l'accoucheur
- Possibilité de s'entraîner à un accouchement instrumenté (forceps, ventouses)

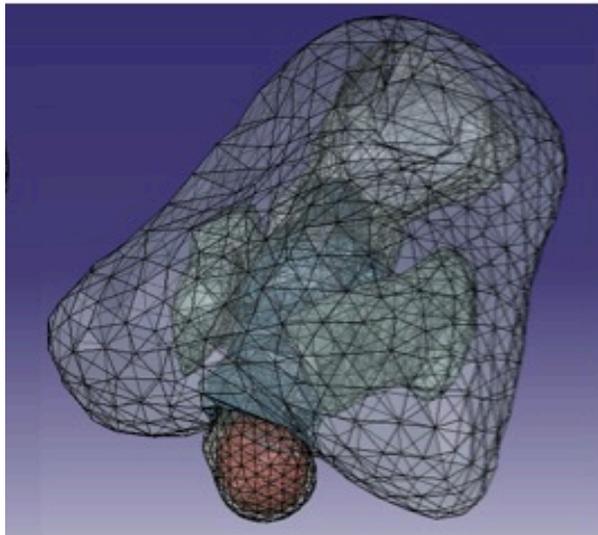
## ■ Composant pédagogique

- Identification des paramètres à simuler
- Mise en place de scénarios pour l'apprentissage
- Validation de l'apport du simulateur pour l'apprentissage

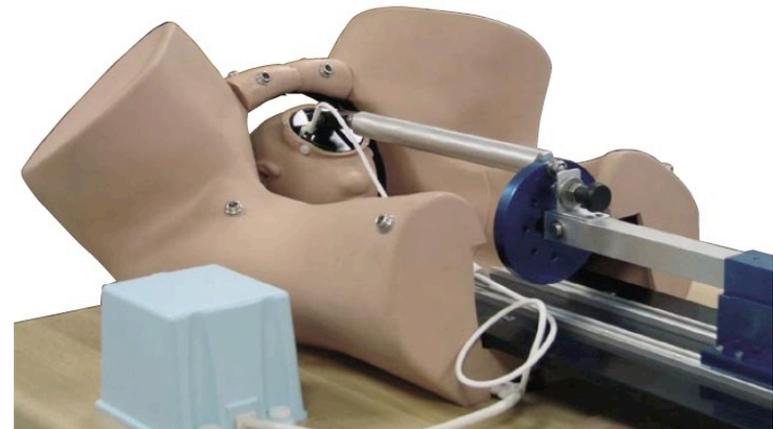
## ■ Validation avec les médecins des différents composants

# + Un simulateur d'accouchement composé de plusieurs parties

Couplage d'un modèle numérique à un dispositif physique



Simulation 3D du comportement des organes



Dispositif physique restituant certaines sensations de l'accoucheur

# + Intérêt d'un tel simulateur par rapport à l'existant

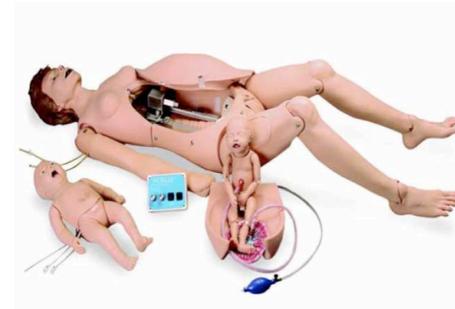
- Possibilité de simuler différents cas cliniques grâce au modèle numérique
- Approche indispensable pour l'apprentissage afin de simuler différentes situations



