



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

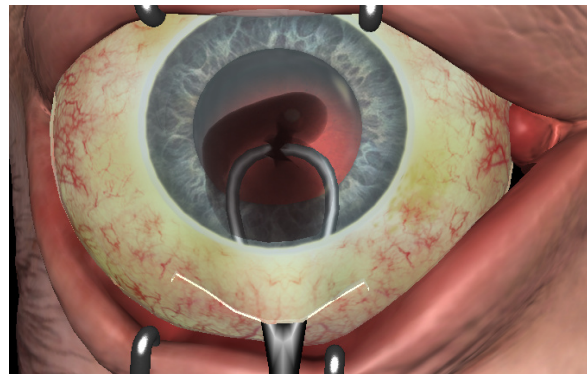
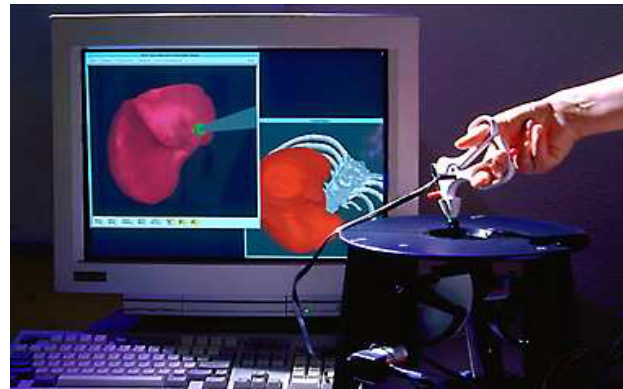
+ Simulateurs bénéficiant de l'apport des nouvelles technologies

- 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

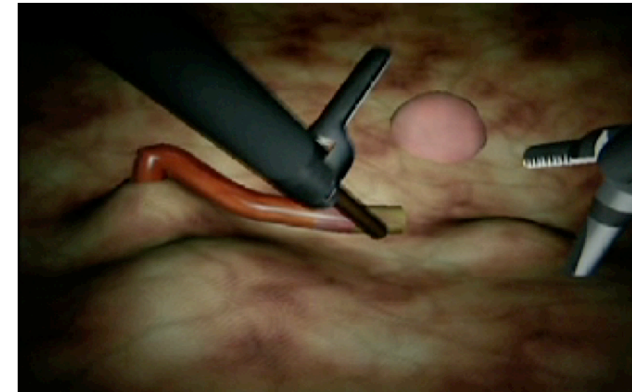
+ Simulateurs bénéficiant de l'apport des nouvelles technologies



