



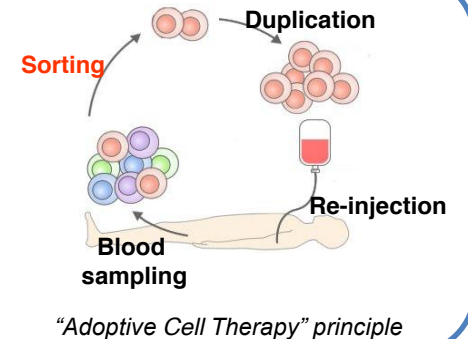
# Toward Controlled Dielectrophoresis for Cell Sorting in Microfluidics

## Motivations

To contribute to the development of “Adoptive Cell Therapy (ACT)”, a highly promising approach for cancer treatments.

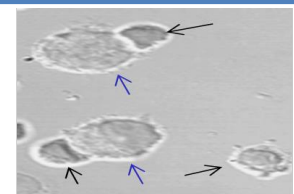
ACT principle: each patient has some lymphocytes able to kill cancer cells. They must be isolated and duplicated to enhance their activity.

**Goal of the project:** development of a highly selective cell sorting device to isolate the rare anti-cancer lymphocytes.



## Challenges

- The lymphocytes of interest have to be isolated from others, similar in shape, size and physical properties
  - **Selectivity** of current methods must be improved thanks to unconventional selection criteria
- A tiny amount of lymphocytes (~0,1%) has the ability and destroy tumor cells
  - To be **viable**, the proposed solution must scan millions of lymphocytes
- The system must be available to each patient
  - **Cost-effective and integrated** solutions must be proposed

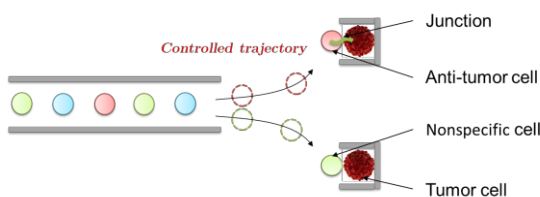


lymphocytes →  
tumor cells →  
Example of lymphocyte/tumor cell interaction

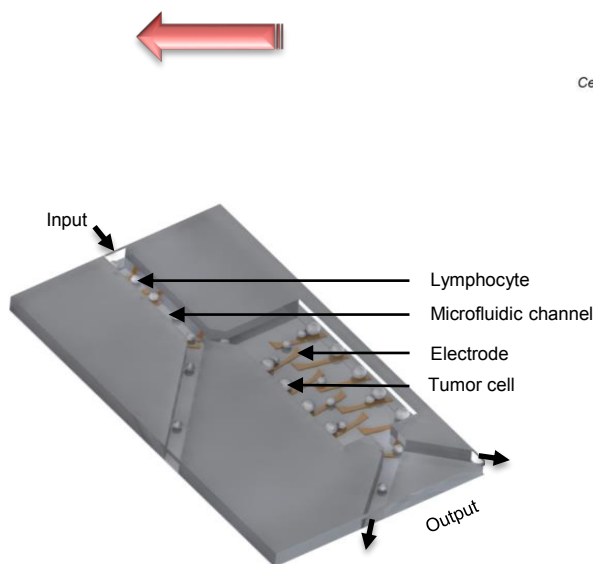
## Proposed approach

✓ **Selectivity ensured by smart sorting: test based on biological affinity**

- When an anti-tumor lymphocyte and a tumor cell are in contact, a junction is created during the attack
- This junction will be detected and used as the sorting criterion

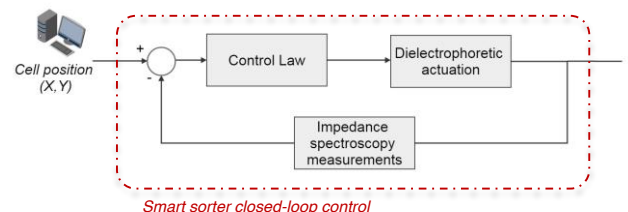


➤ *Closed-loop control is necessary to position the lymphocyte in contact with the tumor cell*



**Principle of the highly selective sorting device in microfluidic channels actuated by dielectrophoresis**

✓ **Cost-effective and integrated solution**



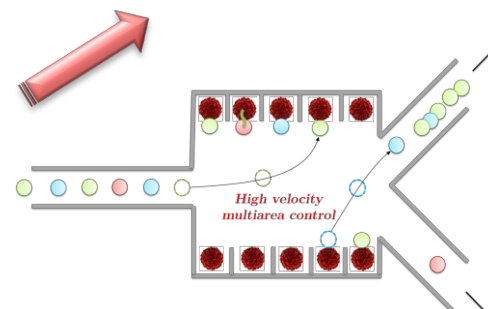
- A **dielectrophoretic force**, obtained by applying a non-uniform electric field, will induce the displacement of the cells
- Impedance spectroscopy**, obtained by measuring the current barrier induced by a cell, will provide information on the cell position
- Microelectrodes will perform both actuation and impedance measurement

➤ *Fast and in parallel closed-loop control will be ensured by impedance spectrometry*

✓ **Viability guaranteed by parallelizing high velocity controlled trajectories for sorting**

- Each sorting step must be parallelized to improve the throughput of the device
- Each test must be performed at high velocity

➤ *Position control must be fast and performed on several lymphocytes simultaneously*



### Contact details:

{vladimir.gauthier, benoit.brazey, tristan.legallou, aude.bolopion, michael.gauthier}@femto-st.fr

Ninon Candalh-Touta ([candalh-touta@isir.upmc.fr](mailto:candalh-touta@isir.upmc.fr))

Jérôme Szewczyk ([sz@isir.upmc.fr](mailto:sz@isir.upmc.fr)) ; Philippe Poignet ([poignet@lirmm.fr](mailto:poignet@lirmm.fr))

**Problems**

Bad communication between expert and novice

High cognitive load

Ergonomy

Bad information treatment

No scorage

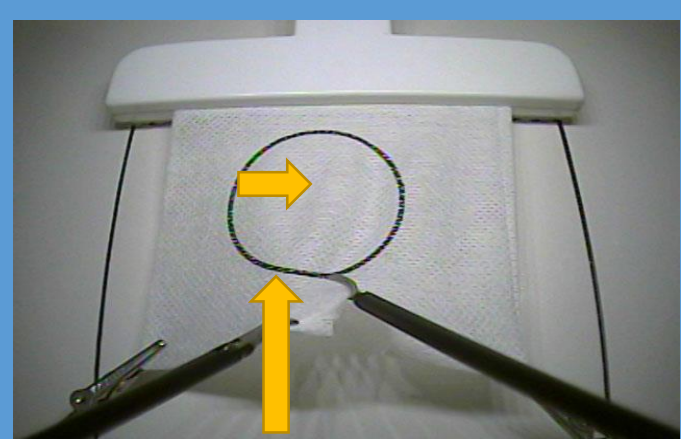
Set-up

No spatial representation exercize

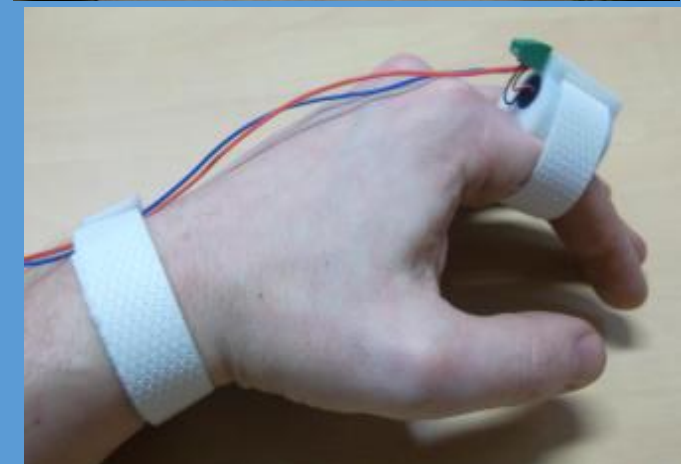
Not enough training sessions



## Multi-sensory Feedback



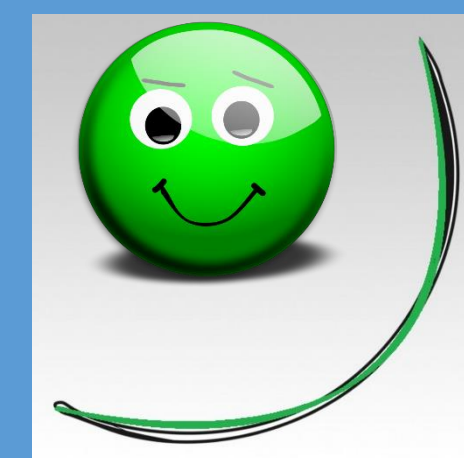
Visual



Tactile



Kinesthetic

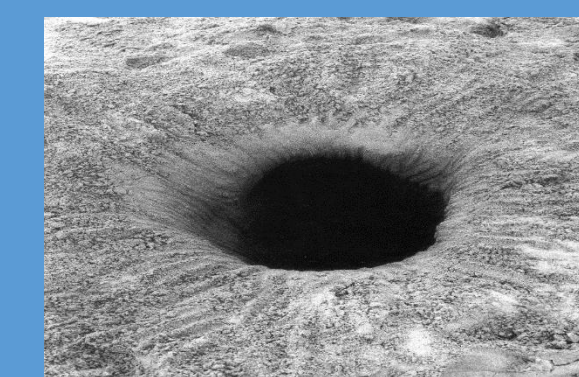


Needle position

## Use of Augmented Reality and Active Guidance

Warning: Deviation

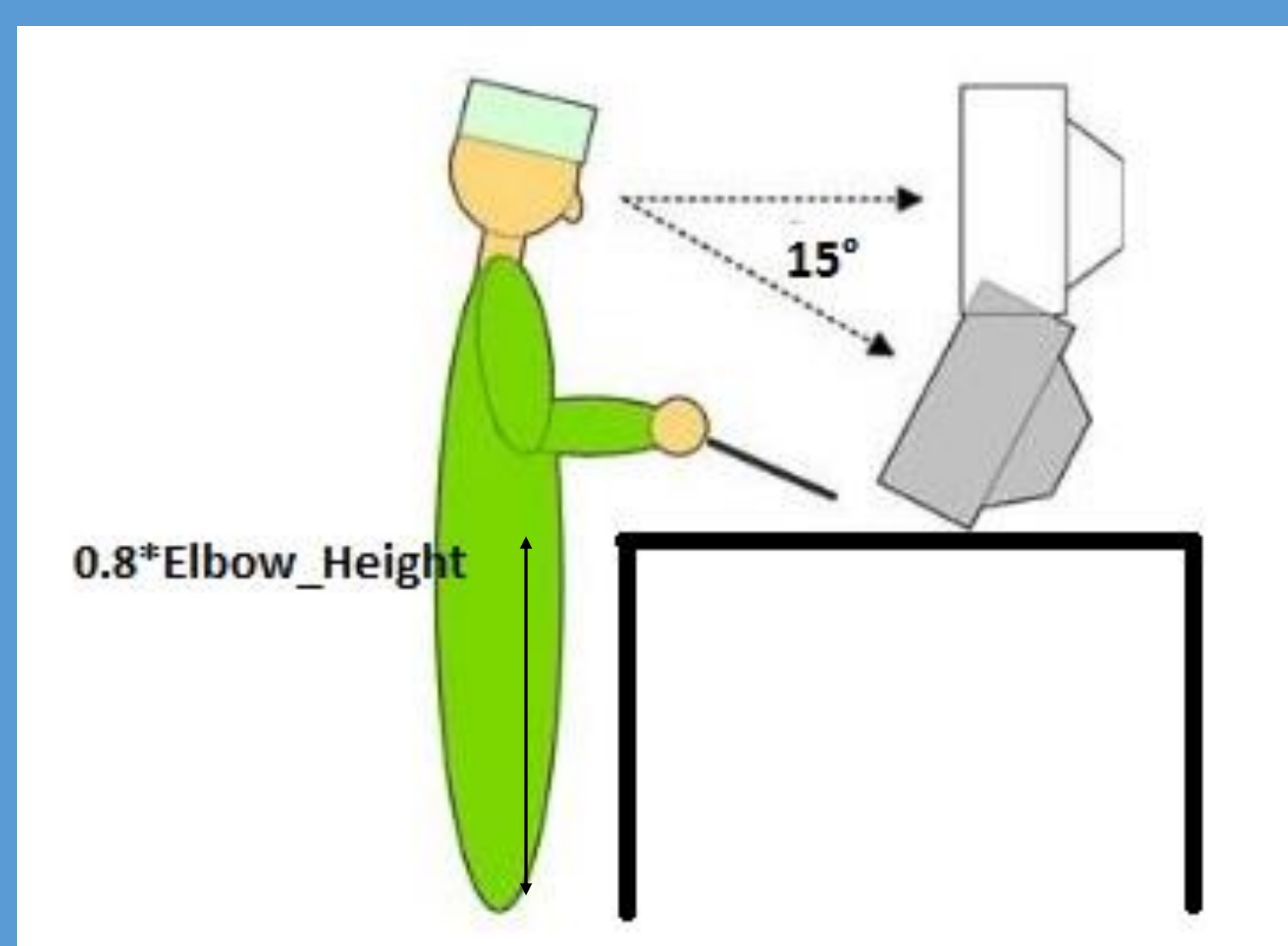
Direction of The draw wire



Depth Indications



## Improve the Ergonomy



How can we improve the Laparoscopic Training thanks to Robotics ?

## Appropriation of the Gesture

Procedure

↓  
Tasks

↓  
Subtasks

↓  
5 elementary gestures:  
Reach&Orient, Catch&Hold,  
Push, Pull, Release

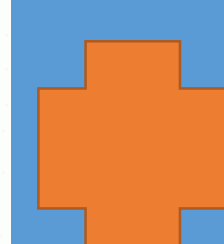
## Serialization of the difficulties

1. Direct Vision + 6 degree of freedom
2. Direct Vision + 4 DoF
3. Indirect Vision + 6 DoF
4. Indirect Vision + 4 DoF

## Give a Goal



## Kinesthetic Imagery



- A faster, more efficient, more accurate and less painful training
- A faster and more accurate gesture
- Decrease the learning curve

# Asservissement visuel utilisant la commande prédictive pour assister plusieurs suivis de trajectoire



Nicolas Cazy, Pierre-Brice Wieber (Bipop), Paolo Robuffo Giordano et François Chaumette

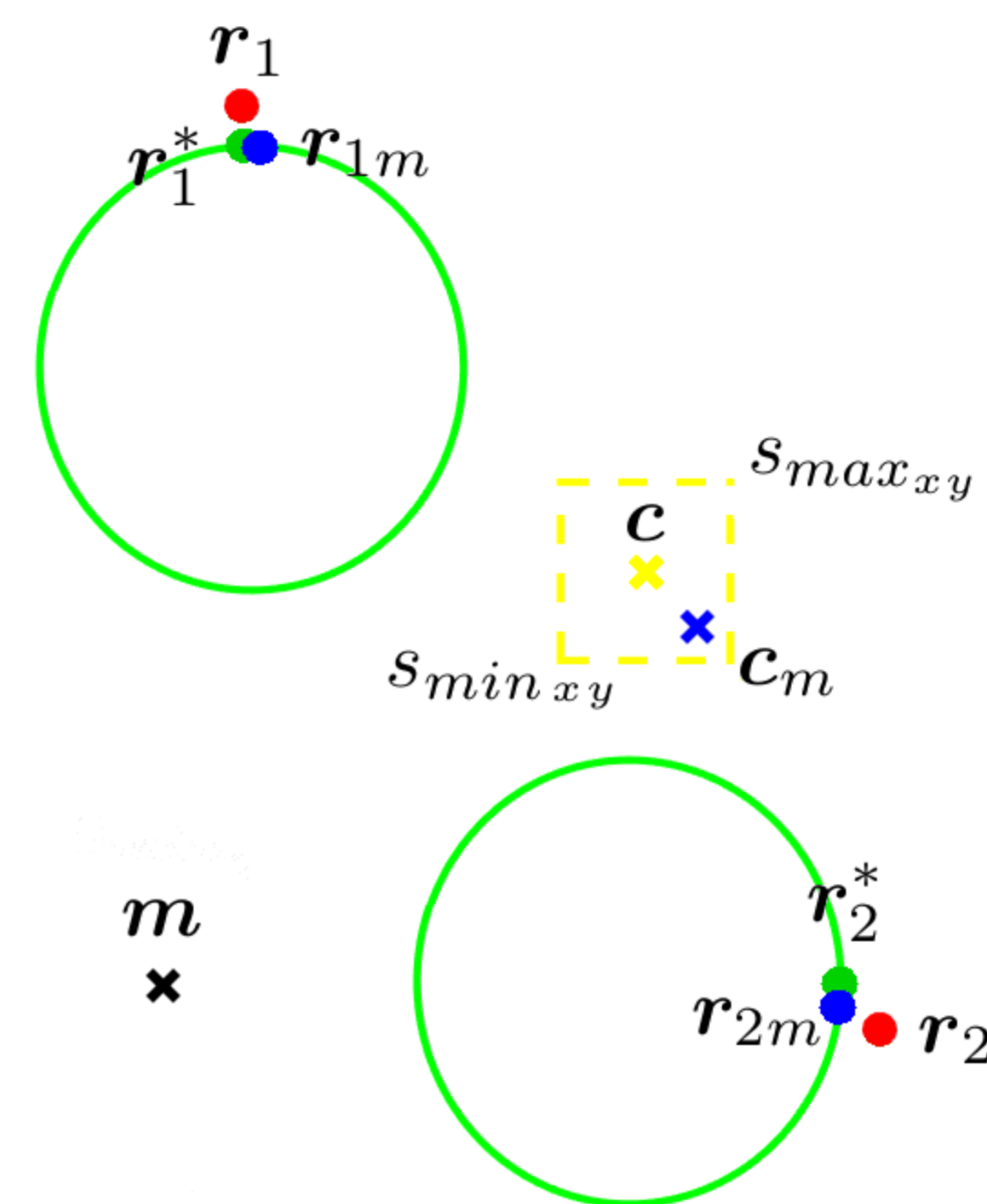
## Objectif



## Commande des robots

**Système :**  
 Caméra  $c$   
 (champ de vue limité)  
 Robots  $r_i$   
 Poses désirées  $r_i^*$   
 Point fixe  $m$   
 Modèles  $c_m, r_{im}$

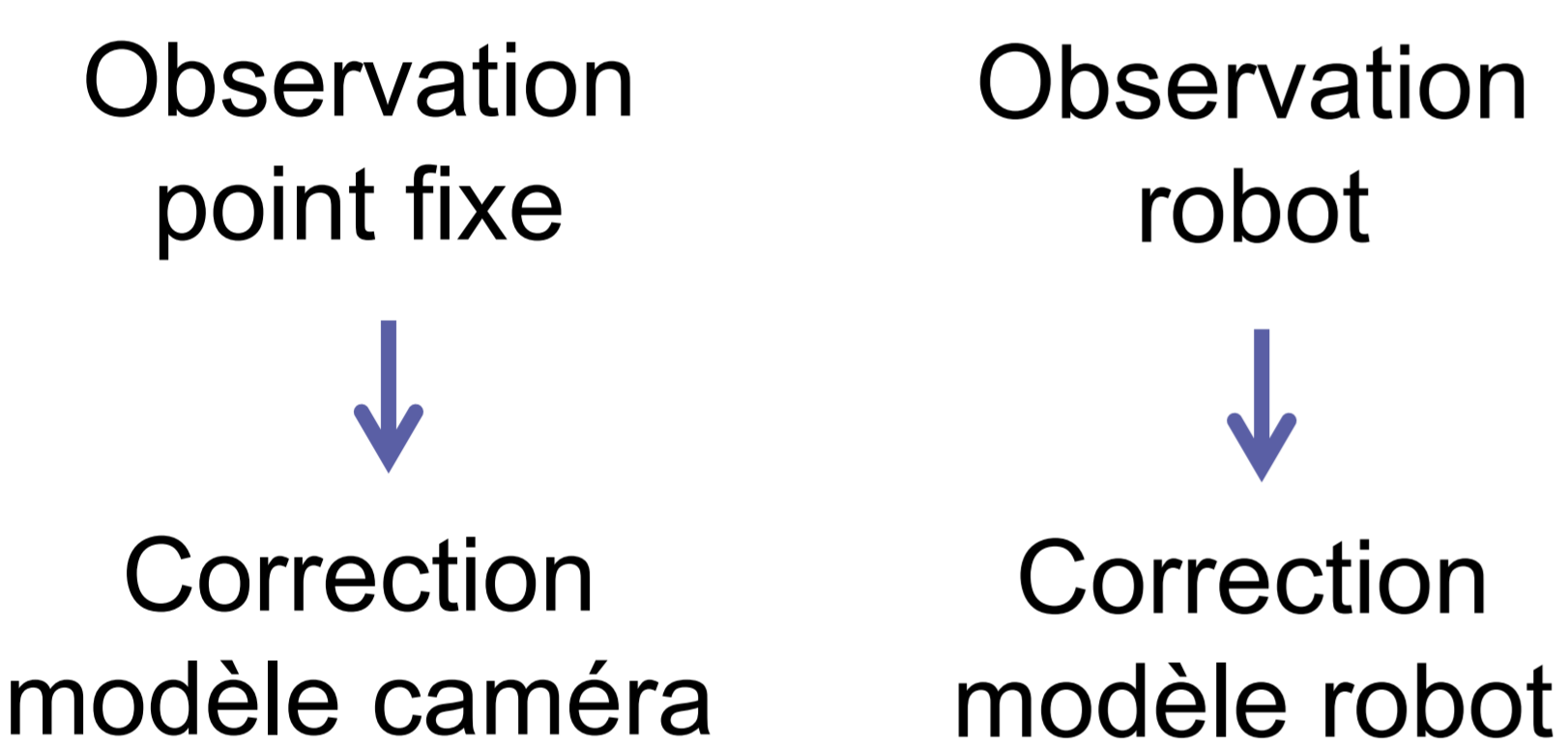
**Suivi de trajectoires :**  
 Vitesses appliquées aux robots  
 $u_i = k(r_i^* - r_{im})$   
 avec  $k > 0$