Machine de  
Coudray



Prompt



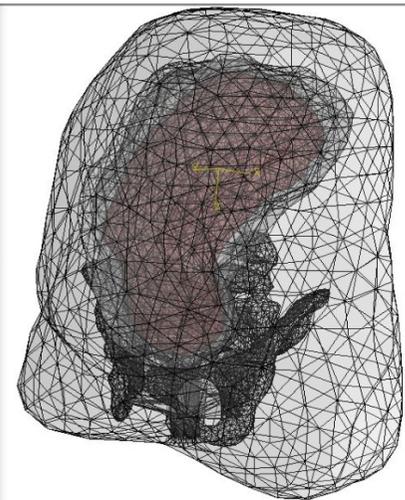
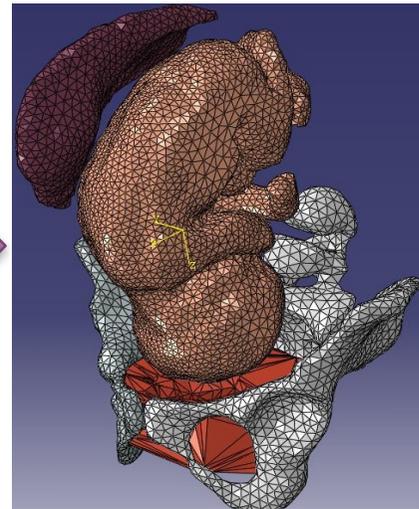
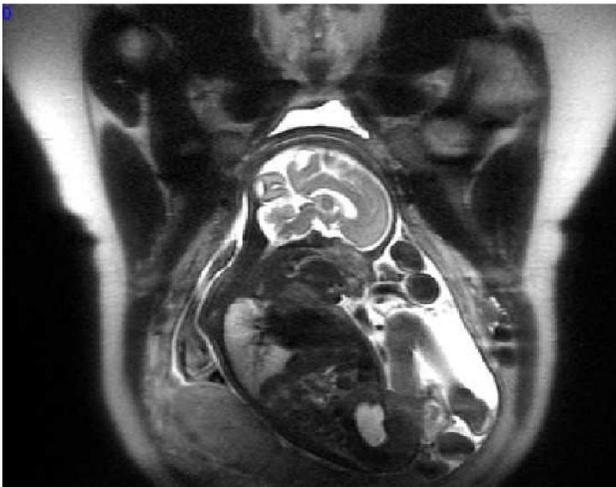
Simulateur Noelle  
Gaumard



SimOne

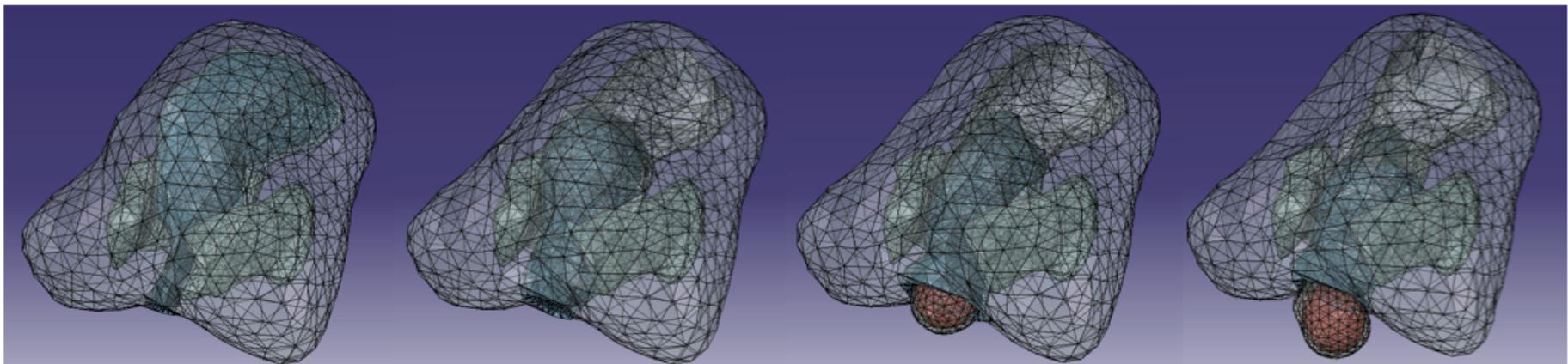
# + Les étapes de l'élaboration du modèle numérique

(1) Modélisation géométrique des organes ou **comment passer des données médicales (IRM, scanner) au modèle 3D (maillages surfacique et volumique)**



## + Les étapes de l'élaboration du modèle numérique

- (2) Modélisation physique des organes ou **comment comprendre et modéliser le comportement mécanique des organes**
- (3) Simulation biomécanique en temps réel ou **comment animer de manière réaliste les organes**
- (4) Interaction entre les différents organes et les outils ou **comment faire en sorte que les organes et les outils ne s'interpénètrent pas**



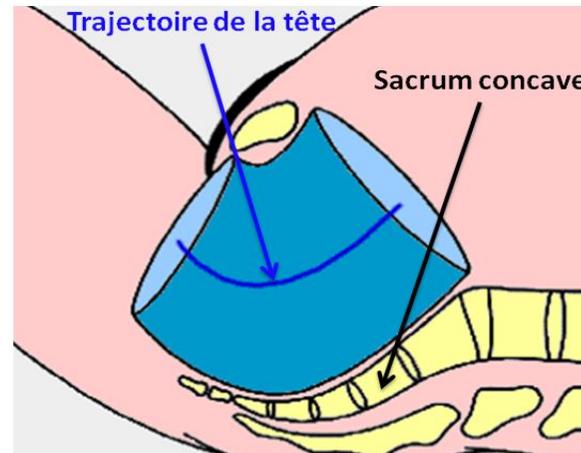
## + Enjeux scientifiques du modèle numérique

