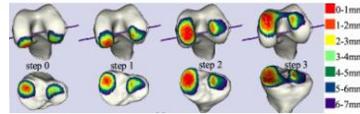


Nouvelles technologies pour la santé. Action thérapeutique minimalement invasive



Chafiaa Hamitouche

Telecom Bretagne, Institut Mines Telecom
Laboratoire de Traitement de l'Information Médicale
LaTIM - INSERM U1101



Inserm

Institut national
de la santé et de la recherche médicale



**INSTITUT
Mines-Télécom**



**TELECOM
Bretagne**



Passé: couper, puis observer



**TELECOM
Bretagne**

 **ENSUITE: Observer , puis couper**



Imagerie pré-opératoire



Exécution per-opératoire



 **Tendance: Combiner, observer & incision minimale**

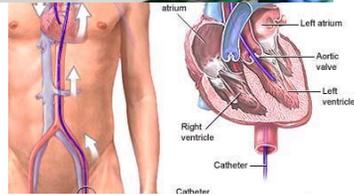


**Chirurgie basée sur l'intégration
d'information multi-modalité et
guidée par l'image spécifique
patient**

&

Réalité Augmentée:
Présenter toutes ces
informations pour une
immersion totale





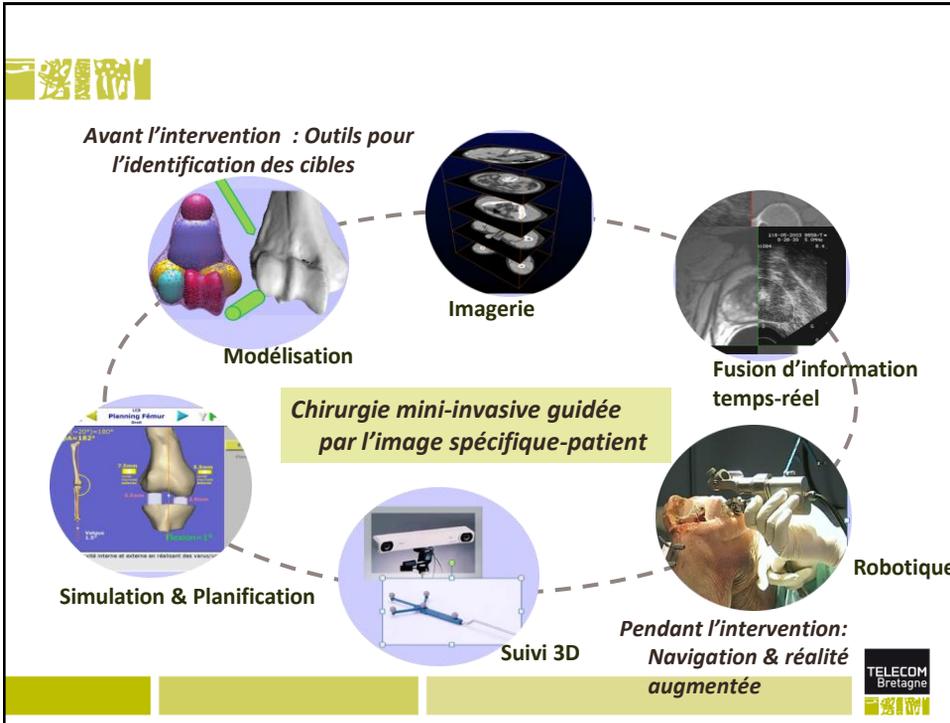
Objectif : offrir des solutions aux professionnels de la santé :
pour passer d'une chirurgie (intervention) invasive vers une chirurgie
minimalement invasive



Impact important

- **Pour le patient**
 - Augmentation de la durée de vie
 - Amélioration de la qualité de vie
 - Réduction de la gêne et des risques infectieux
- **Pour le médecin**
 - Meilleur résultat clinique
 - Diminution des risques du geste du fait de sa prédictibilité
 - Moins de complications
 - Meilleur service pour le patient
 - Diminution des taux de morbidité & mortalité
- **Pour la société**
 - Réduction des coûts des soins
 - Amélioration de la qualité des soins
 - Réduction des durées d'hospitalisation