**Problème :**  
 Dérives entre positions réelles et modèles  
 $e_{cm}, e_{im}$   
 ↓  
 Dérives entre positions réelles et désirées des robots

## Commande de la caméra

### Correction des modèles :

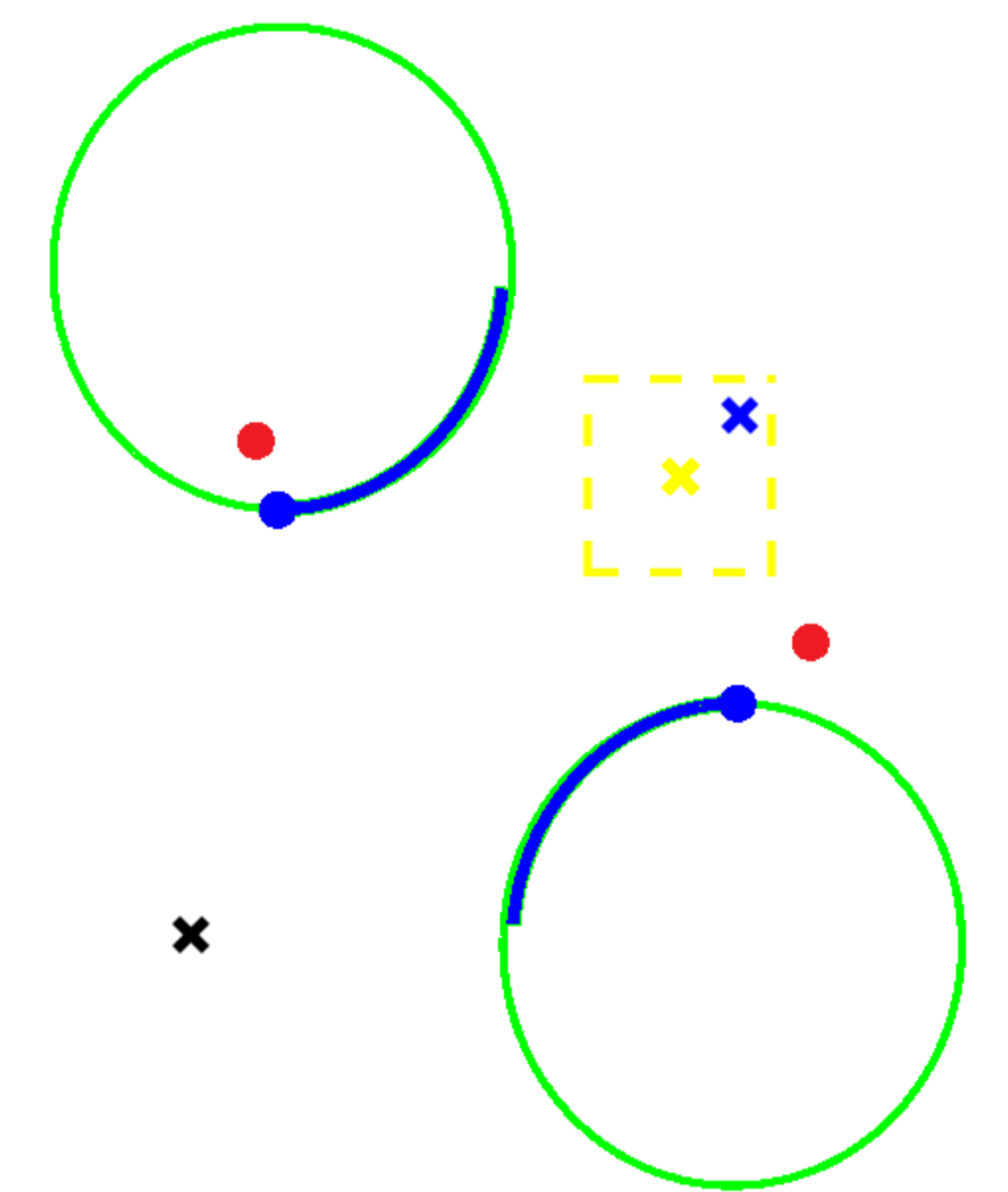


### Incertitudes :

Quantification des dérives  $P_i, P_c$   
 Seuils  $P_{max_i}, P_{max_c}$

### Commande prédictive :

Caméra ne se déplace pas instantanément  
 ↓  
 Anticipation du dépassement du seuil

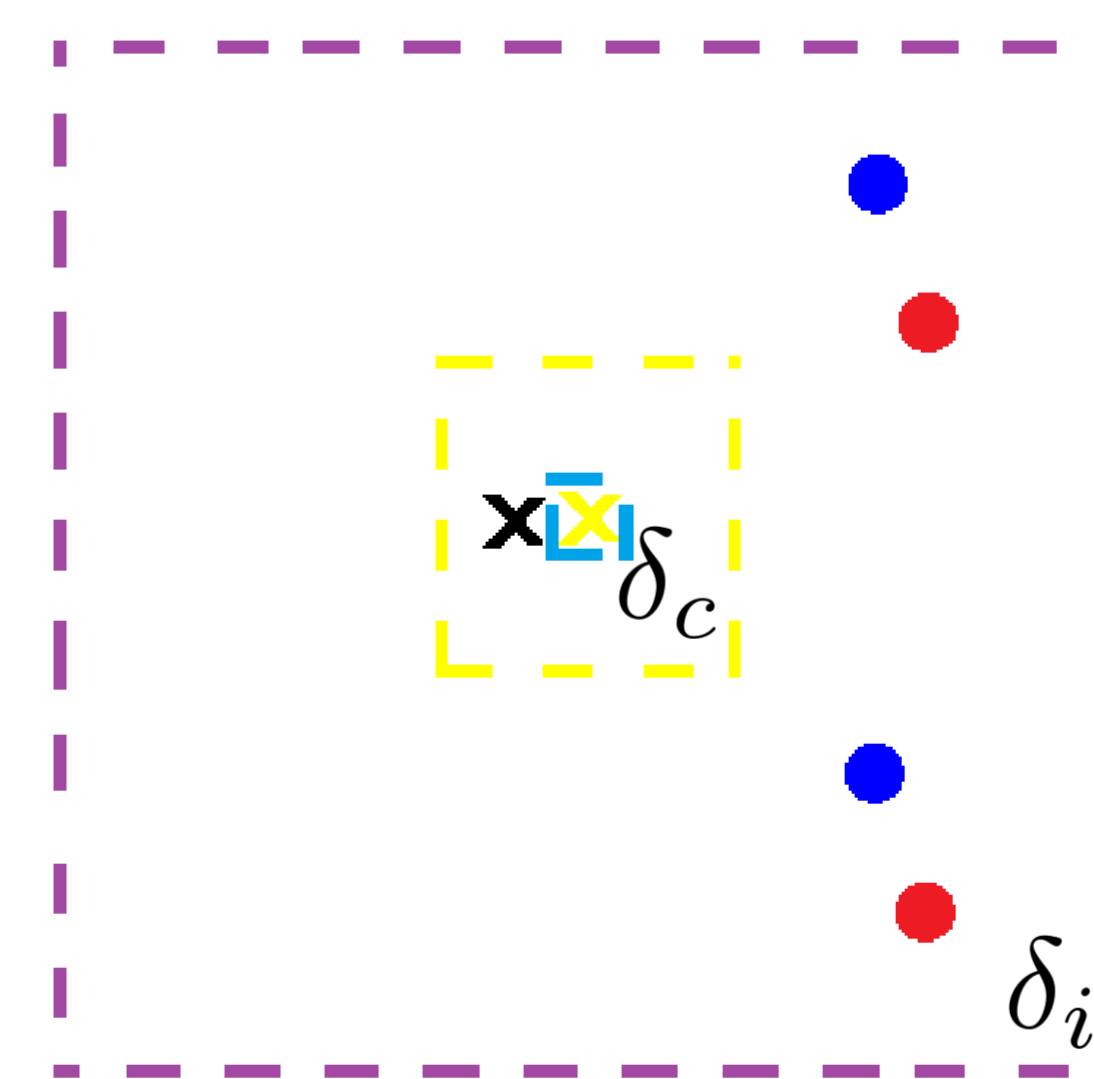


### Prédiction modèles :

Horizon de prédiction  
 ↓  
 Poses des robots  
 Poses de la caméra  
 Incertitudes

### Contraintes :

Tolérances  $\delta^-, \delta^+$   
 (fonction des incertitudes)  
 ↓  
 Affectées aux robots  $\delta_i$   
 Affectée au point  $\delta_c$

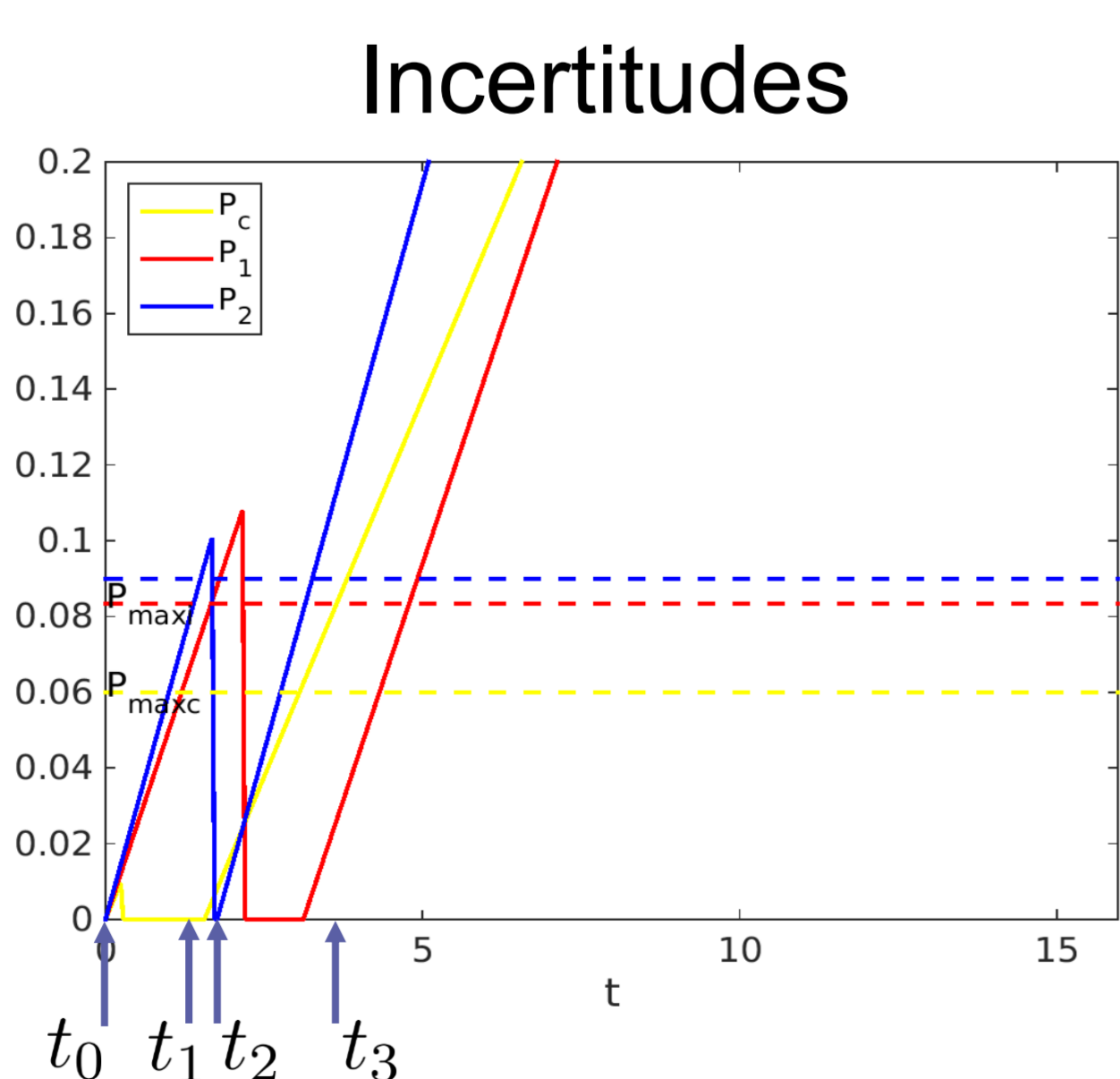


### Fonction de coût :

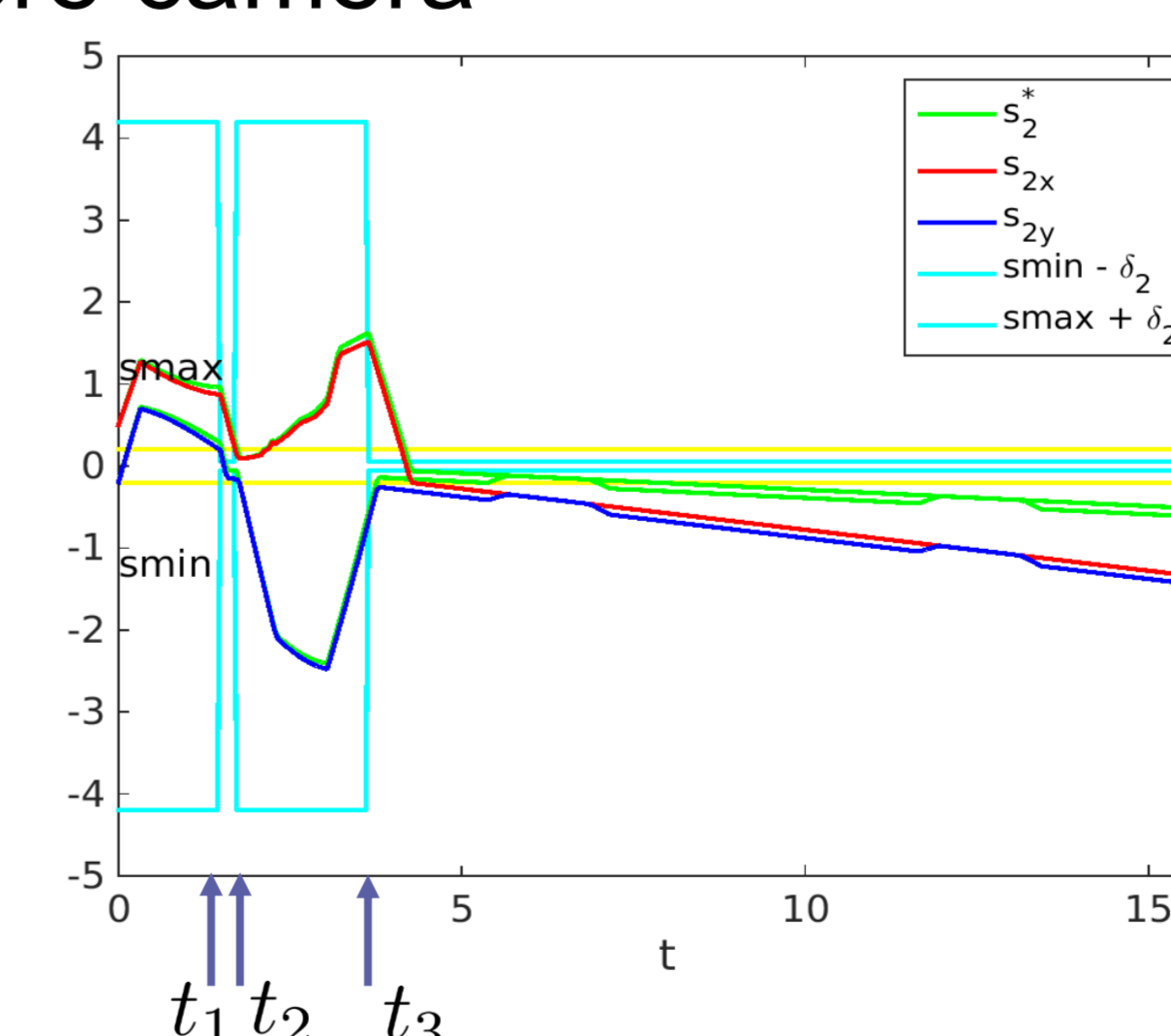
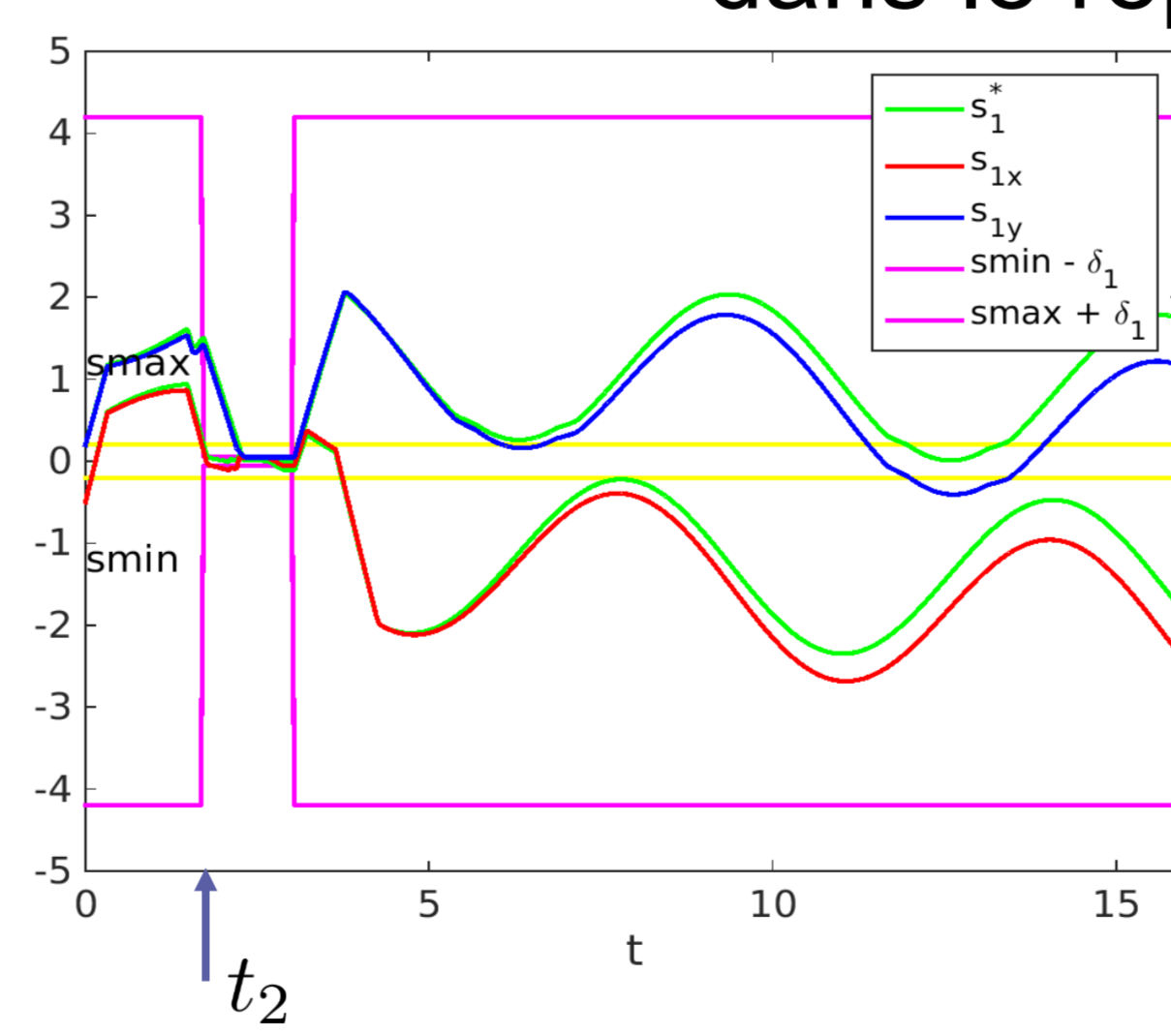
Caméra à égale distance des robots et du point  
 ↓  
 Minimiser distance entre caméra, robots et point fixe