LapMentor



SOFA, INRIA

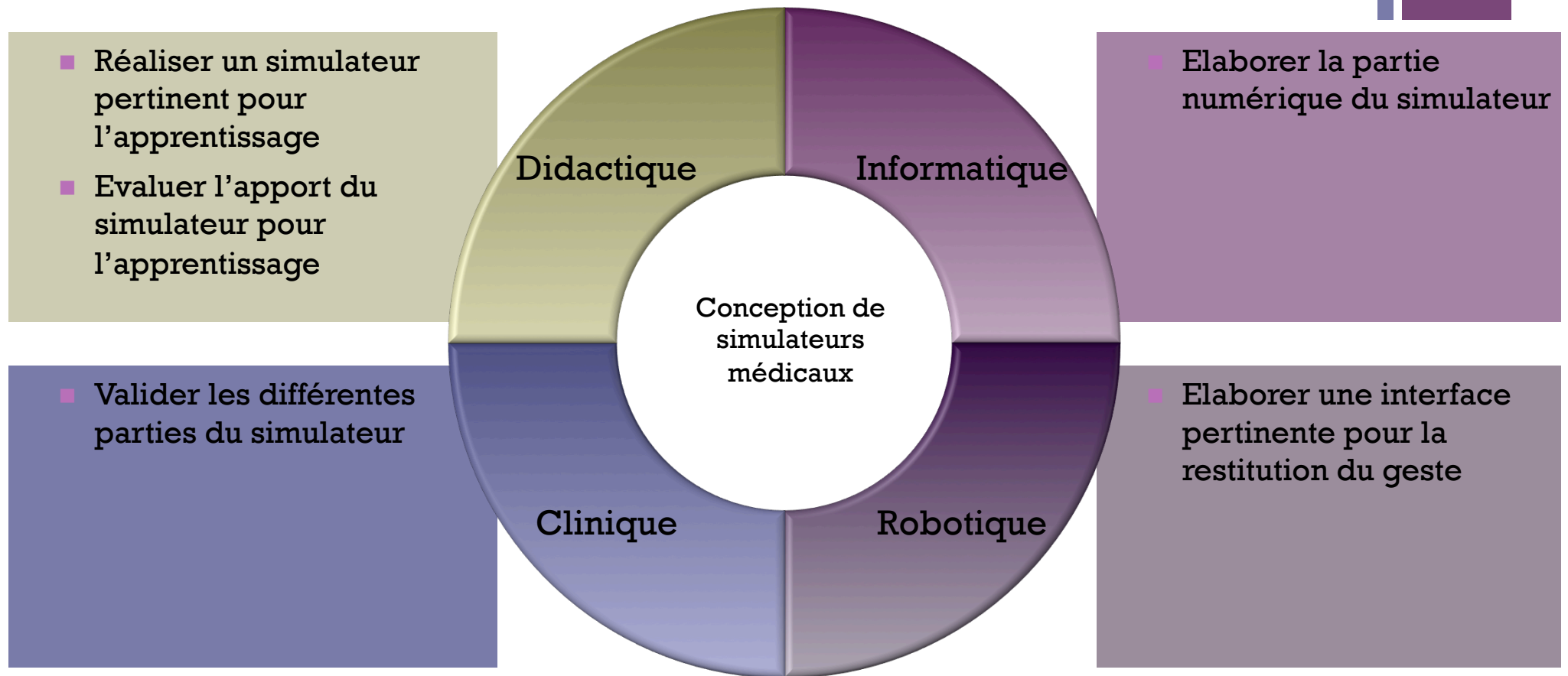


SOFA, INRIA



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)

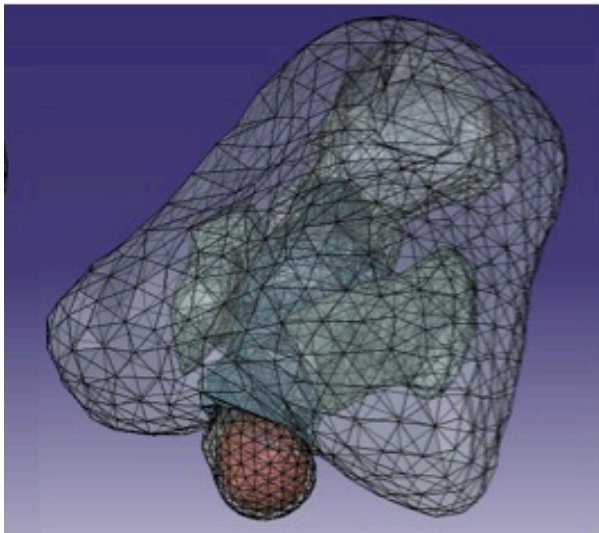
■ Composant pédagogique

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

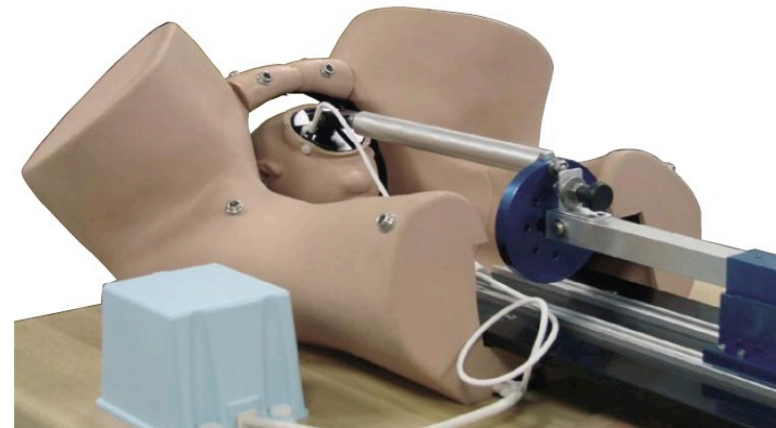
■ Validation avec les médecins des différents composants