Equipe : Thérapies interventionnelles

Plan méthodologique

- Modélisation & Analyse conjointe forme-fonction
- Compréhension et évaluation des désordres du **système ostéo-articulaire**
- Apport de solutions à des cas cliniques concrets

Restituer la fonctionnalité

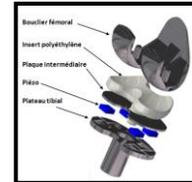
Domaines cliniques : Chirurgie orthopédique rééducation fonctionnelle

Nombreux
Variés
Complexes

Thérapies interventionnelles

Optimisation du geste: chirurgie orthopédique mini-invasive, fonctionnelle, spécifique patient

- Réduction de l'incision, réduction du temps opératoire, réduction des doses de rayons X, gain en précision et sécurité du geste, éviter les complications postopératoires et accroître la longévité des implants
- **Concept de la navigation & fusion multi-modalités**
- Mise en œuvre de procédures innovantes (Genou, Ostéotomie, Hanche, Epaule)



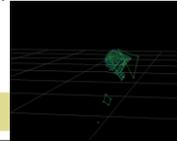
Evaluation pré et post opératoire du geste thérapeutique

- Limites des systèmes d'imagerie
- **Amélioration de modèles Biomécaniques** (Fusion de données anatomiques et cinématiques)
- **Evaluation de la qualité d'une estimation de mouvement** (Indice de cohérence articulaire)

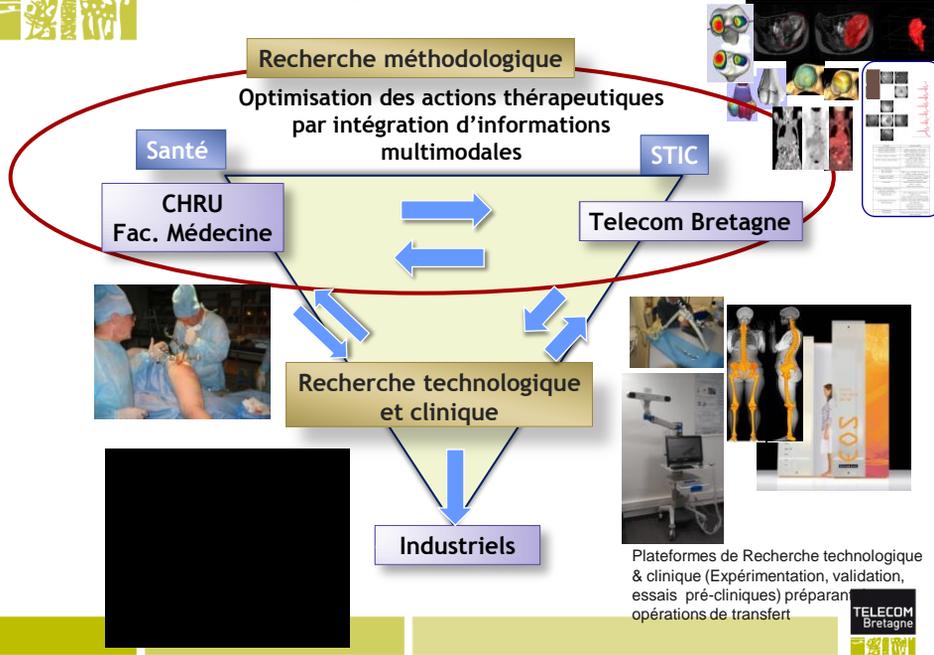


Optimisation fonctionnelle des implants

- **Nouvelle génération d'implants** instrumentés autonomes & adaptatifs



Clé de l'innovation : Triangle Cliniciens - Chercheurs - Industriels



Navigation & Paramètres morpho-fonctionnels spécifique patient

Centres articulaires

Axes fonctionnels

Axes mécaniques

Référentiels et plans anatomiques

Morphologie spécifique du patient

Cas de l'ostéotomie tibiale Supérieure

Ostéotomie Tibiale Supérieure
(Chirurgie de réaxation)