## Simulations

### Prédiction sur un horizon court

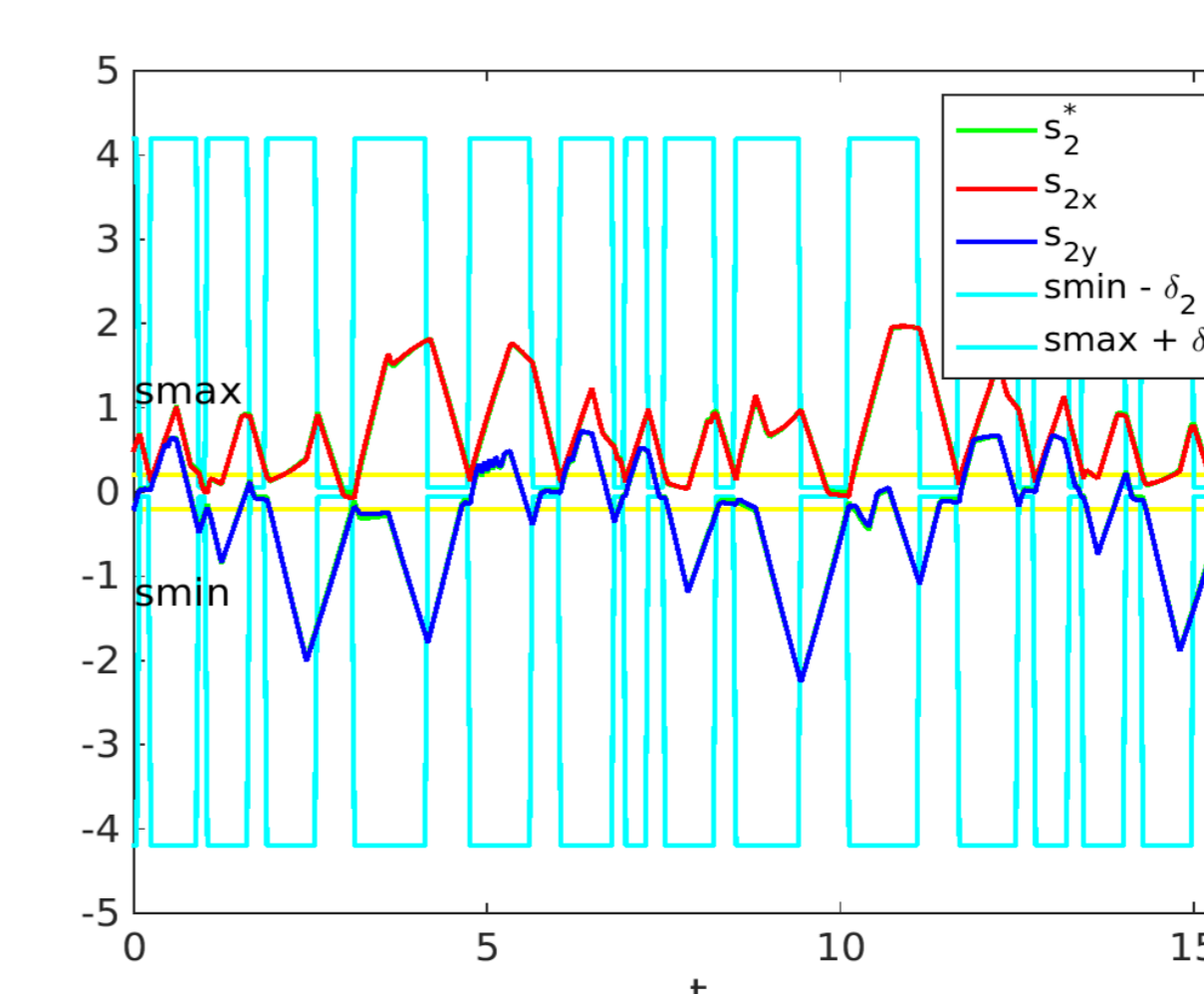
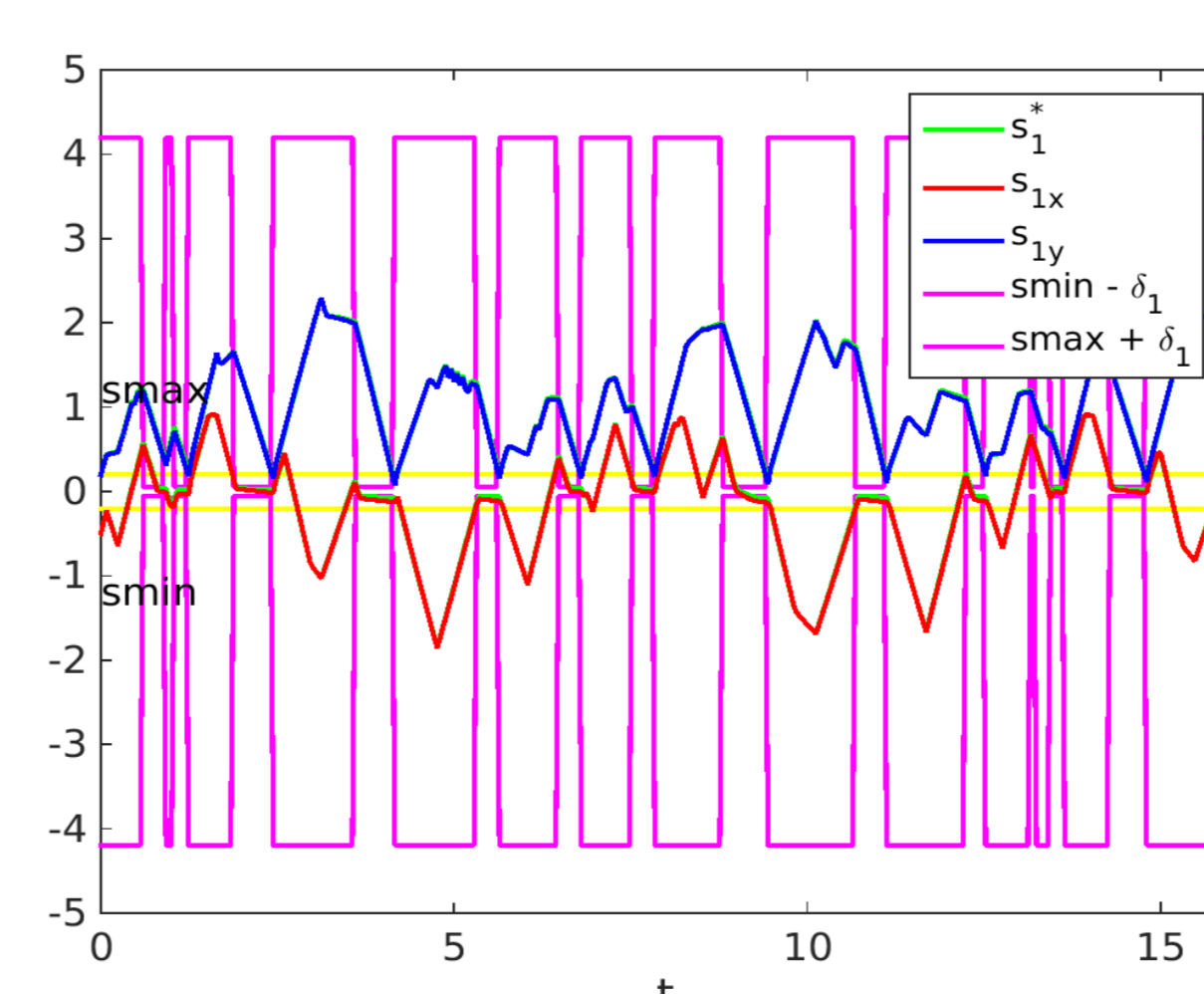
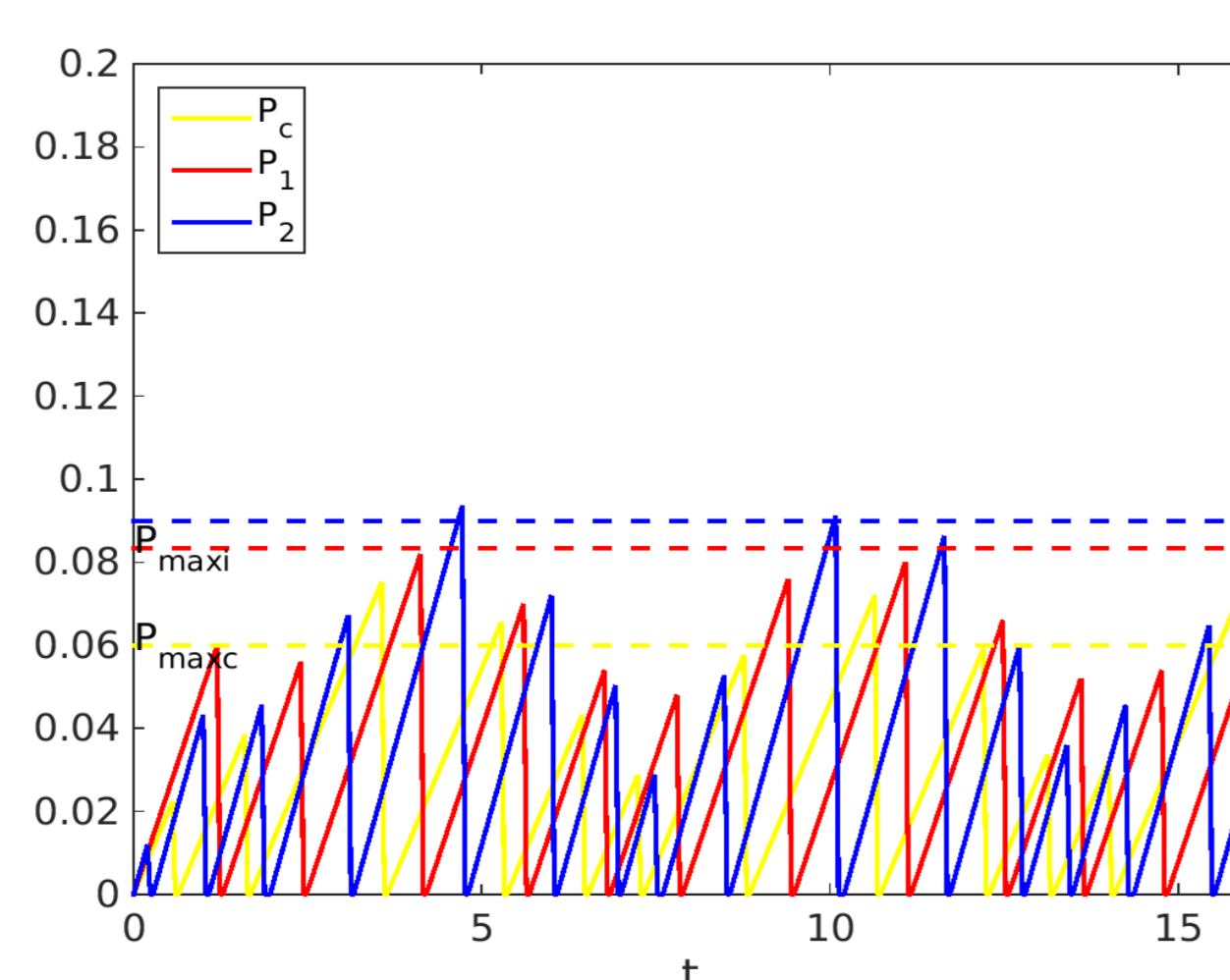


### Coordonnées des robots dans le repère caméra



$t_0 : \delta_c = \delta^-$   
 $t_1 : P_2 > P_{max_2} \rightarrow \delta_2 = \delta^-$   
 $t_2 : P_1 > P_{max_1} \rightarrow \delta_1 = \delta^-$   
 $t_3 : P_2 > P_{max_2} \rightarrow \delta_2 = \delta^-$   
 $r_2$  ne peut plus être dans le champ de vue.

### Prédiction sur un horizon long

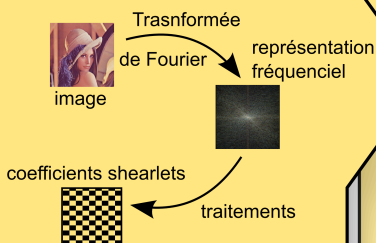


Anticipation de :  
 $P_1 > P_{max_1}$   
 $P_2 > P_{max_2}$   
 $P_c > P_{max_c}$   
 Augmentation de la fréquence des changements de :  
 $\delta_1, \delta_2$

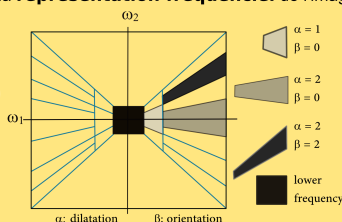
# VERS UN ASSERVISSEMENT VISUEL DE SONDE ÉCHOGRAPHIQUE FONDÉ SUR LES SHEARLETS

LESLEY-ANN DUFLOT, INRIA RENNES BRETAGNE ATLANTIQUE, FEMSTO-ST BESANÇON  
 1ÈRE ANNÉE DE THÈSE ENCADRÉE PAR ALEXANDRE KRUPA, BRAHIM TAMADZTE ET NICOLAS ANDREFF

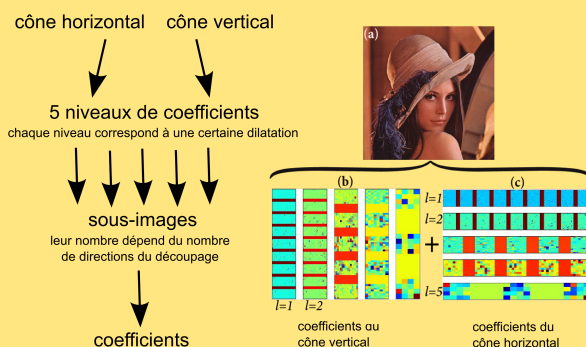
## QU'EST-CE QUE LES SHEARLETS ?



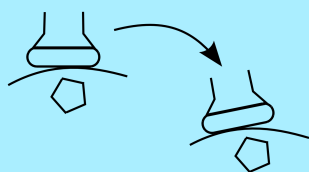
Pour construire ces coefficients, on réalise 3 opérations :  
 - une **dilatation**  $\alpha$   
 - un **découpage orienté**  $\beta$   
 - une **translation**  
 sur la **représentation fréquentiel** de l'image.



## Organisation des coefficients des Shearlets :



## ASSERVISSEMENT VISUEL FONDÉ SUR LES SHEARLETS



**erreur visuelle à minimiser**  
 $e = s(r(t)) - s^*$

**information visuelle**  $s \in \mathbb{R}^k$   
 pose courante  $r(t) \in SE(3)$

**information visuelle à la position désirée**  $s^*$

**loi de commande**  
 $v = -\lambda \tilde{L}_s^+ (s(t) - s^*)$   
 avec :  
 $\lambda$  un gain positif  
 $\tilde{L}_s^+$  la pseudo inverse de  $L_s$

**Comment définir  $S$  ?**  
 On prend les coefficients de niveau 5 (le niveau le plus grossier) de l'image dans l'espace des shearlets.

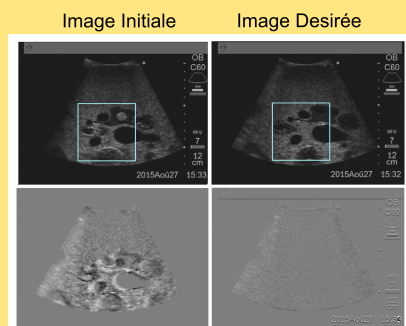
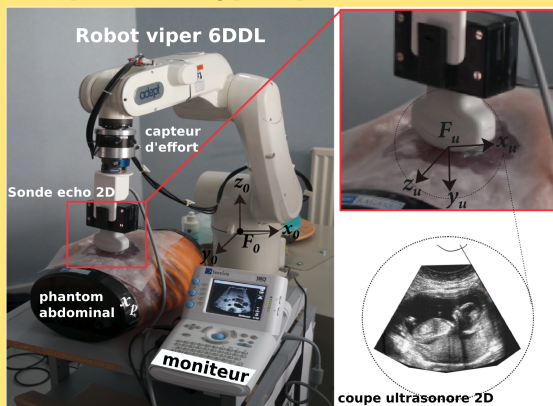
**Comment définir  $L_s$  ?**  
 Pour chaque degré de liberté, on effectue un petit déplacement de la sonde selon cet axe et on calcule les coefficients de niveau 5 de l'image dans l'espace des shearlets.

La variation de  $S$  est liée au torseur cinématique  $v$  par la matrice d'interaction :  $L_s \in \mathbb{R}^{k \times 6}$

## VALIDATION :

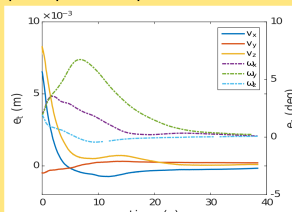
- Sur simulateur :**
- positionnement 6DDL
  - compensation de mouvement 6DDL
- Sur sonde actionnée par un bras robotisé :**
- positionnement 6DDL
  - suivi 6DLL

## Expérience type : positionnement

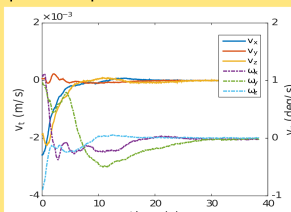


Différence entre image initiale et image désirée  
 Différence entre image finale et image désirée

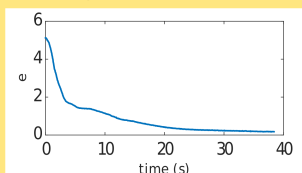
Décroissance de l'erreur de pose pour chaque DDL



Evolution de la vitesse pour chaque DDL



Evolution de la norme de l'erreur dans l'espace des shearlets



# Long-Term Lakeshore Monitoring

## 1. Introduction

### Motivation



Environment Preservation



Agriculture

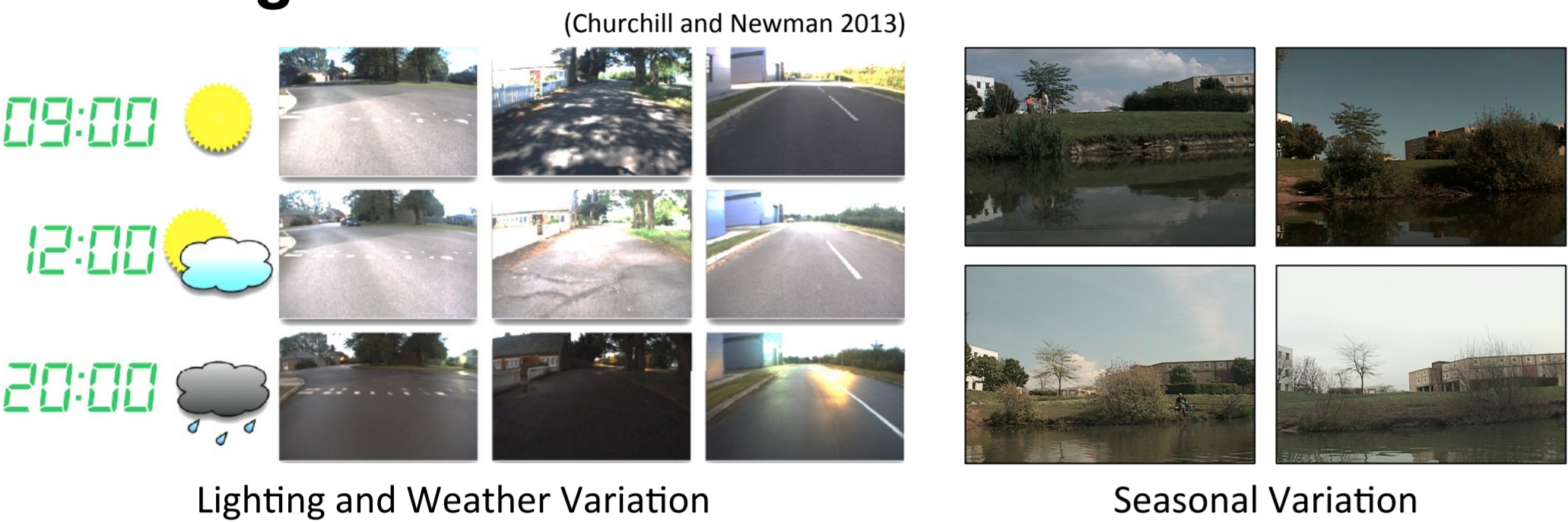


Surveying Secured Sites



Robust data association

### Challenges



- We also face significant noise, like sun glare.

