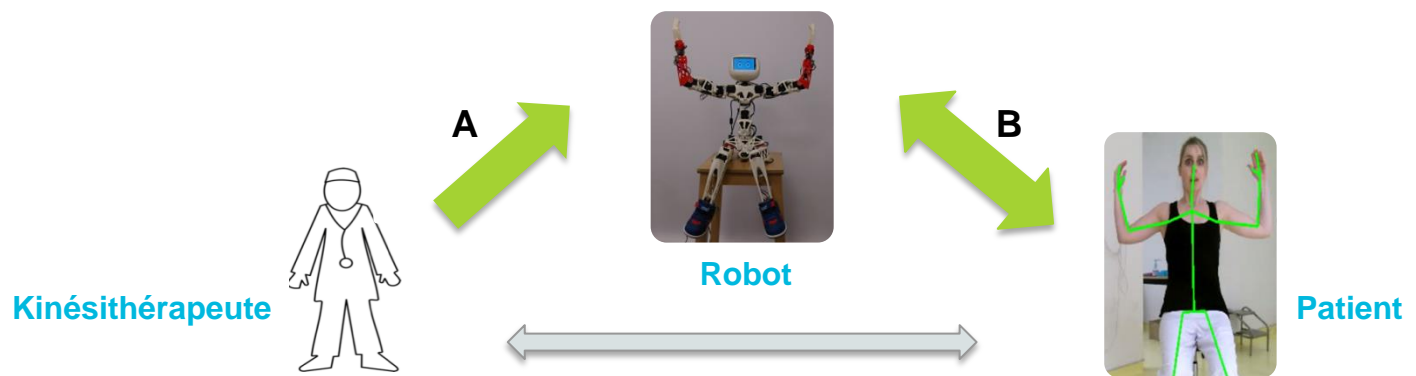


Une triade : kinésithérapeute, robot humanoïde, patient

- ▶ **Kinésithérapeute** : réalise un geste dans le cadre d'un exercice de rééducation
- ▶ **Robot** : apprend le geste par imitation
- ▶ **Patient** : apprend le geste par le robot qui prend le rôle de tuteur artificiel



Partenaires

- (1) **IMT Atlantique**
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom
- (2) **Génération Robots**
The European specialist for service robots
- (3) **CHRU BREST**
CENTRE HOSPITALIER
REGIONAL UNIVERSITAIRE

Auteurs

Sao Mai Nguyen (1)
Jérôme Laplace (2)
Olivier Rémy-Néris (3)

Damien Deguyenne (2)
Maxime Devanne (1)
Myriam Le Goff (1)
Mathieu Lempereur (3)
Béatrice Médée (3)
Mathieu Simonnet (1)
André Thépaout (1)

Site web

<http://keraal.enstb.org>

Utilisation du robot *Poppy Humanoid*

(Génération Robots, équipe Flowers, INRIA Bordeaux)

- ▶ **Morphologie** : bio-inspirée
- ▶ **Open source** : hardware & software
- ▶ **Corps réalisé en impression 3D** : design et réalisation de nouvelles formes
- ▶ **Interface web** : contrôle du robot
- ▶ **Evolution du robot par l'ajout** :
 - d'une interaction visuelle par l'écran du robot
 - d'une interaction orale par synthèse vocale
 - d'articulations pour répondre aux contraintes de rééducation

Mouvement
correct !



Système de tutorat intelligent

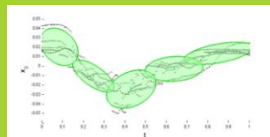
A : interaction Kiné → Robot

- ▶ **Capture** d'un ensemble de mouvements du kinésithérapeute
 - à l'aide de caméras Microsoft Kinect v2



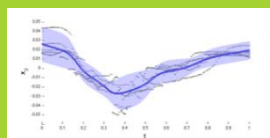
- ▶ **Apprentissage** d'un modèle probabiliste de l'exercice
 - mélange de gaussiennes (positions et orientations des articulations) :

$$p(x, t) = \sum_{k=1}^K \Phi_k \mathcal{N}(\mu_k, \Sigma_k)$$



- génération du mouvement idéal par régression :

$$\hat{x}_t = \max(p(x, t))$$



- ▶ **Conversion** du mouvement humain en ordres pour animer le robot Poppy

B : interaction Robot ↔ Patient

- ▶ **Démonstration** de l'exercice par le robot
 - consignes gestuelles et orales
- ▶ **Réalisation** de l'exercice par le patient (capture par Kinect)
- ▶ **Evaluation** de l'exercice réalisé

- comparaison avec le modèle probabiliste appris (calcul de vraisemblance)

$$\ln p(X|\Phi, \mu, \Sigma) = \sum_{t=1}^T \ln \left\{ \sum_{k=1}^K \Phi_k \mathcal{N}(x_t | \mu_k, \Sigma_k) \right\}$$

- analyse détaillée par partie du corps et par segment temporel du mouvement



- ▶ **Restitution** de l'évaluation par le robot Poppy
 - informations et encouragements oraux sur l'exercice
 - erreurs détectées et indications pour les corriger

Outre l'aspect social apporté par les encouragements du robot au patient, le projet KERAAL bénéficie d'une étude clinique d'acceptabilité de la rééducation par robot, complétée par une étude du modèle économique.

Publications :

NGUYEN Sao Mai, TANGUY Philippe, RÉMY-NÉRIS Olivier. Computational Architecture of a Robot Coach for Physical Exercises in Kinesthetic Rehabilitation. IEEE International Symposium on Human and Robot Interactive Communication, 28 august - 01 september 2016, New York, United States, 2016.
 NGUYEN Sao Mai, TANGUY Philippe, RÉMY-NÉRIS Olivier, THÉPAUT André. A humanoid robot for coaching patients for physical rehabilitation exercises. In Asian Conference on Computer Aided Surgery, 2016.
 THÉPAUT André, NGUYEN Sao Mai, LOHR Christophe. Télé-rééducation fonctionnelle dans le cadre du projet VITAAL. "Actualités en Médecine Physique et de Réadaptation", Maintien des personnes à domicile : télé-rééducation, télé-réadaptation et e-santé, n°1 (janv.-fév.-mars 2017).

Contact : mai.nguyen@imt-atlantique.fr