- Traitement de l'arthrose
- 10 000 cas /par an France

HKA

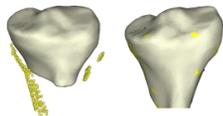
Chirurgie conventionnelle

- Le chirurgien utilise une image frontale pour calculer l'angle
- Contrôle en 2D pour une procédure en 3D
- Exposition aux rayons X
- manque de contrôle de l'orientation du plan de coupe

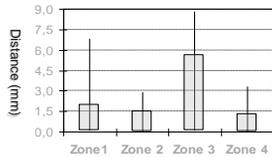
HTO d'ouverture

HTO de fermeture

Cas de l'ostéotomie tibiale Supérieure



Distance (mm)

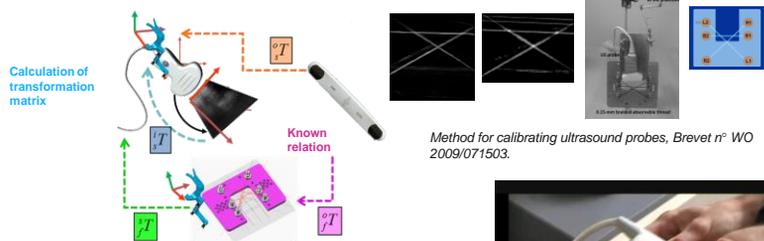


Intégration de l'échographie au bloc opératoire

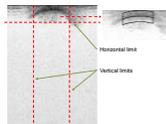
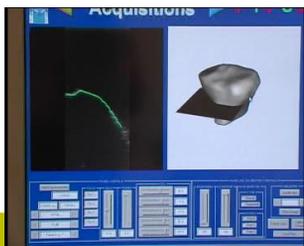
- Calibrage de la sonde échographique
- Segmentation temps réel d'images échographiques
- Recalage élastique entre un modèle et les contours « Echo-Morphing »

Intégration de l'échographie au bloc opératoire

Calibrage de la sonde écho / localisateur Optique 3D



Segmentation temps-réel d'images échographiques

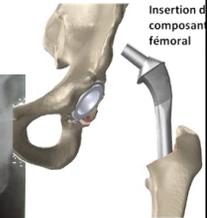
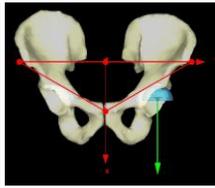
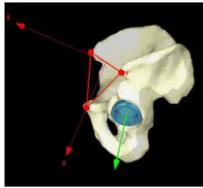


Recalage élastique entre un modèle et les contours obtenus des images échographiques par « Echo-Morphing »

Arthroplastie Totale de hanche, fonctionnelle, spécifique patient

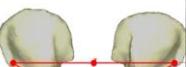
- Placer de façon optimale la cupule et la tige prothétique
 - Éviter toute **instabilité** de la prothèse → **luxation** post-opération
 - Restituer la **bonne longueur** de jambe
- Un référentiel est défini pour un placement correct :

Le **Plan Pelvien Antérieur** (PPA) ou plan de Lewinneck



➔ Evaluation de la dynamique pelvienne par échographie






pré-opératoire

- Plusieurs dépôts de brevets
- Plusieurs dépôts de logiciels
- Création de deux entreprises





- Elue Esprit de l'économie par la CCI 29 en décembre 2012,
 - Prix « TR35 France » conduit par la Technology review du MIT en mai 2014,

En per-opératoire

- Brevet US12/488001
- Brevet PCT /EP09765934



Aquisition





Un cadre européen Nov. 2010 – Janv. 2014



Mediate
Patient friendly medical intervention



Développement d'environnements interventionnels optimisés de la prochaine génération, pour les procédures minimalement invasives guidées par l'image spécifique-patient