- Simulation en temps réel nécessaire
  - Loi de comportement des organes
  - Interaction entre les organes
  - Optimisation des maillages (modèle géométrique)
  - Calcul parallèle sur multi-CPU et/ou GPU
- Compromis à trouver entre la précision et le temps
- On souhaite un **comportement global** réaliste
  - Ne pas forcément simuler avec précision chacun des organes

# + Les étapes de l'élaboration de l'interface haptique

(1) Etude de l'environnement réel - trajectoire suivie par le fœtus lors de l'accouchement

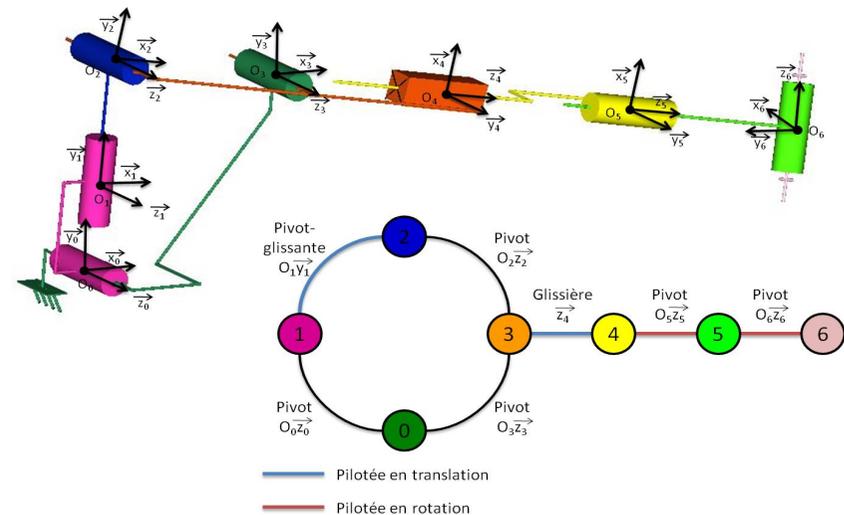
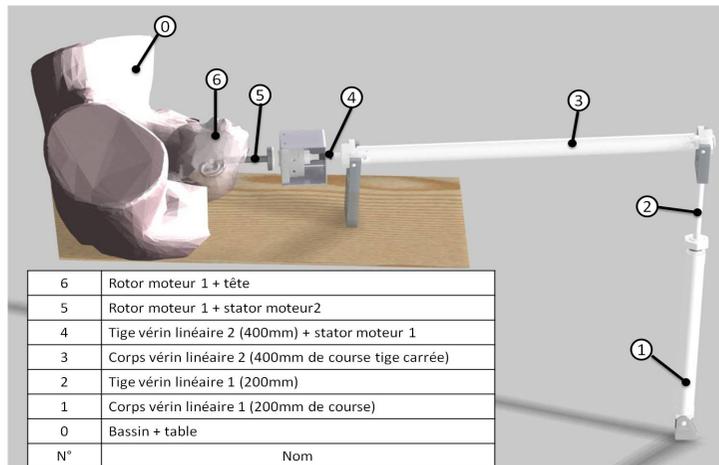
- Plusieurs orientations de présentation de la tête possibles
- Etude de la mobilité de la tête fœtale durant la descente



# + Les étapes de l'élaboration de l'interface haptique

(2) Modélisation géométrique de l'architecture

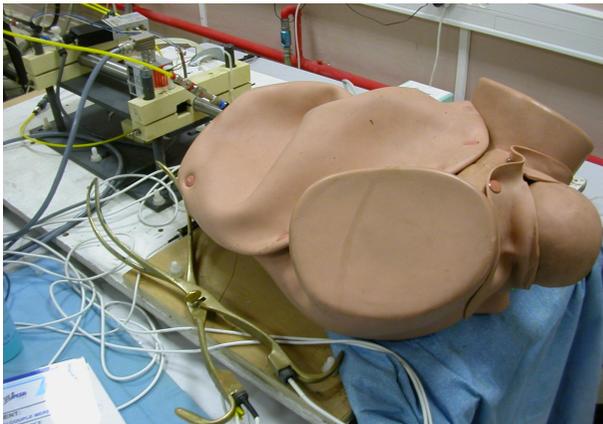
(3) Modélisation et simulation dynamique pour valider les choix



