

# L'homme et le robot, vers une interaction physique plus naturelle

Mathieu Celerier<sup>1,3</sup>, Mehdi Benallegue<sup>1</sup>, Gentiane Venture<sup>1,2</sup>

(1) CNRS-AIST Joint Robotics Laboratory, (2) Université de Tokyo, (3) Université de Montpellier

## Abstract

### L'interaction physique humain-robot depuis quelques années :

- Méthodes de contrôle pour l'interaction (Impédance, Admittance)
- Transparence du système (Exosquelette, Téléopération)
- Sécurité physique de l'utilisateur

### Peu d'études sur ces sujets importants :

- Autonomie du robot lors de l'interaction physique avec un humain
- Etudes centrées sur l'humain, bien-être de l'utilisateur
- Quelles méthodes de contrôle afin de créer une interaction perçue comme naturelle par l'utilisateur

### Objectif de nos travaux :

- Etude de l'interaction physique active humain robot
- Identifier des pistes vers une interaction naturelle pour l'humain
- Etude de différents scénarii présentant plusieurs niveaux de collaboration

## Mouvement inspiré de l'humain

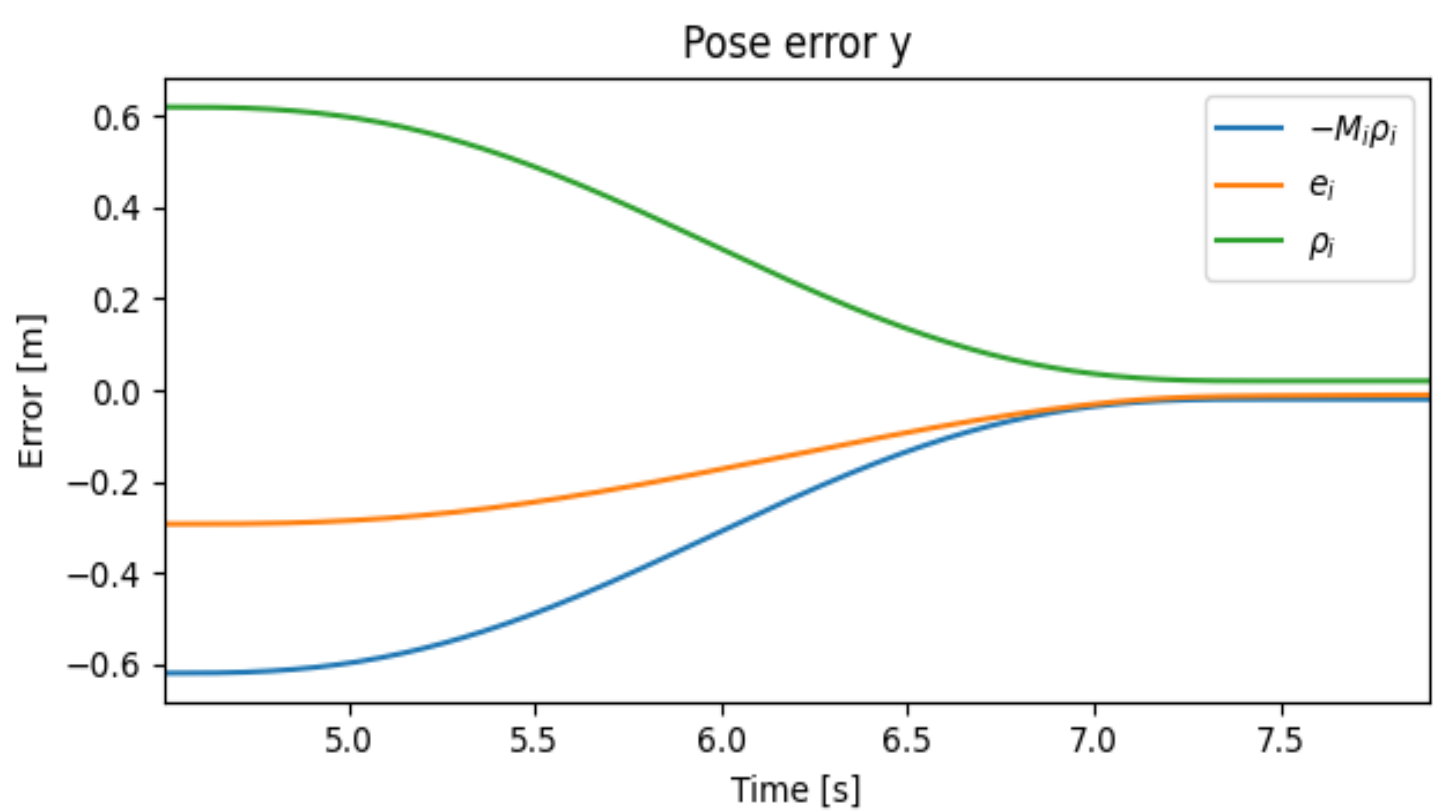
### Minimum Jerk Trajectory

$$X(t) = X_0 + (X_f - X_0) \left[ 6 \left( \frac{t}{t_f} \right)^5 - 15 \left( \frac{t}{t_f} \right)^4 + 10 \left( \frac{t}{t_f} \right)^3 \right]$$