## 2. Related Work

### Monitoring



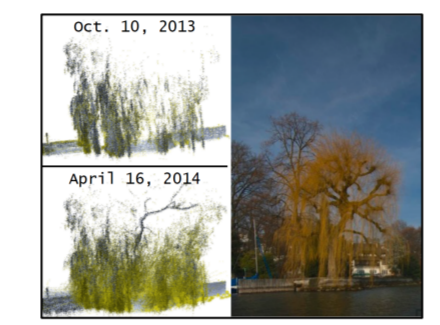
Heidarsson and Sukhatme 2011



Hitz et al., 2014



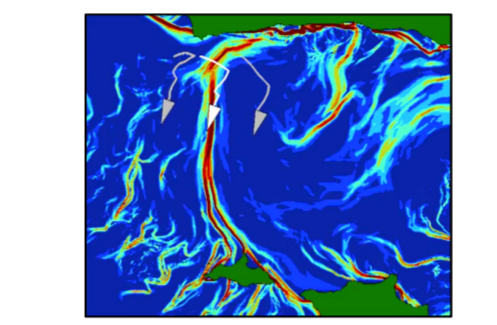
Isler 2012



Hitz et al., 2014

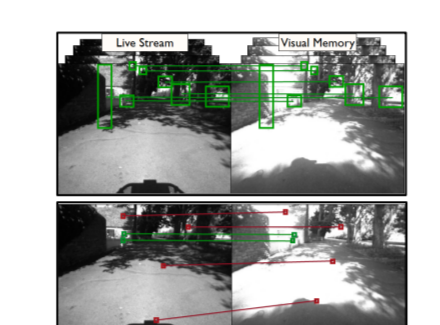


Jain et al., 2013

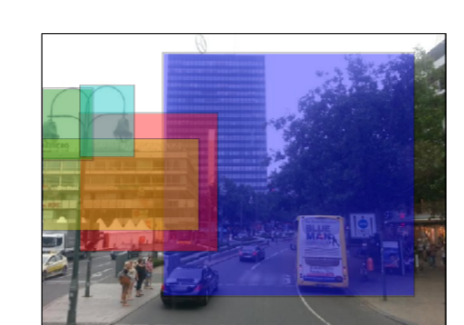


Kulartne and Hsieh, 2015

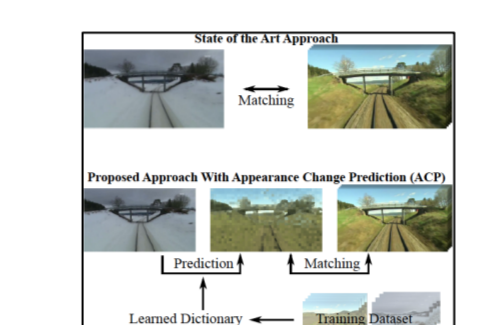
### Outdoor Data Association



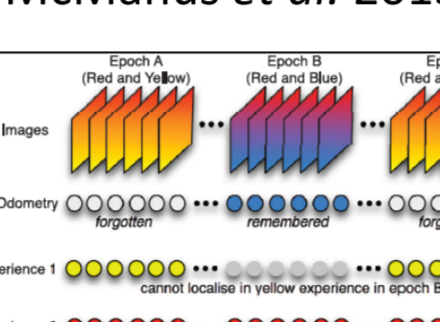
McManus et al. 2013



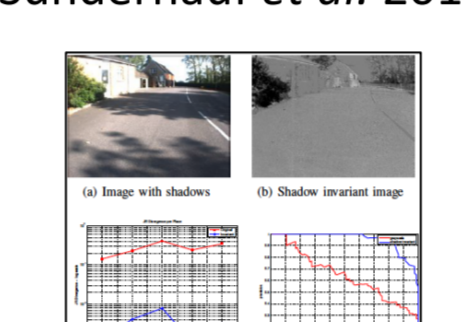
Sunderhauf et al. 2015



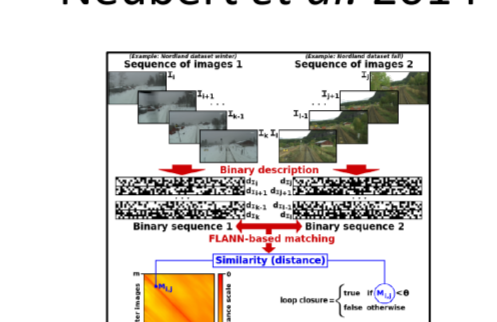
Neubert et al. 2014



Churchill and Newman. 2013



Corke et al. 2013



Arroyo et al. 2015

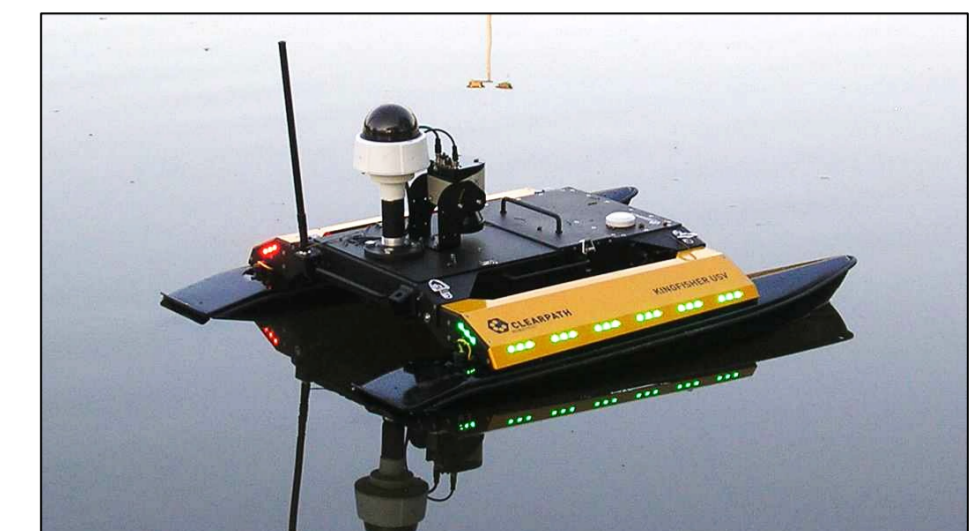
## 3. Experimental Setup

### Robot

- Clearpath Kingfisher.

### Sensors

- Pan-tilt camera.
- Laser rangefinder.
- GPS, IMU, Compass.



### Environment

- Lac Symphonie, Metz, France.
- Contains a ~1 kilometer perimeter.

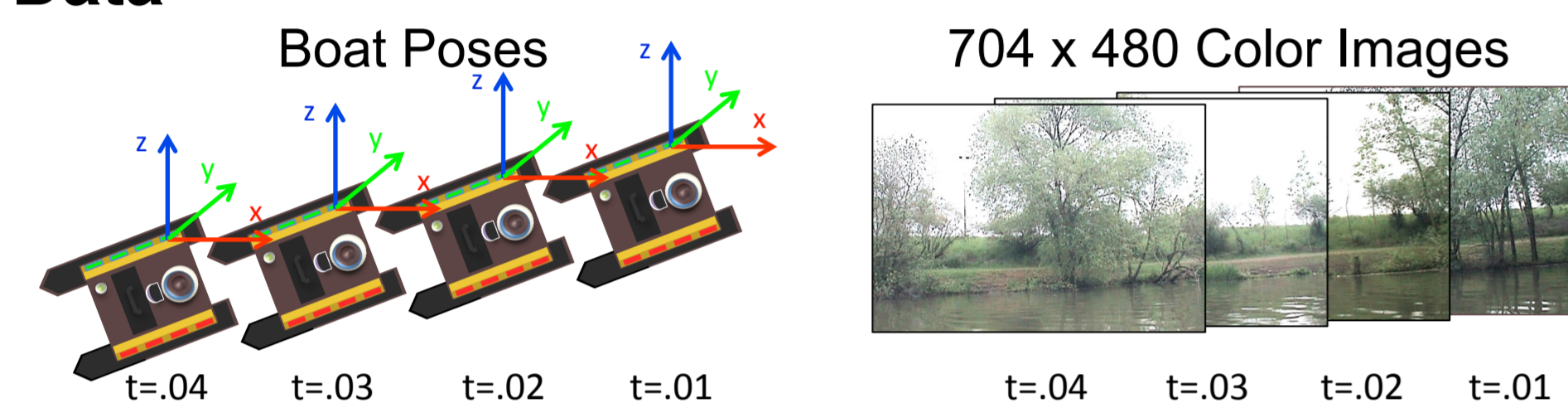


### Behavior

- Survey the perimeter.
- Maintain a 10m distance to the shore using the laser rangefinder.
- Record images and position data.

## 4. Methodology

### Data

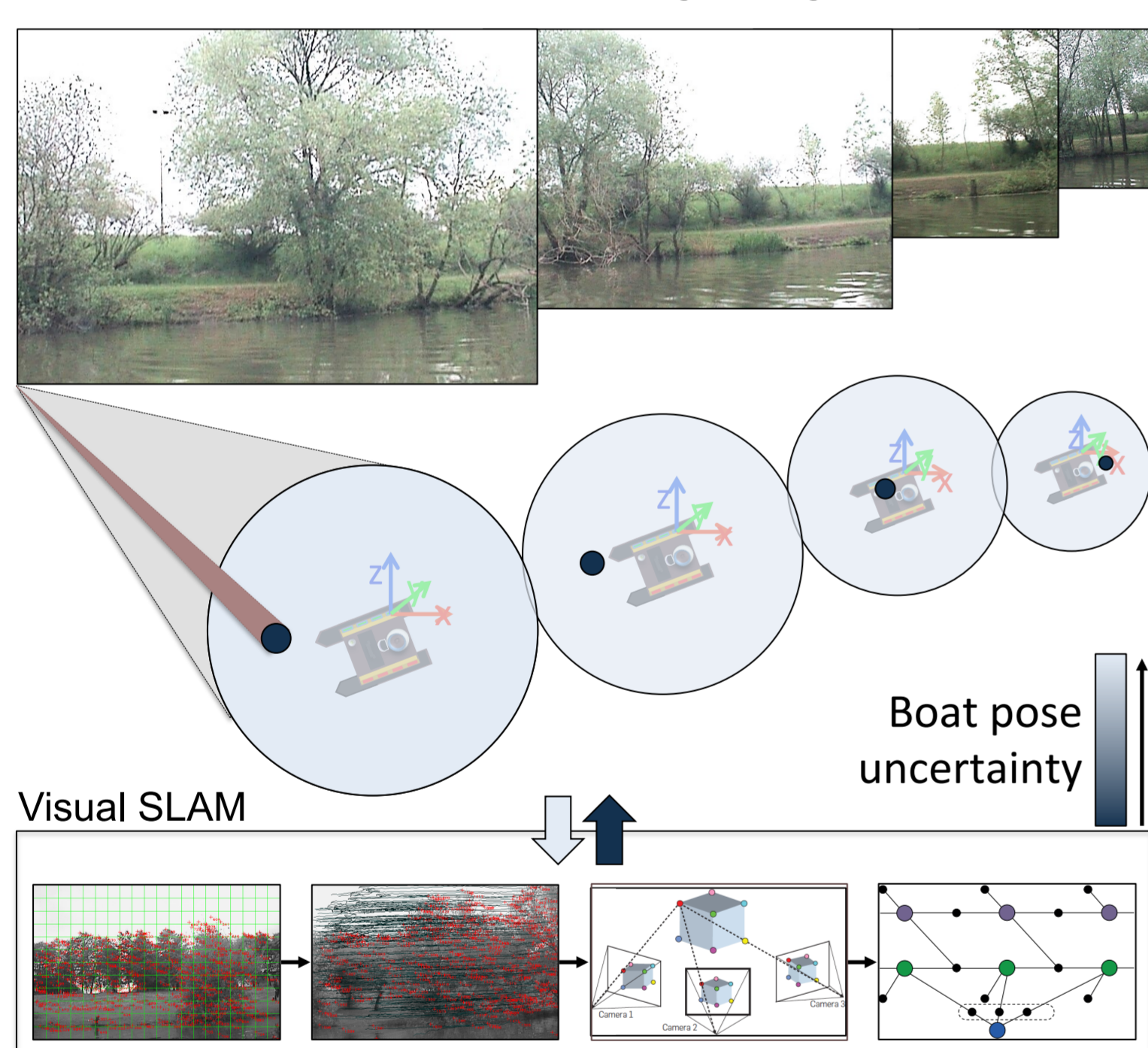


### Coarse Image Alignment

- Multiple surveys quickly fall out of sync:

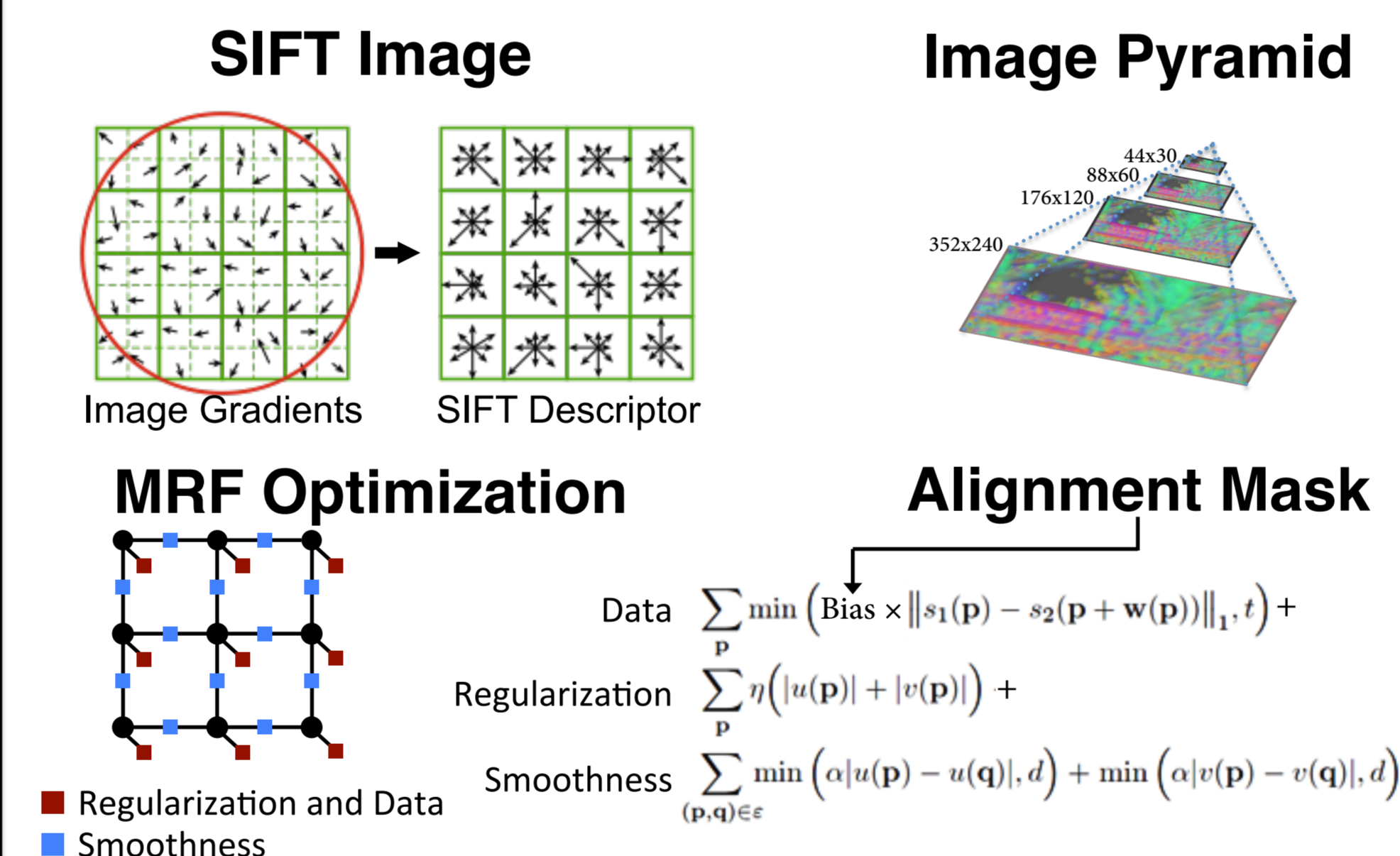
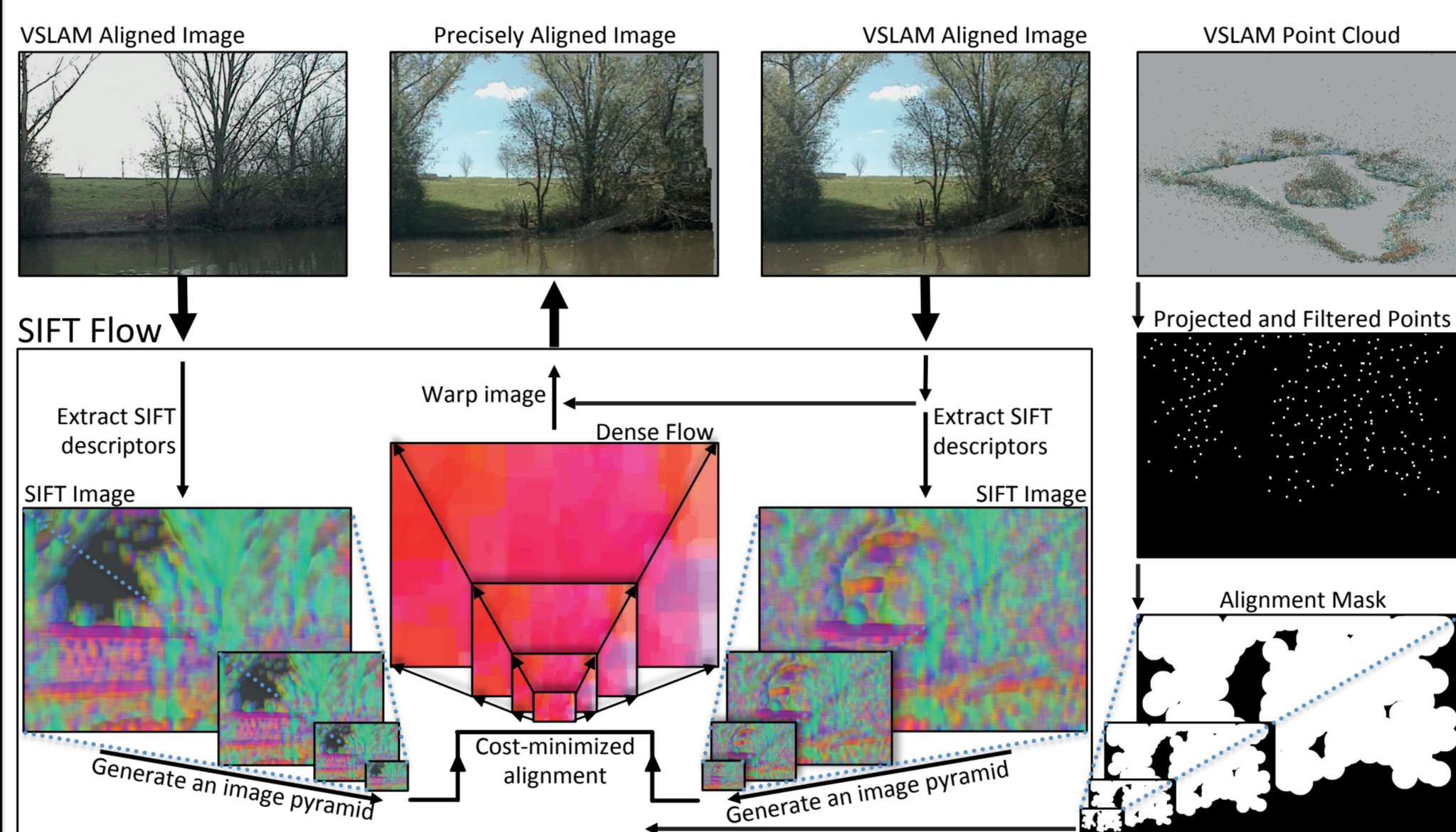