+ 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

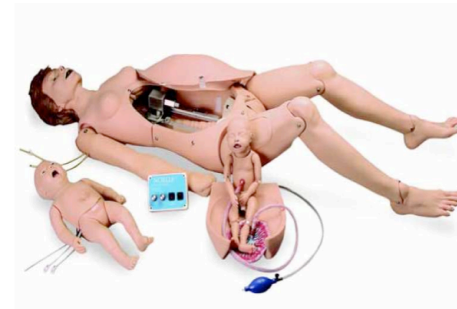
- Possibilité de simuler différents cas cliniques grâce au modèle numérique
- Approche indispensable pour l'apprentissage afin de simuler différentes situations



Machine de
Coudray



Prompt



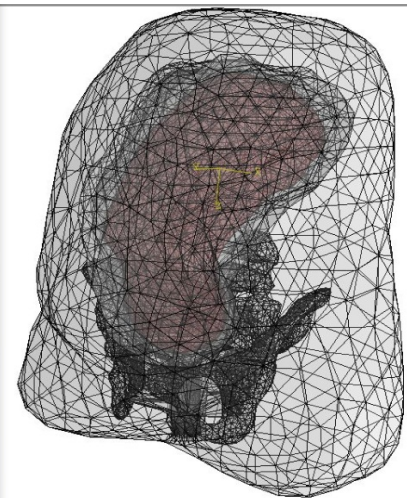
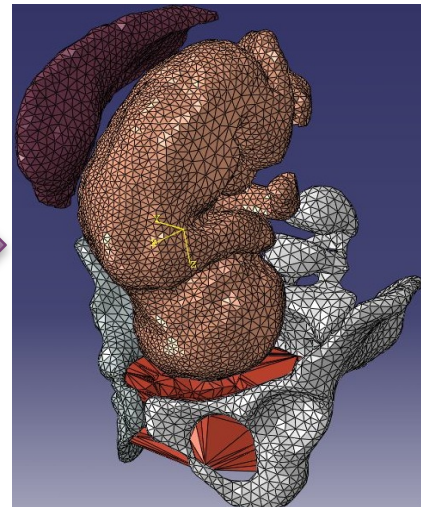
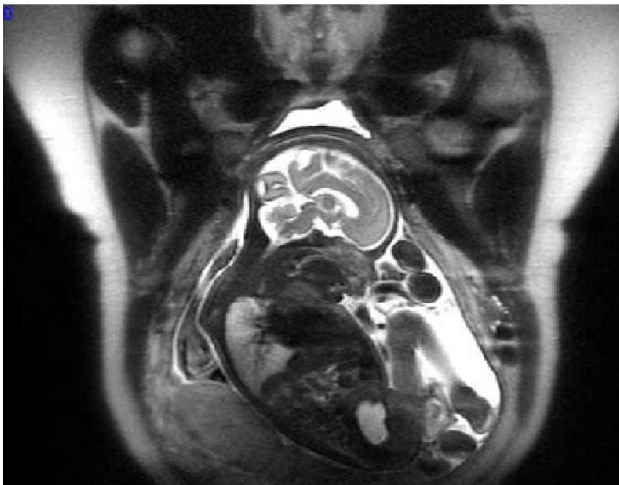
Simulateur Noelle
Gaumard