## + Les étapes de l'élaboration de l'interface haptique

(4) Réalisation de l'interface physique : usinage et assemblage des composants

(5) Réglage des paramètres en fonction du ressenti du médecin

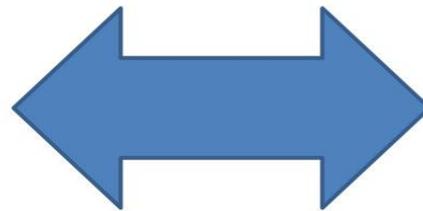
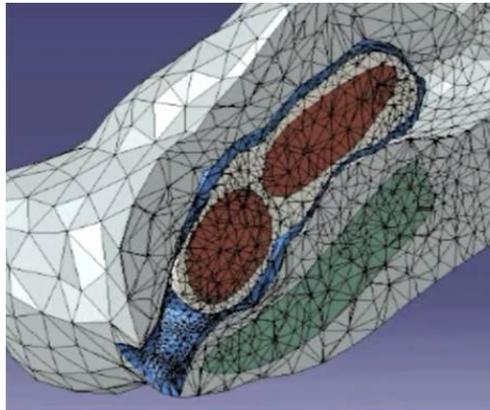


## + Enjeux scientifiques de l'interface haptique

- Dispositif partiel représentatif de l'environnement réel restituant certaines sensations du geste du médecin
- Système haptique non électrique avec utilisation du pneumatique (sensations plus proches de la réalité – contraction des muscles)
- Traduire ces sensations en grandeurs physiques (raideur, pression, etc.)
- Evaluation du geste via les traces du mouvement effectué par l'apprenti sur le simulateur

# + Couplage entre le numérique et l'interface haptique

- Couplage dans les deux sens
  - Informations calculées par le modèle numérique envoyées à l'interface haptique
  - Mouvement / effort effectués par le médecin envoyés au modèle numérique
- Faire cela en temps réel...



# + Les étapes de l'élaboration du composant pédagogique

## (1) Analyse du travail ciblée pour la formation

- Identification des caractéristiques des situations de formation
- Focalisation, découplage, amplification ou réduction de certaines caractéristiques réelles
- Déformer la réalité de la situation

## (2) Elaborer différents scénarios d'apprentissage

- Progression des situations nécessaires pour réaliser la formation

## (3) Analyse de l'apport du simulateur dans la formation

- Point de vue des apprentissages réalisés
- Point de vue du transfert lors de la confrontation aux situations réelles

# + Les étapes de l'élaboration du composant pédagogique



Situation d'accouchement *in situ*



Situation de formation (école de SF)



Situation de formation sur BirthSim

## Analyse du travail, de la formation, modélisation et transposition :

- Connaissances en jeu
- Moyens d'actions et de contrôle de l'action
- Systèmes de représentation
- Classes de situations, identification des variables

Evaluation des apprentissages

Evaluation du transfert



Système de formation SAGA (situations et parcours)



Situation de travail (objectif de la formation)

# + Enjeux du composant pédagogique

- **Du novice vers l'expert : une évolution lente et difficile**
  - Agir et comprendre : deux leviers corrélés de cette évolution
    - Prise de conscience, conceptualisation de l'action
  - « Habilité » ou « compétence »
    - Plus qu'une automatisation (mentale et/ou gestuelle)
    - Englobe la compréhension, la prise de décision, le raisonnement...
  
- **Les situations de formation**
  - Les définir de manière à permettre cette évolution
  - C'est par l'interaction du sujet avec la situation que les apprentissages sont générés

# + En conclusion - Vers de nouveaux simulateurs d'apprentissage

- Intérêt
  - Apprentissage sans risque pour le patient
  - Multiplier et cibler les situations rencontrées
  - Améliorer la connaissance du geste à réaliser / du raisonnement à faire
- Mais ces simulateurs doivent intégrer tous les acteurs pour être pertinents (STIC, didactique et cliniciens)
- A plus ou moins courts termes
  - Vers du patient spécifique pour les opérations à risque
  - Vers des certifications obligatoires sur les simulateurs
  - Rentre dans le cadre du Développement Professionnel Continu médical (DPC)



# Développement de nouvelles technologies pour la formation aux gestes médicaux-chirurgicaux

Groupe de travail CGIET

Florence Zara, Tanneguy Redarce, Lucile Vadcard

Université Lyon 1, INSA de Lyon, Université de Grenoble

LIRIS, Laboratoire Ampère, Laboratoire des Sciences de l'Education

GdR STIC-Santé, thème F