- Visual SLAM provides a coarse image alignment:



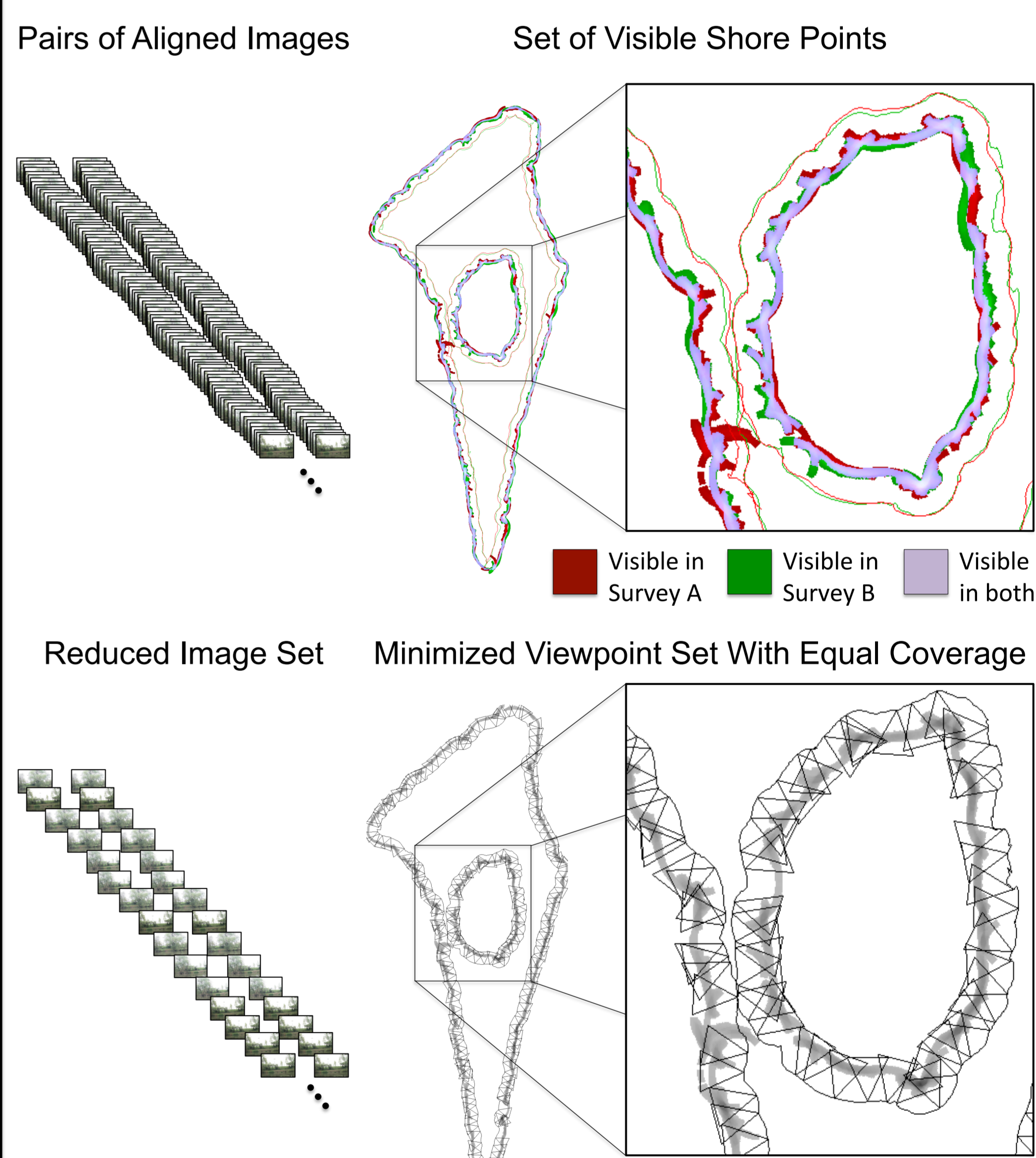
### Precise Image Alignment

- SIFT Flow finds pixel-level image alignments.
- We supplement image registration using the 3D information in the point cloud from Visual SLAM.



### Minimized Viewpoint Set

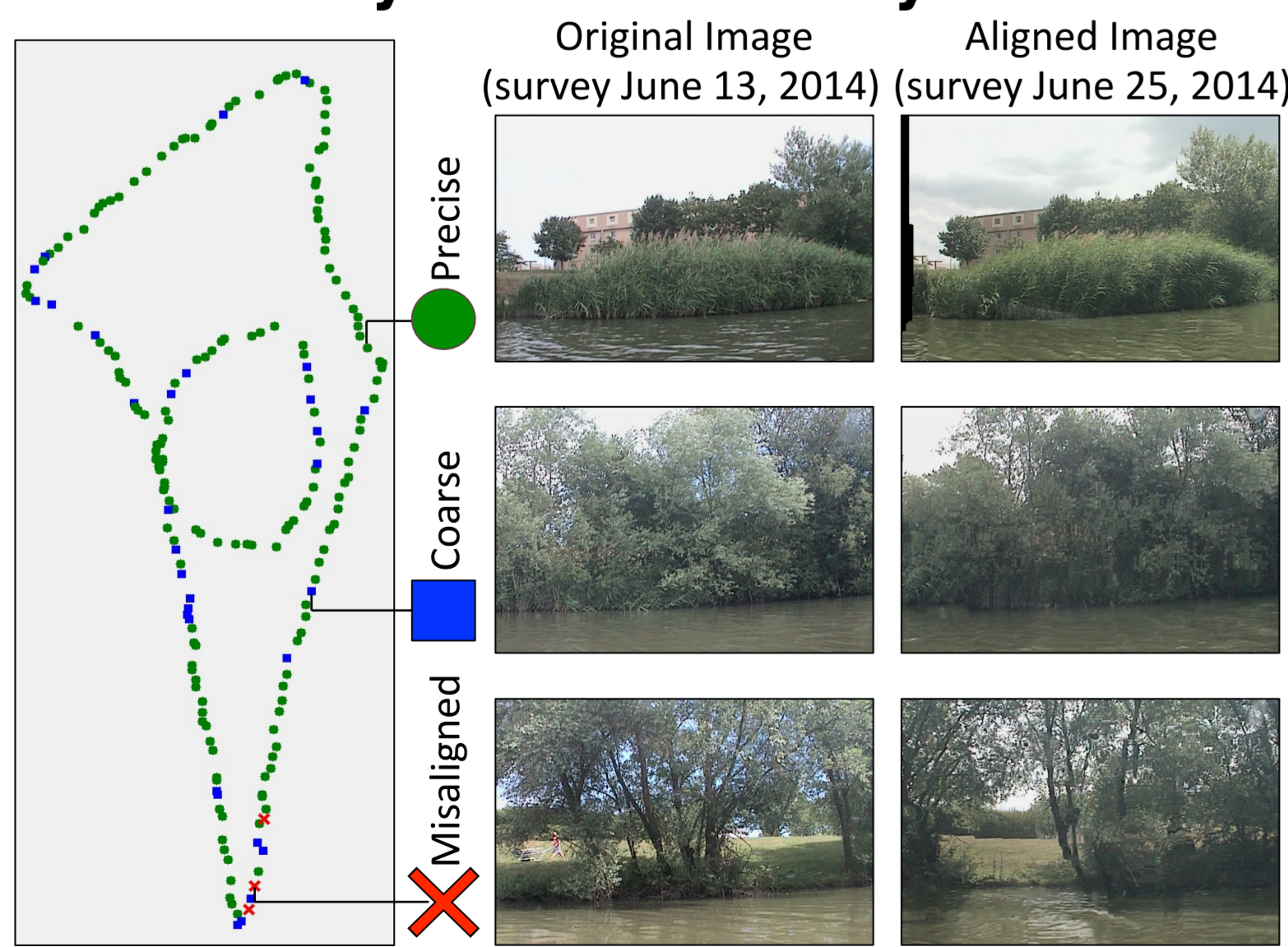
- The number of expensive image alignments is minimized by finding a minimized viewpoint set, i.e., a set cover.
- Our greedy algorithm of set cover approximately maximizes coverage of the shore with a minimized number of viewpoints:



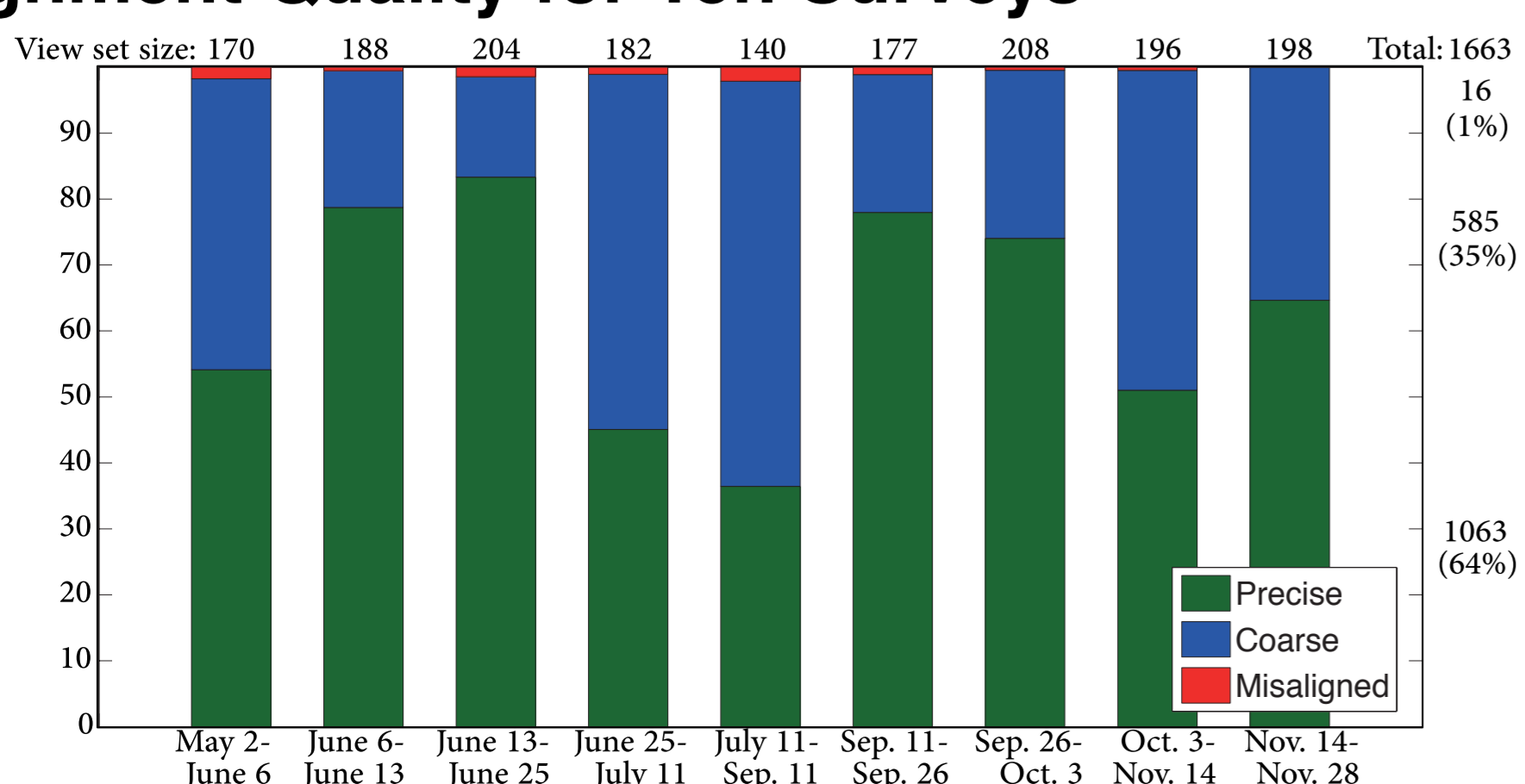
## 5. Results

- Aligned images are evaluated using a flickering interface.
- A human viewing the images can readily identify alignment quality and spot changes between the images.

### Alignment Quality for One Survey



### Alignment Quality for Ten Surveys



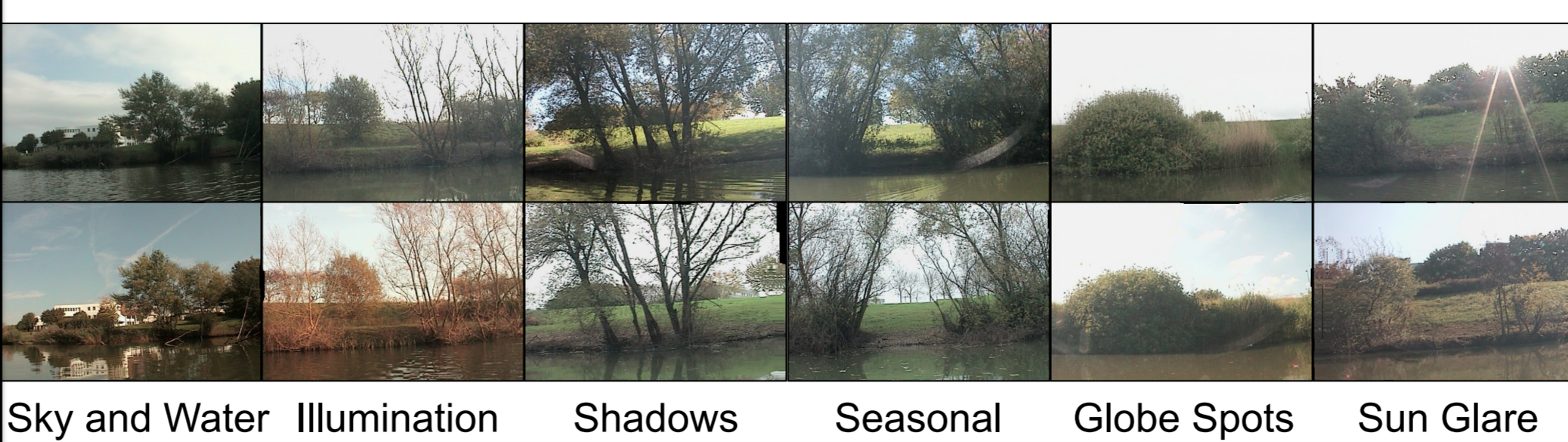
### Examples of Notable Changes

- The use of our framework for inspection is demonstrated in the changes we observed while evaluating our framework:



### Robustness to Natural Environment Variation

- We obtain a large number of precise alignments because our framework is robust to significant environment variation:



### Alignment Errors

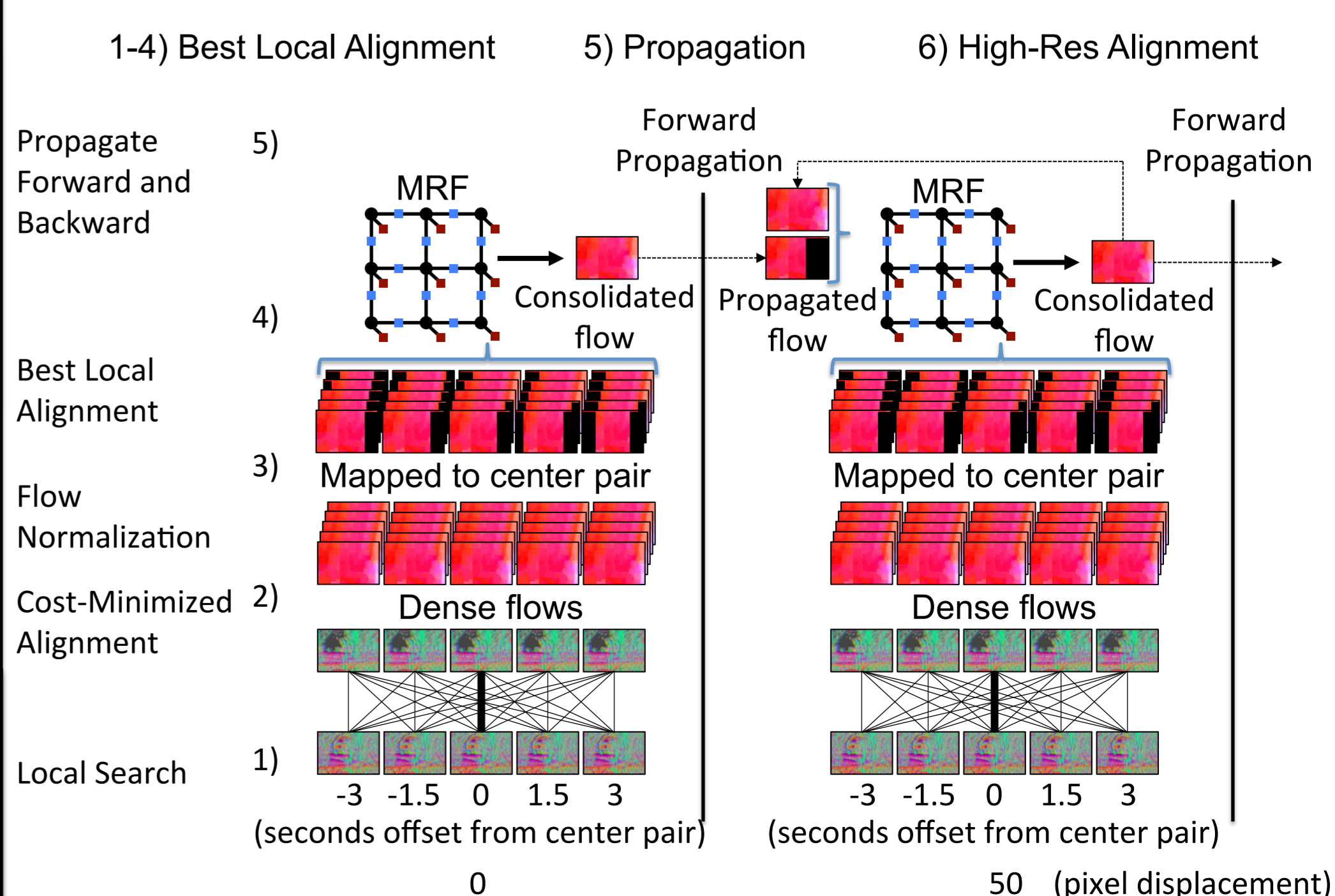
- There's more work to be done, as image alignment can add noise to the images if the warping function is inaccurate:



## 6. Conclusion and Future Work

- Whole images worth of feature descriptors enable robust data association.
- Our methods exploit scene geometry and prominent structures to overcome the variation in appearance.
- The number of precise alignments we obtained amidst 'extreme' appearance variation validates our approach.
- We are working towards improving the alignment quality for the many coarsely aligned pairs:

### Image Alignment Consistency



# Reconnaissance d'objets pour l'exploration robotique (JJCR 2015)

## • Scénario

- Explorer un environnement avec un robot équipé d'une caméra RGBD
- Tenter de définir les classes d'appartenance de chaque objet  
→ Carto-sémantique


## • Problème

- Forte variabilité de l'apparence des objets  
→ baisse de performance du classifieur

## • Solutions envisageables

- Utiliser plusieurs classifieurs complémentaires  
+ Fusion  
+ Vote
- Utiliser le classifieur optimal pour l'image traitée

## Comment connaître le classifieur optimal ?



### Reconnaissance d'objets pour l'exploration robotique

Joris Guerry (ONERA - DTIM)  
 Dr. Bertrand Le Saux (ONERA - DTIM)  
 Pr. David Filliat (ENSTA Paristech - U2IS)


---

**Contexte : étiquetage d'une scène**

Dans le cadre d'une exploration robotique nous faisons face à une grande variabilité de l'apparence des objets pouvant entraîner une baisse de performance des classifieurs. Une des solutions est d'utiliser plusieurs classifieurs simultanément puis de fusionner les résultats en utilisant des méthodes de *machine learning* [1] ou bien des stratégies de vote.

---

**Objectif : adaptation au domaine**



Afin d'économiser des ressources (temps de calcul / allocation mémoire / énergie) nous cherchons à déterminer le meilleur classifieur à utiliser sur chaque nouvelle acquisition.

⇒ Adaptation du robot

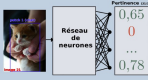
---

**Obtention des données : dataset de performance des classifieurs**

Agglomération de datasets labellisés		image/patch	vérité	classifieur	label/score	pertinence
...	...	...	...	...	...	...
21/1	chat	n'1	chat/0,65	0,65		
21/1	chat	n'2	chien/0,92	0		
21/1	chat	...	...	...		
21/1	chat	n'k	chat/0,78	0,78		
...	...	...	...	...		
1815/2	chaise	n'k	vélo/0,37	0		
...	...	...	...	...		