- Interactivité : facile d'utilisation pour les professionnels de la santé
- Interopérabilité : échange d'informations entre différents sous-systèmes
- Multi-modalités : Radiographies, CT, MR, ultrasound, optique (endoscopie)



- Porteur Européen: Philips Healthcare, NL /
- Coordination Nationale: Telecom Bretagne / Institut Mines-Telecom
- Budget Projet 40 M€ (> 8 M€ France)
- **4 pays Européens** (Pays Bas, France, Espagne, Belgique), **27 partenaires**
 - 11 Laboratoires de recherche, 5 Grands Groupes Industriels, 11 PME



■ Constitution d'un véritable Ecosystème: un ensemble de PME innovantes en lien avec des académiques

- Transfert des résultats des académiques vers les PME

Consortium Néerlandais



Consortium Français



Consortium Belge



Consortium Espagnol



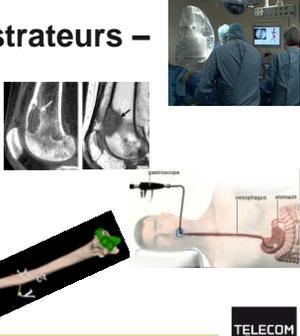
Partenariat clinique

- **3 domaines cliniques**
 - Cardio-vasculaires (interventions endovasculaires, ...)
 - Oncologie (ablation de tumeurs, radiothérapie)
 - Orthopédie (ostéotomie, ...)



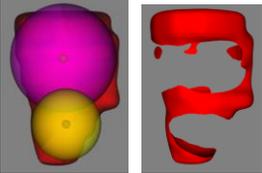
➔ Implication de partenaires cliniques pour chaque consortium

- **Réalisations : un ensemble de démonstrateurs – Thérapies guidées par l'image**
 - Implantation de valve aortique par voie percutanée
 - **Navigation de tumeurs osseuses**
 - Assistance Robotique pour la chirurgie NOTES
(Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery)



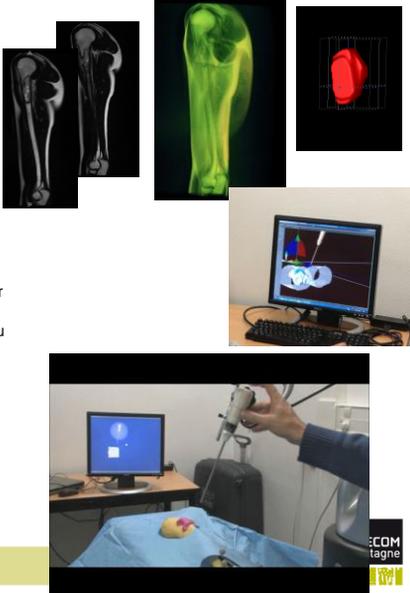

Nouveau système de Navigation pour l'ablation RF, mini-invasive, spécifique patient, de tumeurs osseuses

- **Phase pré-opératoire**
 - Segmentation IRM & reconstruction 3D (quantification de la tumeur)
 - Planification et simulation de l'ablation RF (nombre optimal de positions de l'aiguille RF + temps de diffusion nécessaire)



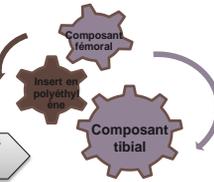
Procédure (itérative basée sur le calcul du centre de masse) pour éliminer plus que 95% du volume tumoral

- **Phase per-opératoire**
 - Calibrage, segmentation d'images écho et tracking de l'os
 - Recalage temps-réel US/MRI
 - Contrôle d'un bras haptique sur la base des données de simulation




Optimisation fonctionnelle des implants

■ La pose de prothèse sous anesthésie (paramètres physiologiques au repos)



- Systèmes de contrôle de l'équilibrage ligamentaire non optimaux
- Les conditions de fonctionnement de la prothèse évoluent dans le temps (usure, évolution morpho-fonctionnelle)



➔ Descellement de la prothèse & nécessité d'un geste de reprise

↓
Conception d'une nouvelle génération d'implants
autonomes en énergie, adaptatifs à l'évolution morpho-fonctionnelle du patient