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)**

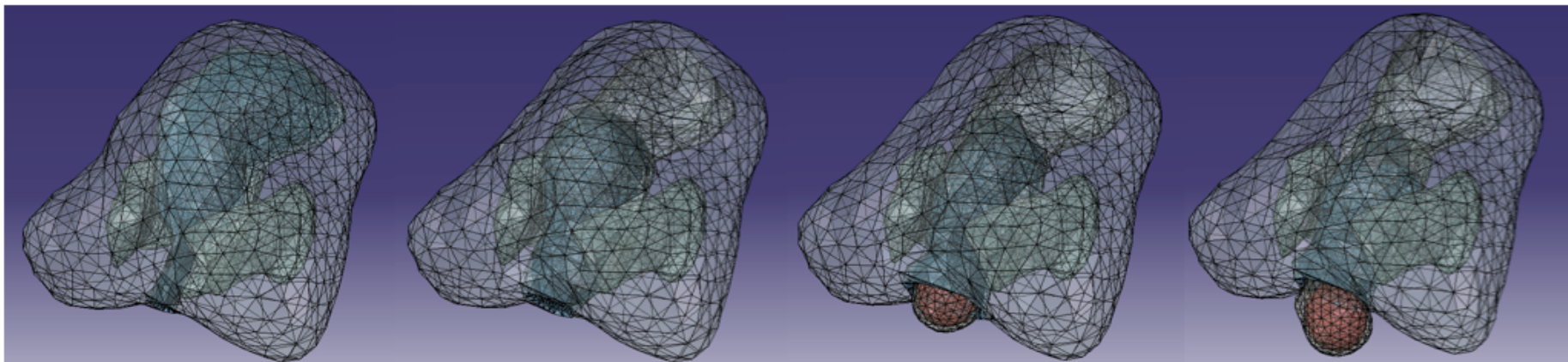


+ Les étapes de l'élaboration du modèle numérique

(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**



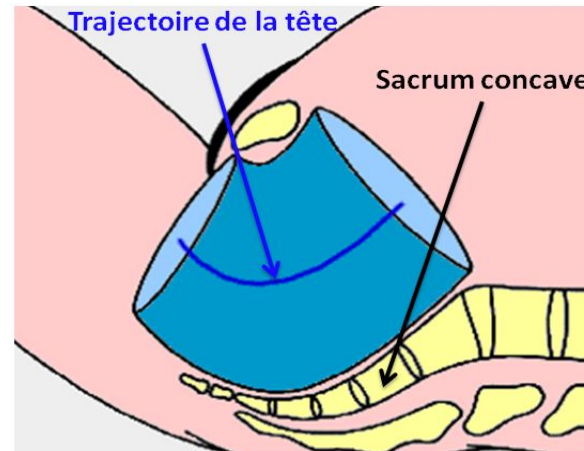
+ Enjeux scientifiques du modèle numérique