---


**Apprentissage**



En considérant chaque classifieur comme un label il est possible d'entraîner un réseau de neurones effectuant du "multi-labelling" sur chaque image. La sortie de ce réseau sera le vecteur des pertinences de chaque classifieur pour l'image en entrée.

**Perspective**

Construire un classifieur spécialisé pour la mission en cours en fonction de l'historique des classifications.



**Références**

[1] Fromm, T. and Stachle, B. and Ertel, W.: *Robust multi-algorithm object recognition using Machine Learning method*. 2012 IEEE Conference on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems (MFI)

[2] Lutz, M. and Stampfer, D. and Hochhofer, S. and Schlegel, C.: *Probabilistic fusion of multiple algorithms for object recognition at information level*. 2012 IEEE Conference on Technologies for Practical Robot Applications (TePRA)

## INTRODUCTION

### Contexte

- Surveillance par des capteurs de l'infrastructure mal acceptée
- Surveillance permanente superflue dans beaucoup de cas
- Robot compagnon à forme "humanoïde" plus facilement accepté par les personnes



Equipé avec :

- Des microphones: Jouses et kinect
- Un capteur RGBD : kinect
- Actionneurs : Tête et base

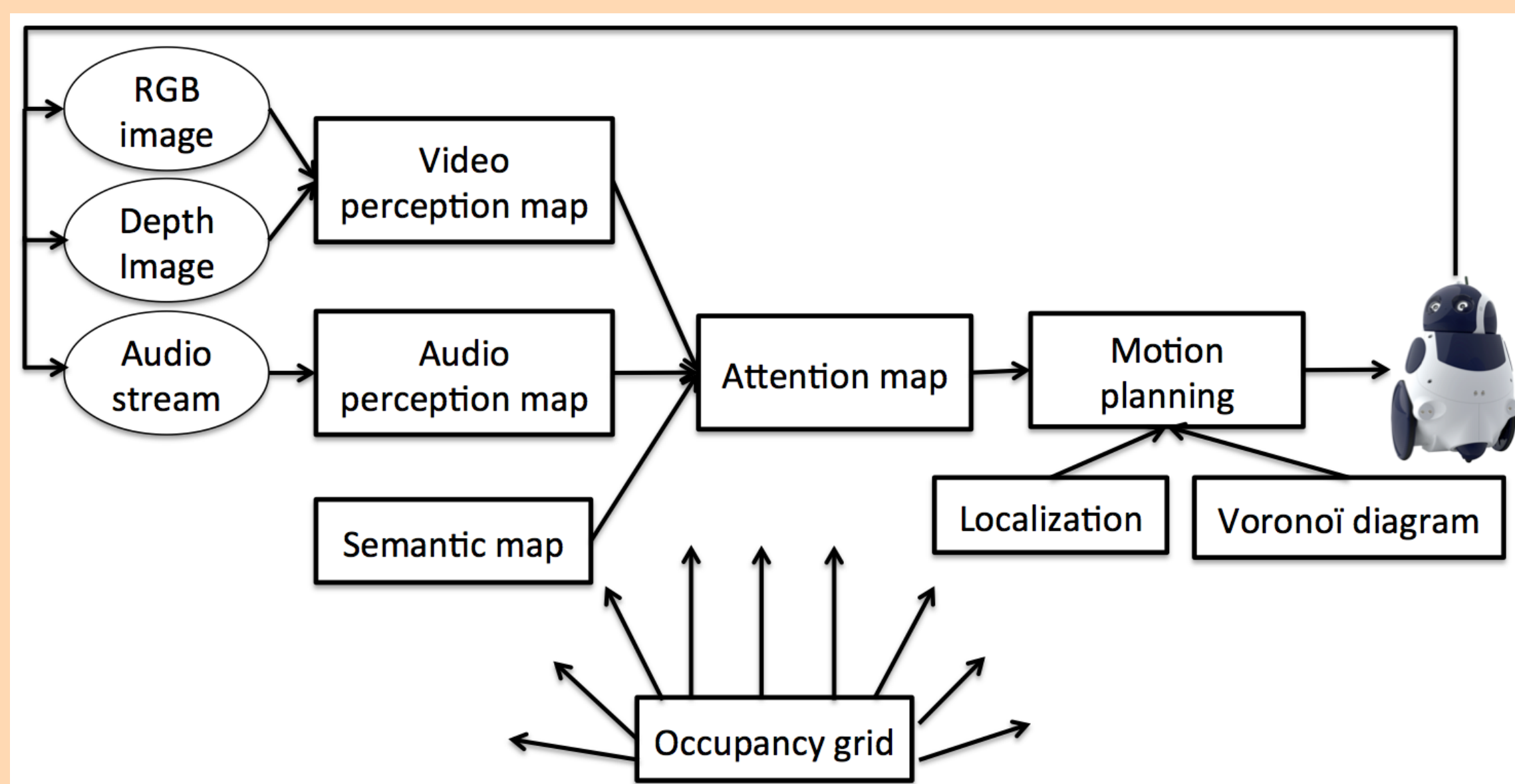
### Problématiques

- Percevoir et analyser l'environnement du robot
- Focaliser l'attention du robot
- Naviguer dans un environnement dynamique pour atteindre la cible

## FRAMEWORK

Objectif : Surveillance autonome d'êtres humains dans la scène par le robot

- Détection dans les flux capteurs audio et vidéo
- Choix de la prochaine cible d'intérêt
- Navigation et positionnement par rapport à la cible

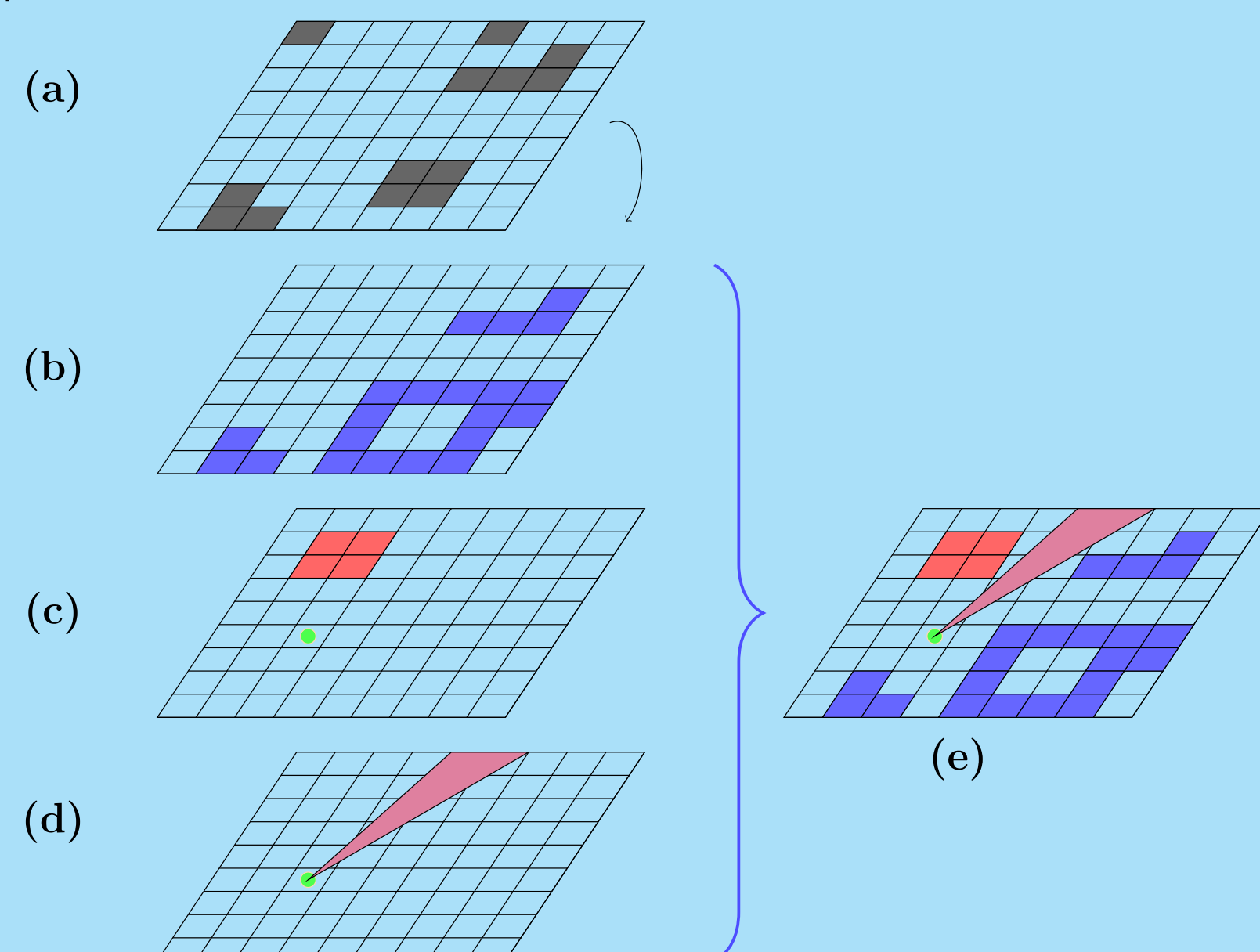


- Chaque capteur produit une carte de perception
- Ces cartes sont agglomérées en carte d'attention (objets d'intérêts)
- Une décision est prise quant à la prochaine destination, basée sur les cartes

## PERCEPTION

- Vidéo : Détection de visages avec Viola & Jones
- Audio : Localisation du son avec une méthode de différence de temps d'arrivée basée sur de la cross-corrélation

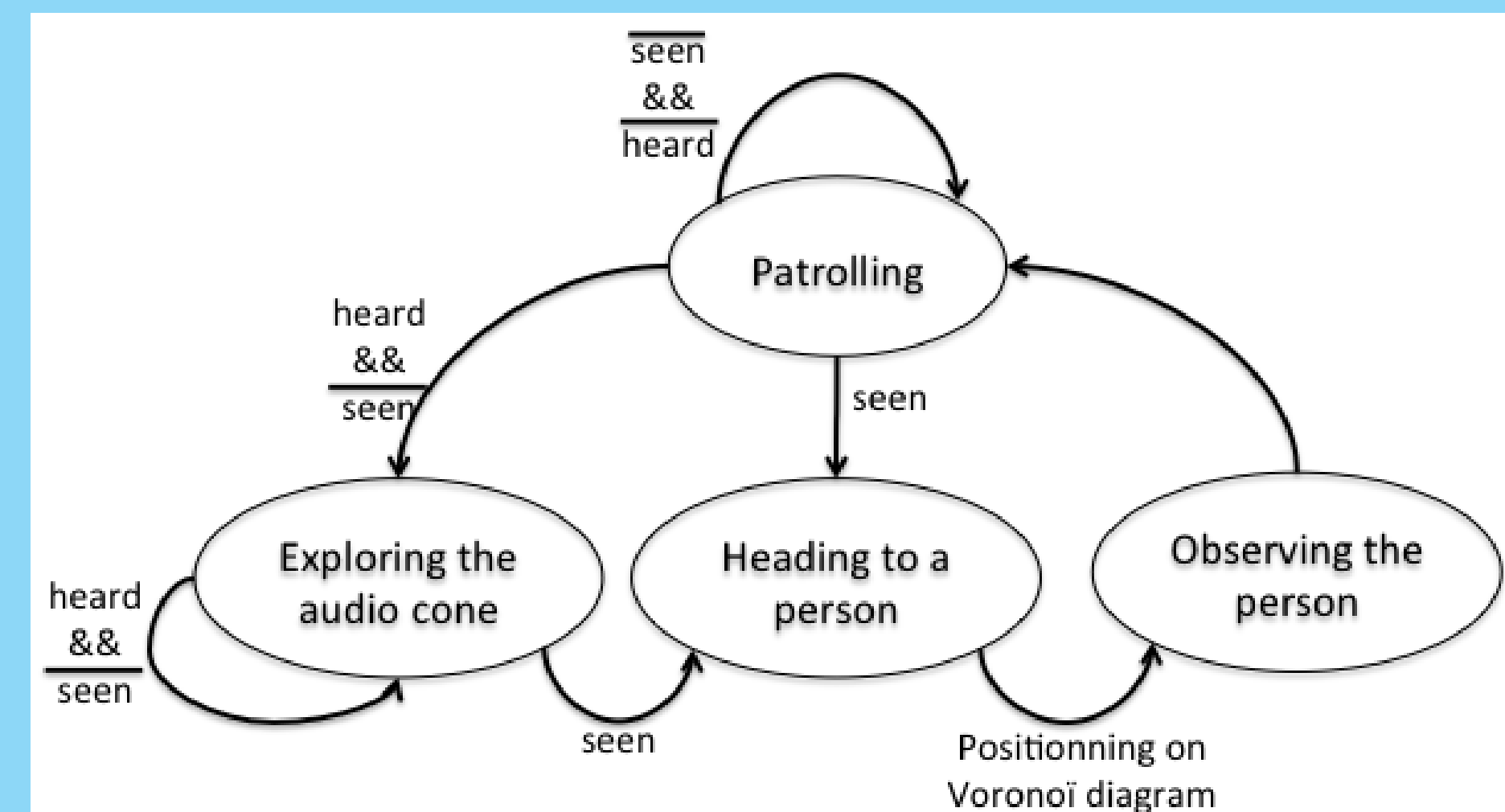
Système de perception basé sur 3 cartes :



- (a) **Carte d'occupation** : obtenue dans un passage préliminaire à l'aide de SLAM
- (b) **Carte sémantique d'intérêt** : points d'intérêt *a priori* (chaise, table, fenêtre, etc...)
- (c) **Carte de perception vidéo** : remplacement des observations vidéos dans la carte d'occupation
- (d) **Carte de perception audio** : cône des observations audio replacé dans la carte d'occupation
- (e) **Carte d'attention multimodale** : aggrégation (OR logique) des cartes (b), (c) et (d)

## DÉCISION

Le processus de décision peut être décrit sous forme d'automate :

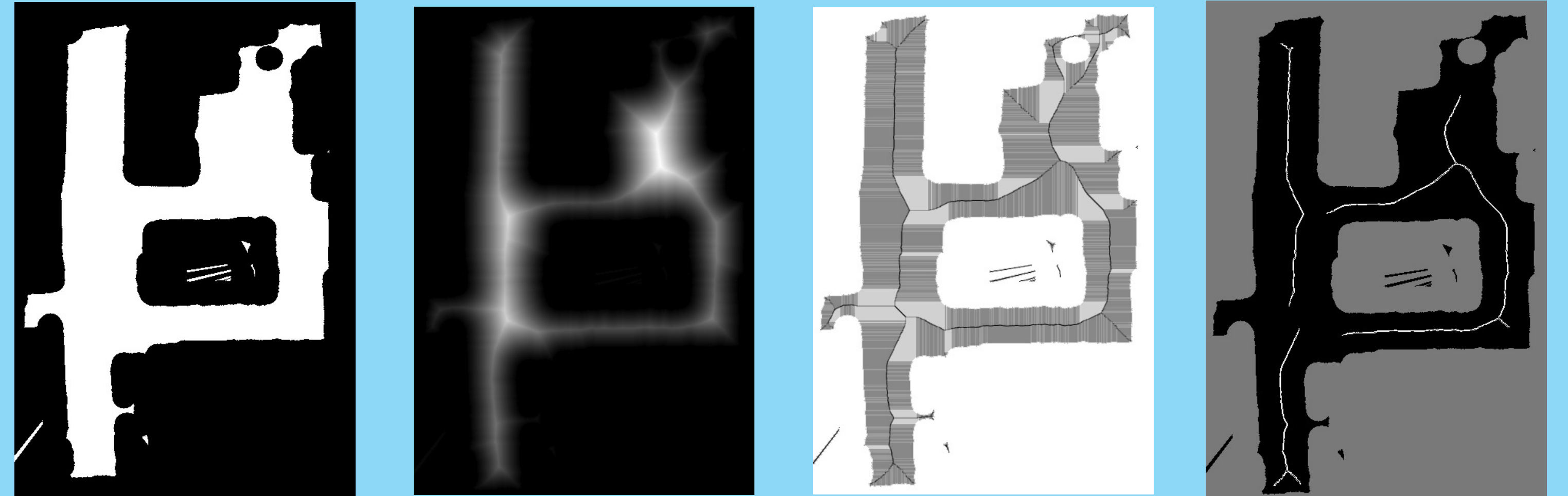


3 modes à priorité croissante :

- Mode patrouille : mode par défaut, visite des points sémantiques en l'absence de perception
- Mode audio : dès que le robot localise un événement sonore, il commence l'exploration du cône audio
- Mode vidéo : une fois qu'un visage est détecté, le robot cherche son chemin pour se positionner par rapport à lui

## NAVIGATION

Pour naviguer, on utilise un diagramme de Voronoï classique :



Tout déplacement passe par le diagramme de Voronoï

## EXPÉRIENCE

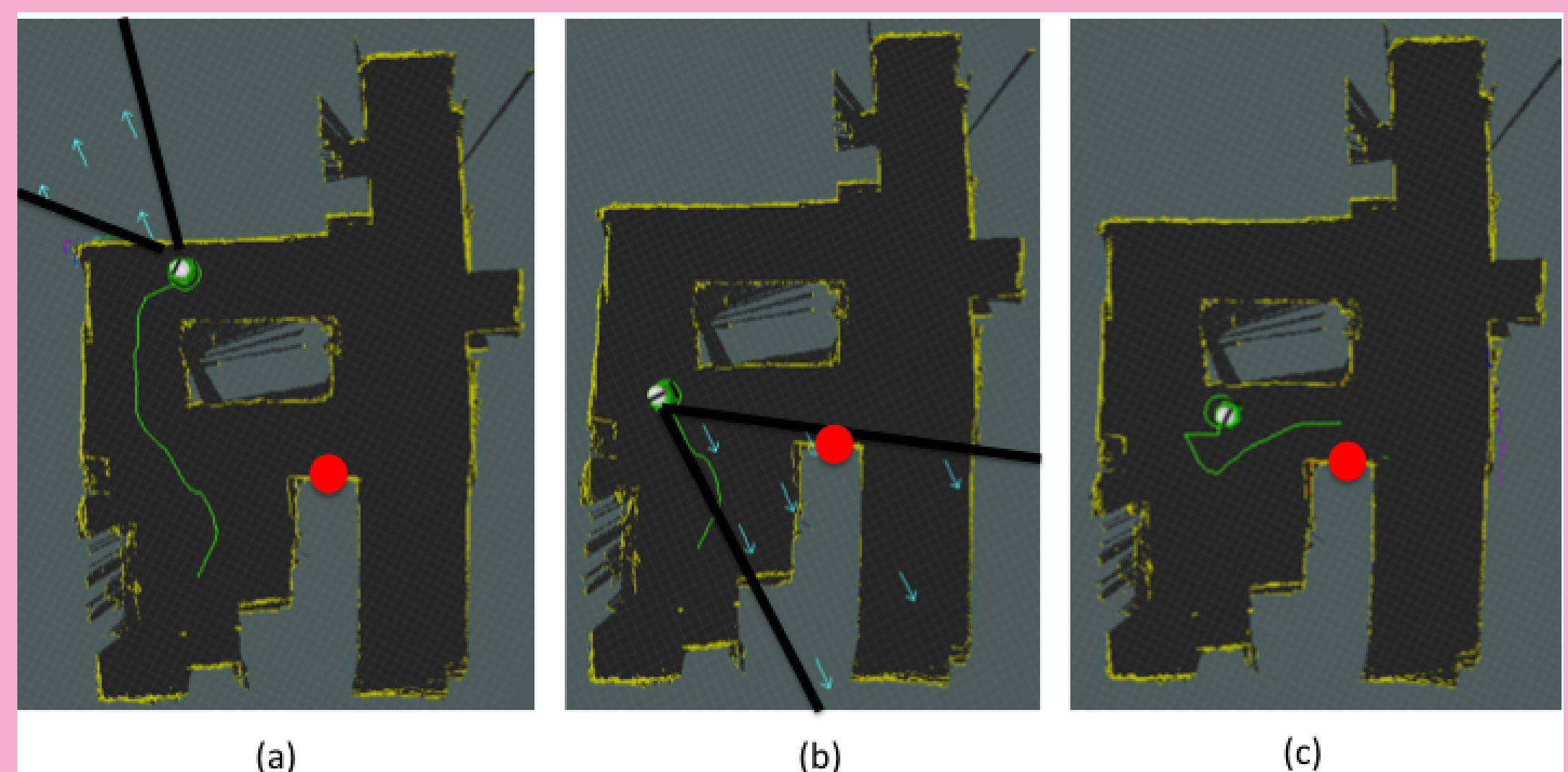
Expérience réalisée dans un appartement réel :