Descellement



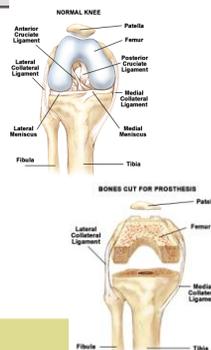
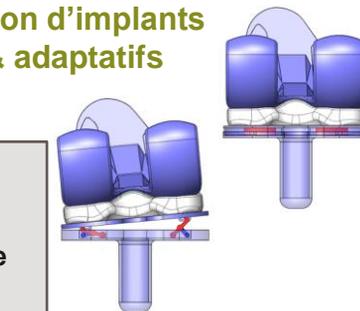
Vers une nouvelle génération d'implants instrumentés autonomes & adaptatifs

Verrous Technologiques à lever

- Génération d'énergie
- Evaluation du déséquilibre ligamentaire
- Mise en place d'un système de télémétrie
- Actionnement

Contraintes

- Biocompatibilité et étanchéité
- Espace disponible
- Coupes osseuses



Vers une nouvelle génération d'implants instrumentés autonomes & adaptatifs

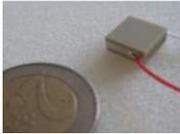
■ Génération d'énergie et évaluation du déséquilibre ligamentaire

Utilisation du piézocéramique

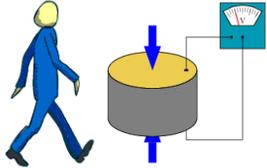
Générateur d'énergie

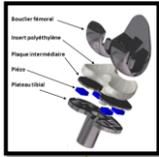
Capteur de pression

alimentation d'un système de télémétrie Évaluation du déséquilibre ligamentaire)



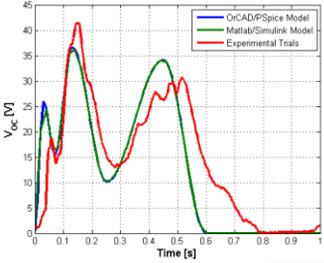
SCMAP09 H4mm, Noliac, Inc.
H=4mm, L=10mm, W=10mm







Validations théorique et expérimentale



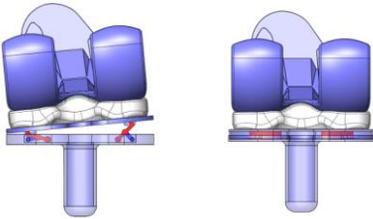
Energie brute moyenne: **1.81 mW** à travers une résistance de 35 kΩ



Développement d'un dispositif d'actionnement

Sur la base des informations issues des piézocéramiques

➡ Capable d'adapter sa géométrie de façon à rétablir l'équilibre ligamentaire



➡ Solution thèse Andrea Collo (Action transversale avec Montpellier)



12



Verrous technologiques à lever

■ Développement d'un système de télémétrie à ultra faible consommation d'énergie

Acquisition, traitement et transmission de données

Collaboration, département ELEC

Télécom Bretagne

Lahuec et al., IEEE TBME, 2010

LabSTICC

URVAL
UR
URVAL
URVAL



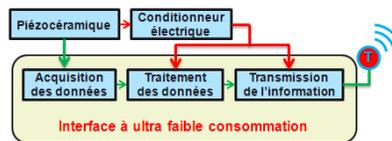
■ Développement d'un système de conditionnement de l'énergie produite

Maximiser la puissance produite par les piézocéramiques afin de la rendre exploitable

Collaboration, département ELEC

Télécom Bretagne

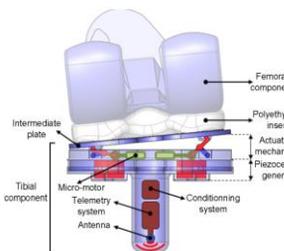
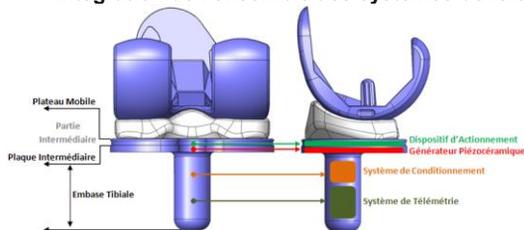
LabSTICC