### Contrôle par performance prescrite

$$\begin{aligned} -M_i \rho_i(t) &< e_i(t) < \rho_i(t) \quad \forall t \text{ quand } e_i(0) \geq 0 \\ -\rho_i(t) &< e_i(t) < M_i \rho_i(t) \quad \forall t \text{ quand } e_i(0) \leq 0 \end{aligned}$$

- Définition de « barrières » sur l'erreur en position
- Modèle du mouvement humain inscrit dans les barrières



## Proprioception et interaction physique

### Hypothèses :

1. Une méthode de contrôle inspirée du mouvement humain peut être différenciée d'un contrôle classique dans un scénario d'interaction physique active.
2. Une méthode de contrôle inspirée du mouvement humain est plus appréciée par l'utilisateur.

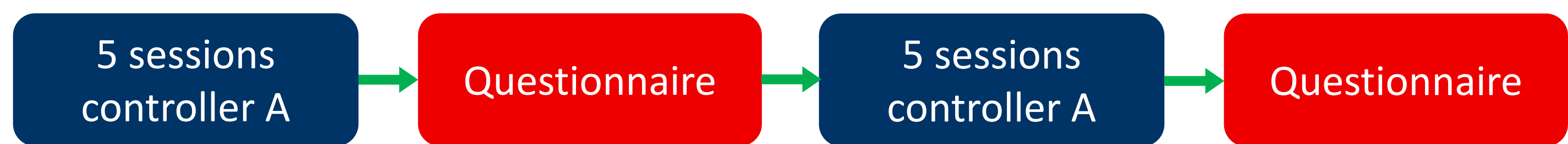
### Test A/B :

- 1re hypothèse



Mesure la différence perçue par l'utilisateur entre deux sessions

- 2de hypothèse



Questionnaire = NARS + CH-33 + Question ouverte: "Qu'avez-vous ressenti en interagissant avec le robot ?"

### Résultats :

- 1re hypothèse :

	A -> A	A -> B	B -> B	B -> A	Pas de changement	Changement	Total
Précision	60%	83%	71%	100%	67%	92%	79%

A : Contrôleur classique - B : Notre contrôleur

- 2de hypothèse :

CH-33 : Score d'acceptation  $\uparrow$  6% - Score de robustesse  $\uparrow$  11%