3 types de scénarios testés :

- Personne dans la scène : mode patrouille
- Une personne silencieuse dans la scène : mode patrouille puis mode vidéo
- Une personne bruyante dans la scène : mode patrouille, puis audio, puis vidéo

Exemple du troisième scénario :



- (a) Le robot, en mode patrouille, choisit son chemin pour la prochaine destination
- (b) Sur le chemin il entend un événement sonore, et commence à explorer le cône audio
- (c) Au cours de l'exploration du premier point, il perçoit un visage et se dirige vers lui pour se positionner

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

### Conclusion

- Scénarios testés dans plusieurs configurations : le robot se positionne par rapport à la personne
- Problèmes liés à des fausses détections (visages)
- Problèmes liés au besoin d'être immobile pour analyser le son

### Perspectives

- Ajout d'une fonction de mémoire
- Ajout d'une technique de fusion basée sur les fonctions de croyances
- Amélioration des capacités perceptives du robot (classification de sons, détection de mouvement, etc...) pour nourrir la fusion

# Bio-Inspired Visual Sensors for the Automobile

Stefano MAFRICA<sup>1,2</sup>, Alain SERVEL<sup>2</sup>, Franck RUFFIER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Aix Marseille Université, CNRS, ISM UMR 7287, Biorobotics team, 13288, Marseille, France

<sup>2</sup> PSA Peugeot Citroën, Route de Gisy, 78140, Velizy-Villacoublay, France

## 1-D Optical Flow (OF) sensors inspired by the fly's visual system

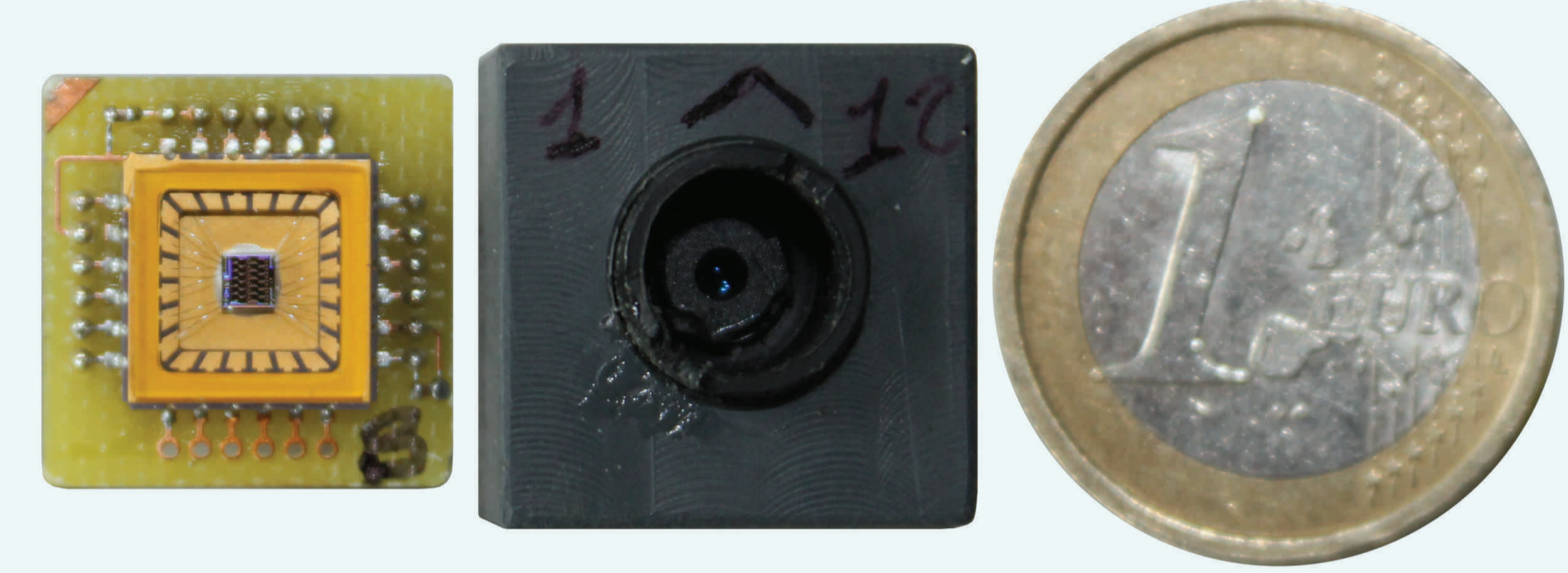
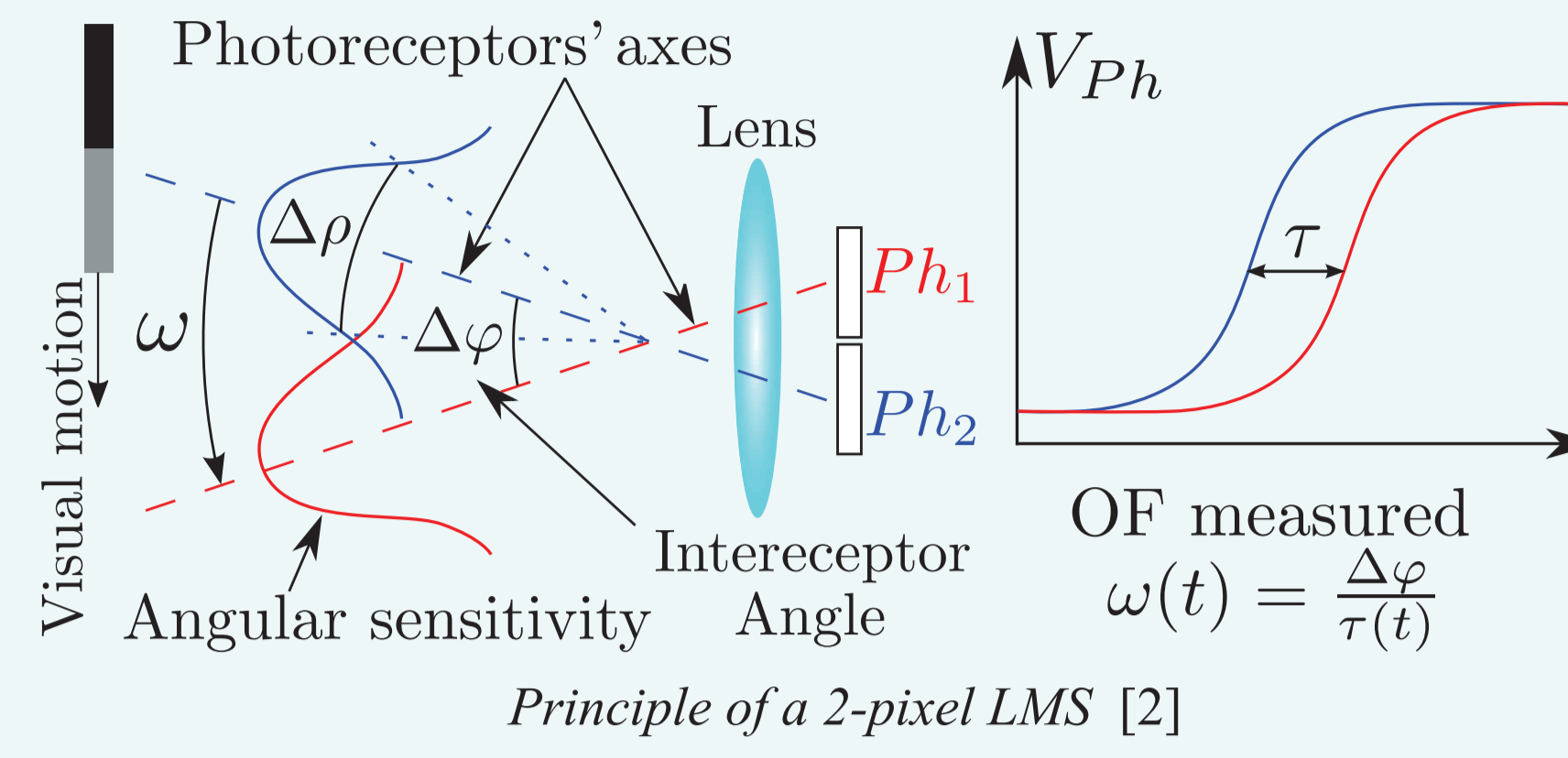
Advantages:

- Low cost (few pixels and light processing)
- Fast response (up to a few kHz)
- Custom field-of-view (such as 180°)
- Longer distance range than ultrasonic sensors
- Less computational cost than cameras

Disadvantages:

- Event-based measurement
- Pattern-based noise
- Need relative motion
- Information only in one dimension

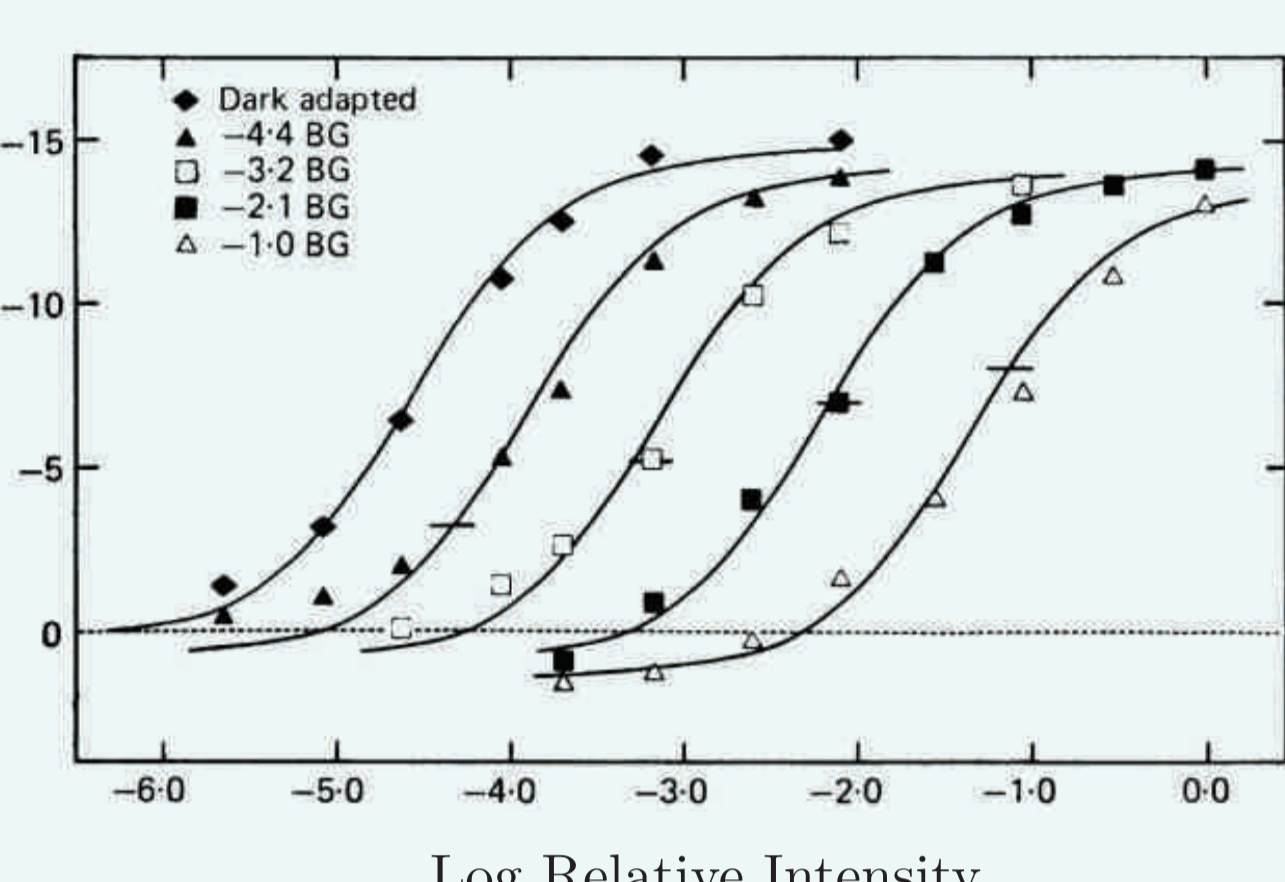
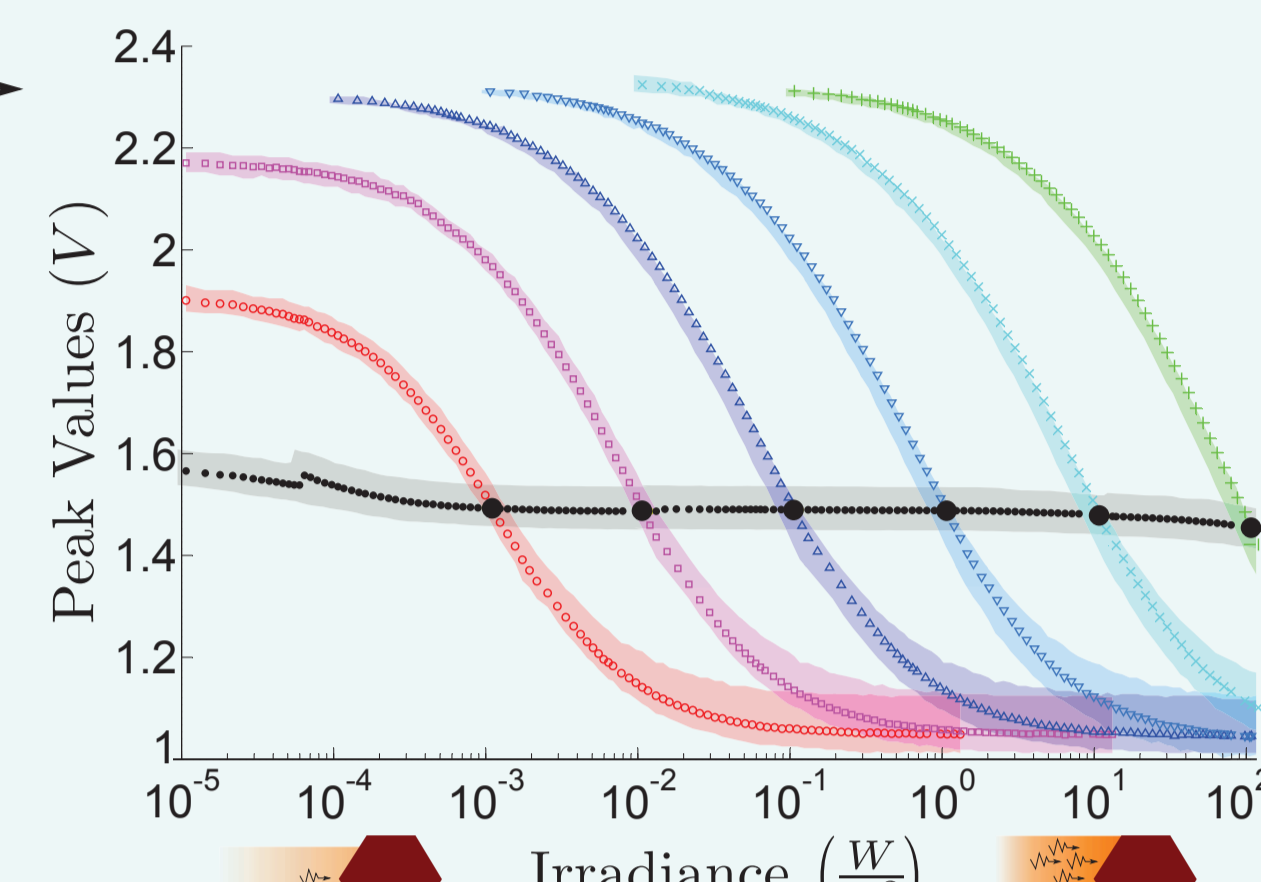
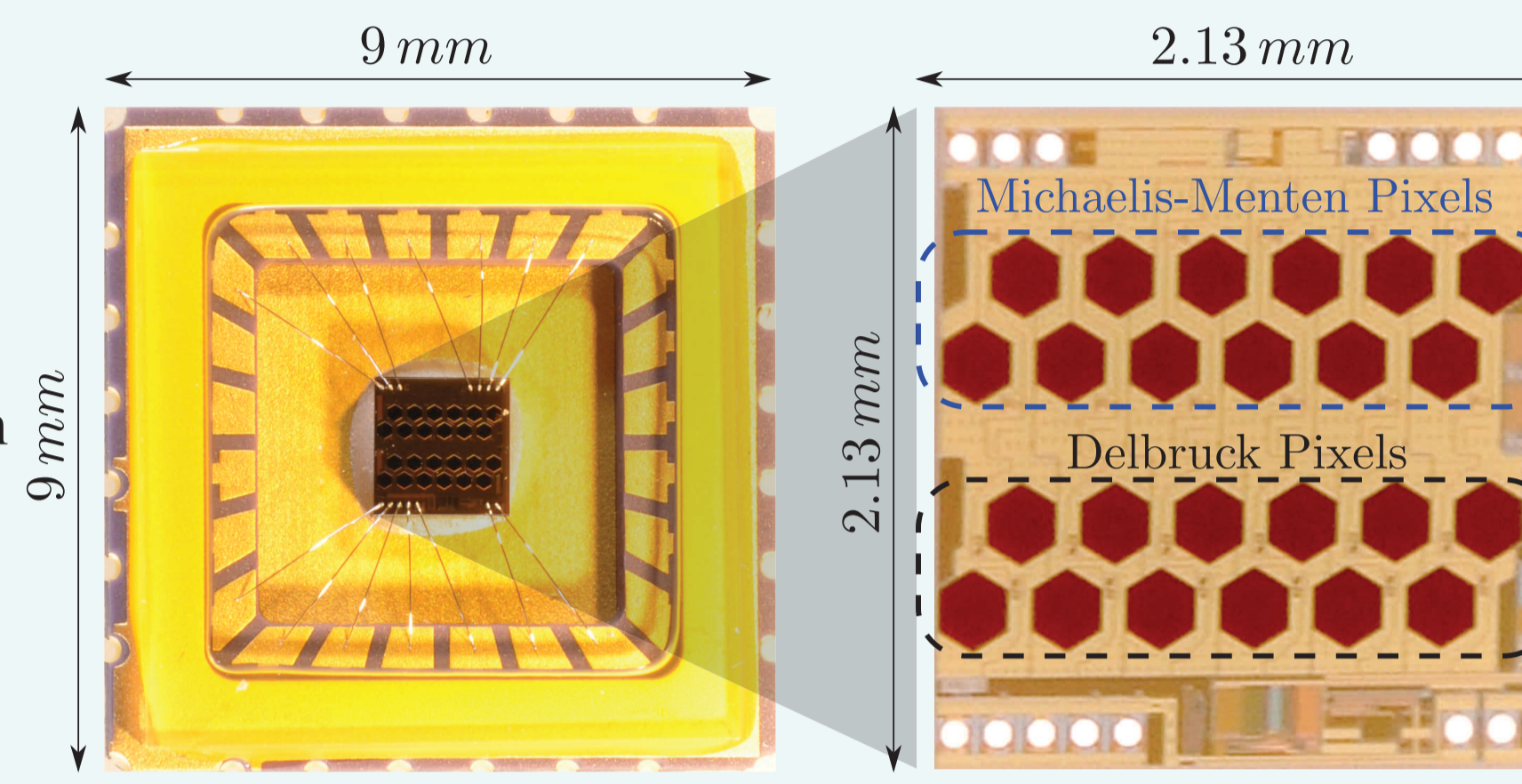
## Local Motion Sensors (LMSs)