Verrous technologiques à lever

■ Intégration, essais et validation

■ Intégration de l'ensemble des systèmes développés



■ Evaluation des essais expérimentaux



Simulateur du genou
ADL Force 5
(LaTIM, INSERM UMR 1101)



■ Validation du système global

Conception d'une nouvelle génération d'implants autonomes en énergie, adaptatifs à l'évolution morpho-fonctionnelle du patient

- Soutien de l'Institut Mines-Telecom : 2 thèses + post-doc + 1 ingénieur
- Soutien de la région Bretagne : Simulateur de Genou
- Sollicitations pour Collaborations (nationales & internationales)
- ANR EMERGE : 2015 –2017



Futur

- Modélisation Multi-modalités / multi-échelle/morpho-fonctionnel



- Modèles prédictifs, Modèles d'évolution physiopathologique, Modèles biomécaniques, à partir des bases de données massives (Big Data).

➤ *Thèse dans le cadre d'une action transversale avec Mines Saint-Etienne*

- Simulation numérique
- Optimisation des gestes chirurgicaux : interfaces homme-machine / localisation / Réalité augmentée
- Qualité de l'information et de la décision



A l'échelle de l'institut Mines Telecom

Imagerie, analyse d'images

Action thérapeutique mini-invasive

Ingénierie des systèmes de soins et des services de santé

Environnements immersifs, 3D

Assistance à la personne et maintien à domicile / mobilité

Télémédecine

Internet des objets / capteurs

Gestion de la connaissance / Intelligence artificielle

Génomique et Bioinformatique

Prothèses et orthèses

Robotique

Biomatériaux / Biomécanique

Galénique

Bioélectronique et biocapteurs

Interactions ondes-tissus

Usages et Economie de l'e-santé

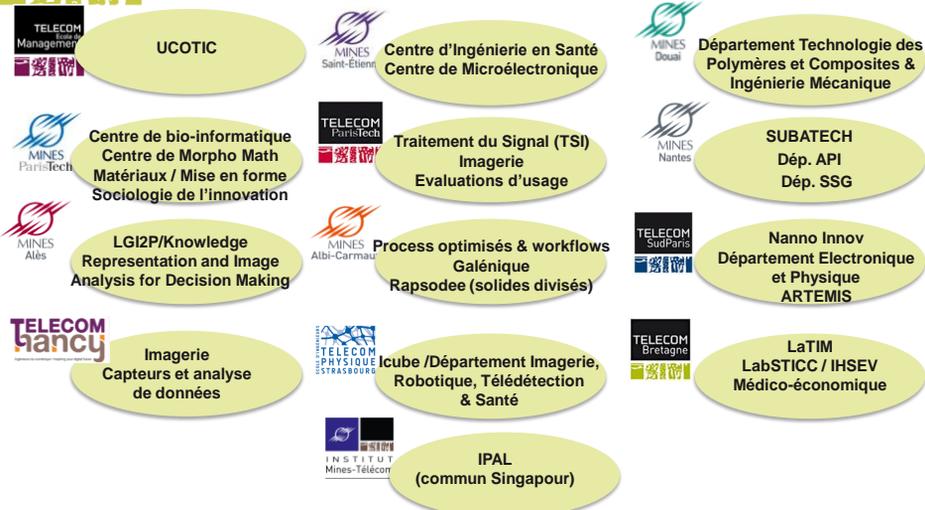
Juridique / Ethique

Le Réseau Thématique « Santé **Numérique** » > 140 Enseignants-Chercheurs



En cours de recensement

Laboratoires de l'institut actifs en Santé



Le soutien de l'institut à des actions transverses : source d'innovations et de travaux en rupture