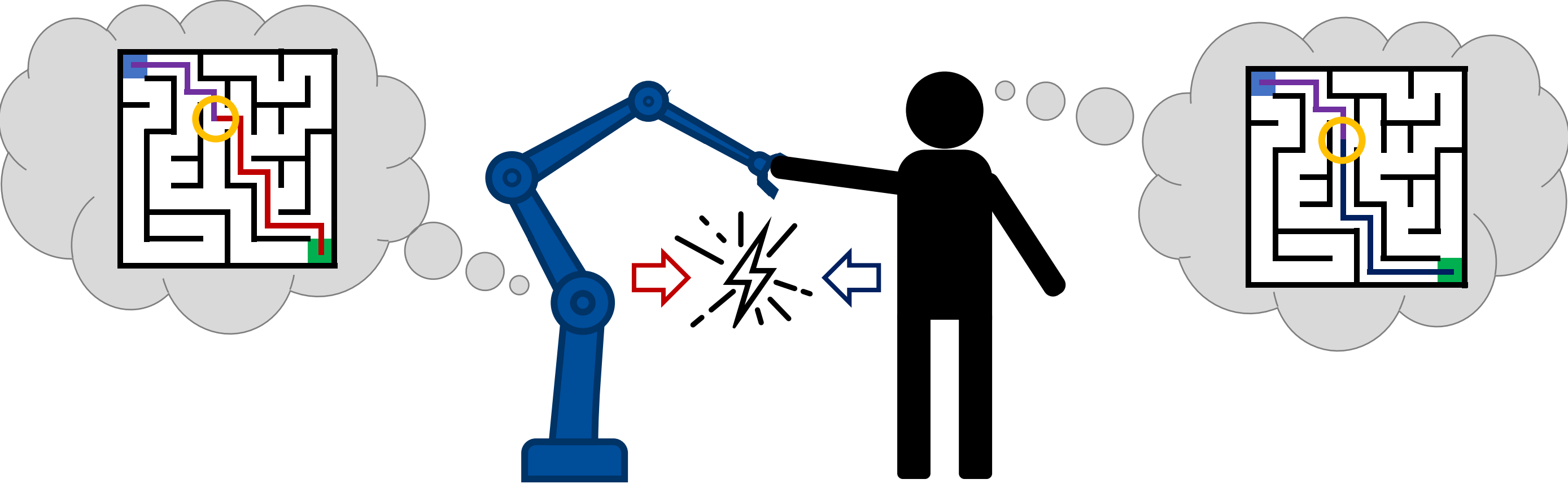
Aucunes autres différences mesurées

## L'interaction physique "Active"

Introduit et défini comme « Un type d'interaction au cours de laquelle le robot peut effectuer une action physique sur l'utilisateur sans notification préalable. »

## Situation de conflit

L'interaction étant active le robot est autonome et possède donc ses propres règles pour assister l'utilisateur à réaliser la tâche.



Le chemin planifié par le robot et celui par l'humain diffèrent au niveau de l'intersection. Par conséquent l'humain et le robot vont exercer des efforts dans des directions différentes à ce niveau ce qui entraîne un conflit.

## Préférences de l'utilisateur

L'objectif est d'identifier les valeurs des paramètres de notre contrôleur, qui correspondent à l'interaction préférée de l'utilisateur, voire d'un ensemble. Le processus est le suivant:



### Exemples de paramètres:

- $K_p$  raideur du robot
- $K_d$  amortissement de la vitesse
- $K_F$  multiplication de la force de l'utilisateur
- $v_{moyen}$  vitesse moyenne désirée

### Exemples de comparaison:

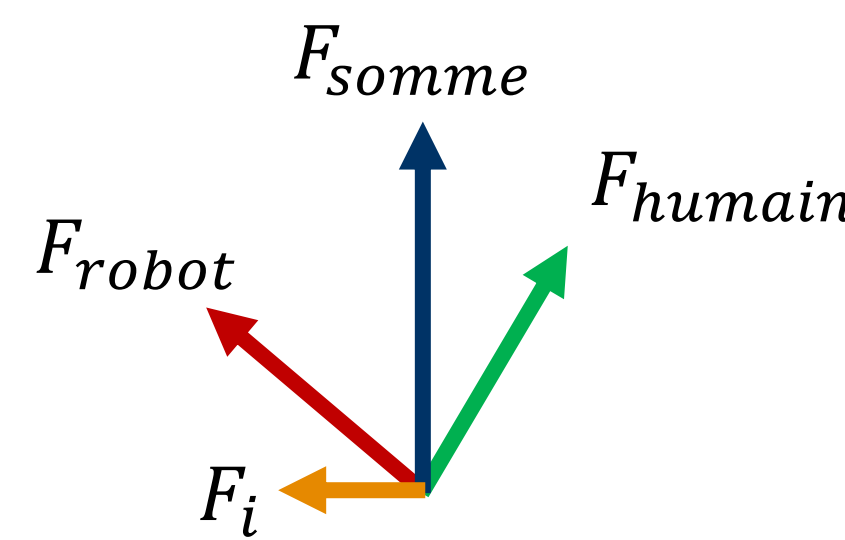
- Quelle session avez-vous préférée en matière de rigidité du robot ?
- Quelle session avez-vous préférée en matière de rapidité du robot ?
- Quelle session avez-vous préférée en matière de liberté de mouvement ?

Ce processus d'optimisation est ensuite répété dans plusieurs scénarii avec différents niveaux de conflits

## Analyse de l'interaction

Le contrôle préféré de l'utilisateur étant identifié, il suffit de le charger dès qu'il souhaite travailler avec le robot. Néanmoins, pour comprendre comment l'interaction évolue au fil de l'optimisation, ou suivant le niveau de conflit, et généraliser à plusieurs utilisateurs il faut des outils.

### Les forces d'interaction $F_i$ :



$$F_{\text{somme}} = F_{\text{humain}} + F_{\text{robot}}$$

$F_i \rightarrow 2$  modèles :

- $F_i = F_{\text{humain}} - F_{\text{robot}}$
- $F_i$  fonction du modèle du minimum jerk

### Etude de l'interaction humain-robot à l'aide de métriques humain-humain

- Équité de la collaboration
- Efficacité de la collaboration
- Similarité des forces
- Confort de la collaboration