- 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

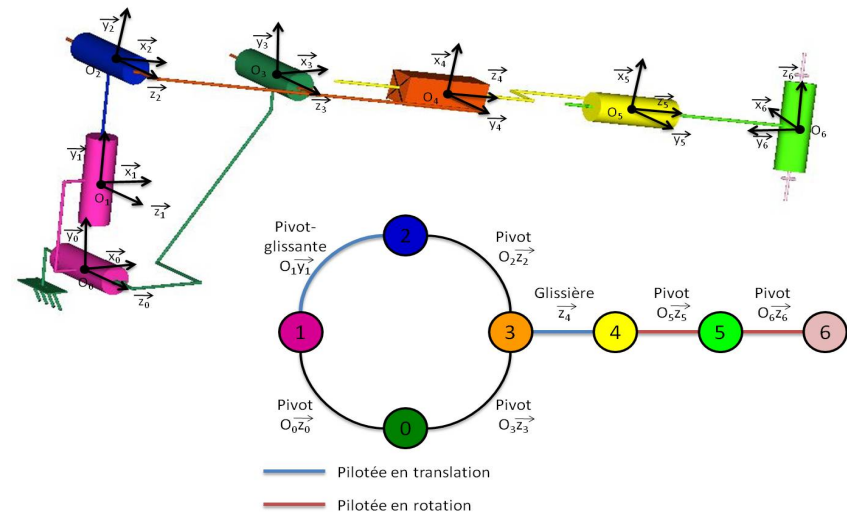
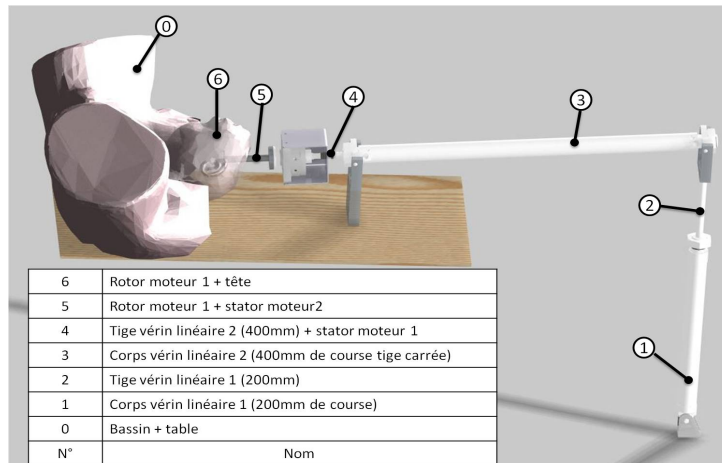
- Plusieurs orientations de présentation de la tête possibles
- Etude de la mobilité de la tête fœtale durant la descente



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

(2) Modélisation géométrique de l'architecture

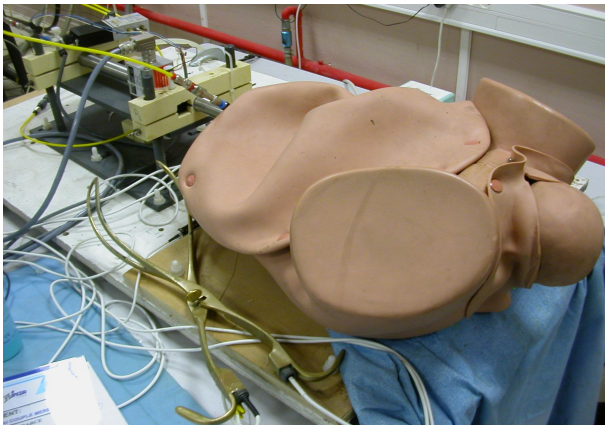
(3) Modélisation et simulation dynamique pour valider les choix



+ 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



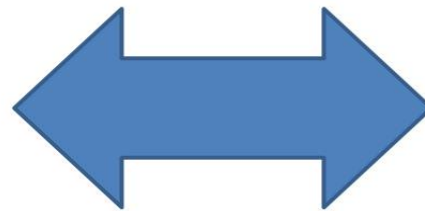
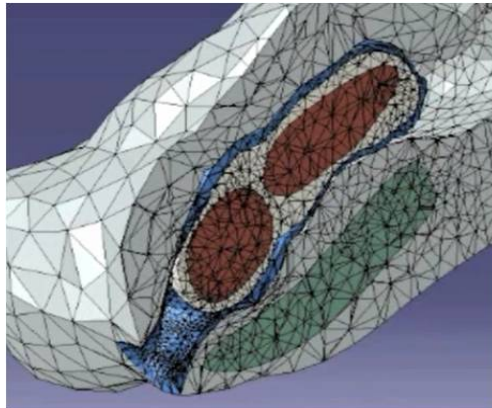
BirthSIM

+ 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

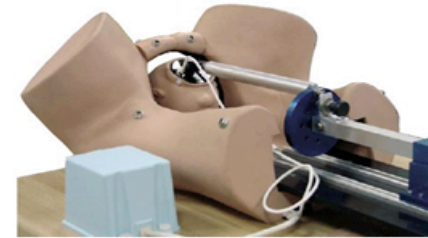
+ Les étapes de l'élaboration du composant pédagogique



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