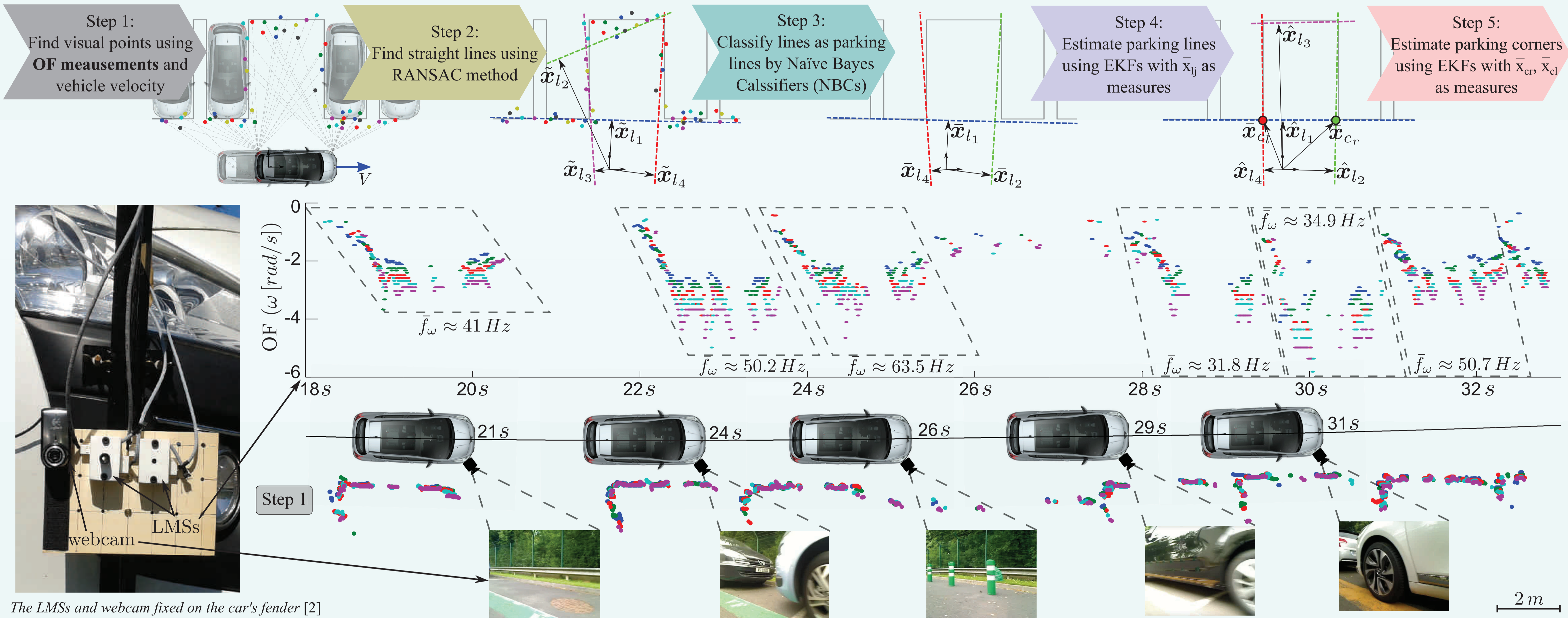
## Auto-Adaptive Silicon Retina

### M<sup>2</sup>APix: Michaelis-Menten Auto-Adaptive Pixel

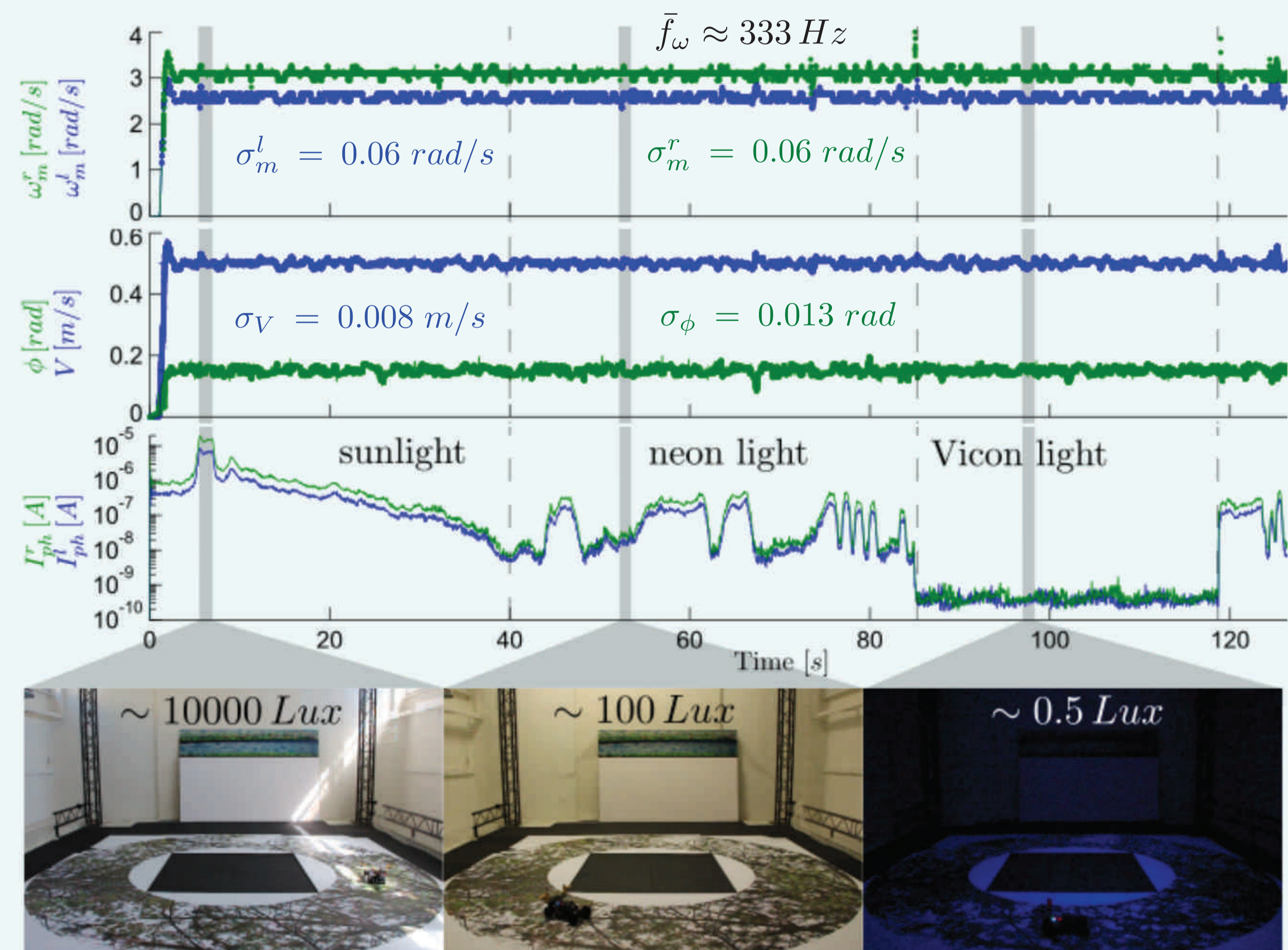
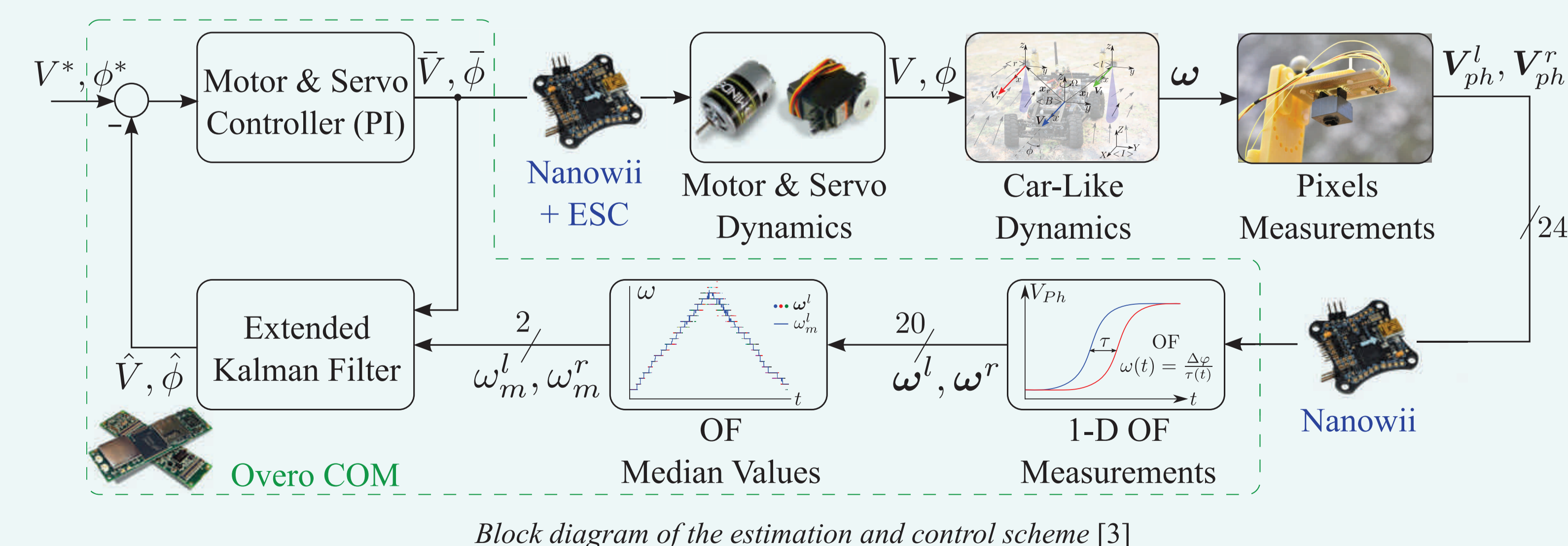
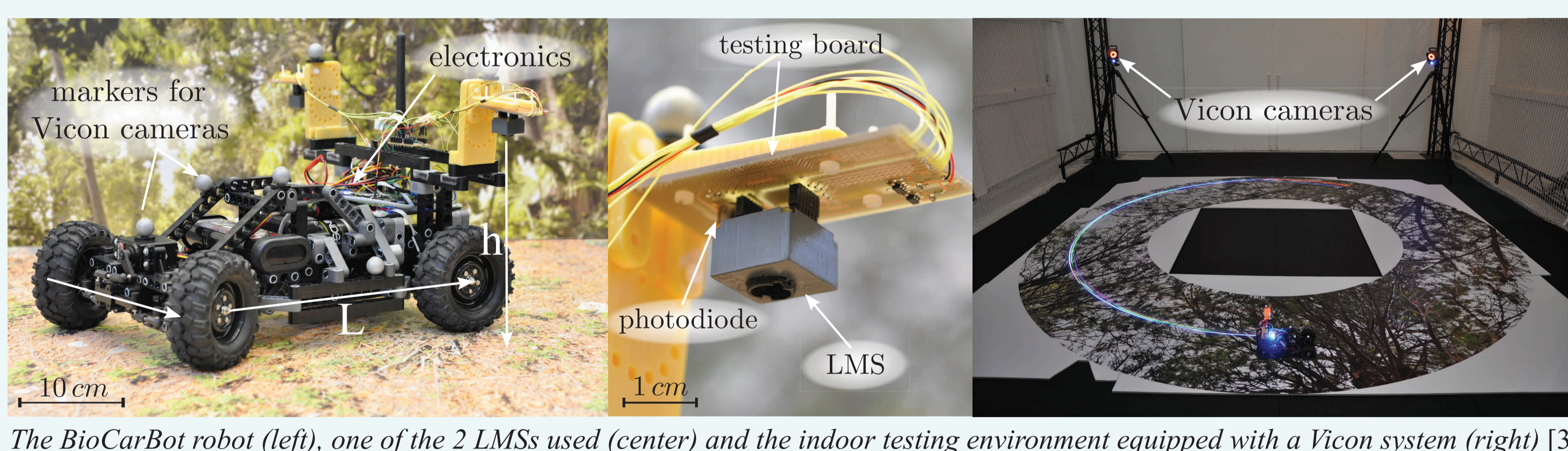
- Auto-adaptation to light in a 7-decade range
- No deviation with up to 3-decade sharp changes in light
- Sensitive up to 2-decade changes in light
- Minimum detectable contrast of 2% in the light-adapted condition
- Quasi-constant steady-state response
  - same contrast at any light level
- Constant limited-range responses at any light level
  - lower LSB voltage → higher contrast resolution



## Automatic Parking using LMSs



## Velocity and Steering Angle Estimation using LMSs with M<sup>2</sup>APix



## References

[1] S. Mafrika, S. Godiot, M. Menouni, M. Boyron, F. Expert, R. Juston, N. Marchand, F. Ruffier and S. Viollet, "A bio-inspired analog silicon retina with michaelis-menten auto-adaptive pixels sensitive to small and large changes in light," *Optic Express*, vol. 23, no. 5, pp. 5614–5635, 2015.  
 [2] S. Mafrika, A. Servel and F. Ruffier, "Towards an Automatic Parking System Using Bio-Inspired 1-D Optical Flow Sensors," *IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety (ICVES)*, 2015 (accepted)  
 [3] S. Mafrika, A. Servel and F. Ruffier, "Optic-Flow Based Car-Like Robot Operating in a 5-Decade Light Level Range" (submitted)



# Natural automatic control of an upper-limb prosthesis for transhumeral amputees

Manelle Merad, supervisors: Agnès Roby-Brami and Nathanaël Jarrassé

## Introduction

- The human upper-limb is a complex system, and is essential in activities of the daily living.
- Arm amputation causes physical and physiological disorders. Artificial limbs have been developed to replace motor functions.
- There is a gap between current robotic prostheses and control strategies. Reasons:
  - **Redundant system:** there are plenty of different joint combinations of the human arm and shoulder to reach the same end point position.
  - **Dimensionality issue:** signals from two antagonistic muscles are used to control more than two DoFs.
  - **Absence of feedback**

Consequences: lack of functionality, non-intuitive, and unnatural control, leading to prosthesis abandon.



## Myoelectric prostheses

**Commercialized prostheses** (for transradial & transhumeral amputees, EMG-based control)



DynamicArm – OttoBock



i-limb quantum - TouchBionics

### Myoelectric control

**Direct control:** one DoF is controlled by antagonistic muscles (e.g. biceps and triceps brachii control prosthetic hand opening and closing).

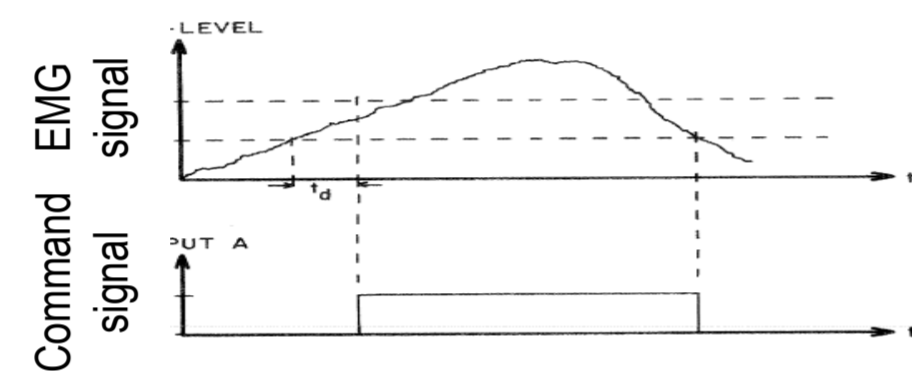
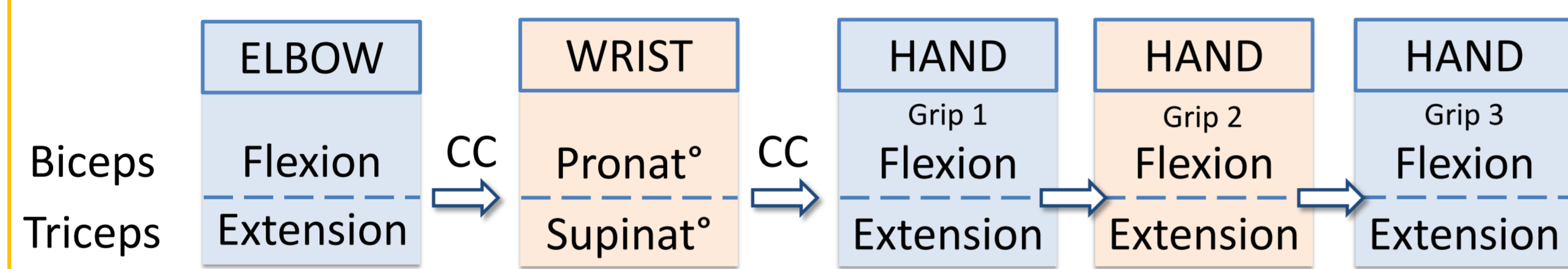


Figure 1: Example of On/Off control. The EMG signal (top plot) is processed: if it goes beyond an arbitrary threshold, the actuation signal to move the prosthesis (e.g. hand opening) switches to ON (bottom plot). Source: Philipson et al. 1981 in [1].

**Sequential control:** the user navigates through a menu of functions (e.g. selection of a hand grip, or an active joint) by means of simultaneous activations of his 2 EMG sites (co-contractions CC)



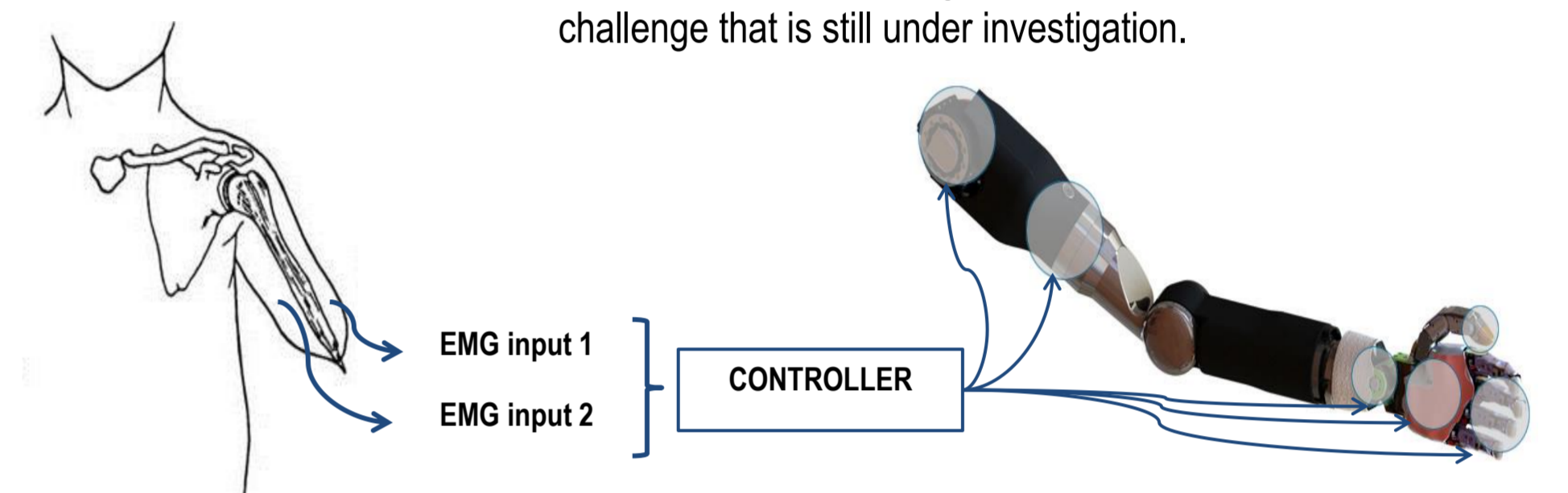
**Pattern recognition-based techniques:** EMG signals from 2 or more EMG electrodes are processed to attempt to recognize a recurrent activation pattern occurring for a particular movement. **Simultaneous control of multiple DoFs is enabled.**

## Challenges

### Limits of current prostheses

- **EMG-based interface:** low signal-to-noise ratio for EMG signals, muscle fatigue, electrodes displacement, changes in skin impedance.
- **Dimensionality issue:** how to control a multiple DoF-device with a limited number of input signals?

Figure 2: Prosthetic control scheme. Using 2 or 4 input signals to control a multiple-degrees-of-freedom arm prosthesis is a challenge that is still under investigation.



➔ **Addition of redundant signal measurements** (EMG signals + other signals)

- **Unnatural, sequential control:** controlling a prosthesis using associations between physiological signals and prosthetic joint movement is counterintuitive.

➔ **Toward human-like movements** that are task-oriented, redundant, and where joints are actuated simultaneously.

**Elbow movements are controlled by internal laws, out of our focus during motion.**

- **Lack of feedback:** use of the prosthesis depends on visual feedback.

## Study of human arm movements during pointing tasks

### Concept of synergies

- A **synergy** is a recurrent relationship that control the motion of a group of muscles or joints during different movements of a same class (e.g. pointing) [2], [3].
- The **dimensionality of the space required to characterize multiple arm postures is smaller than the number of degrees of freedom along the arm and the number of possible movements.**

**Dimensionality reduction:** knowledge of synergies enables the control of more degrees of freedom with appropriate control inputs.

**Prediction of distal arm's joints:** one joint kinematics can be predicted by using the recurrent relationships between joints.

**There is a relationship between the elbow flex./ext. angle, the humeral inclination angle, and the humeral inclination direction [4].**

### Learning human motion

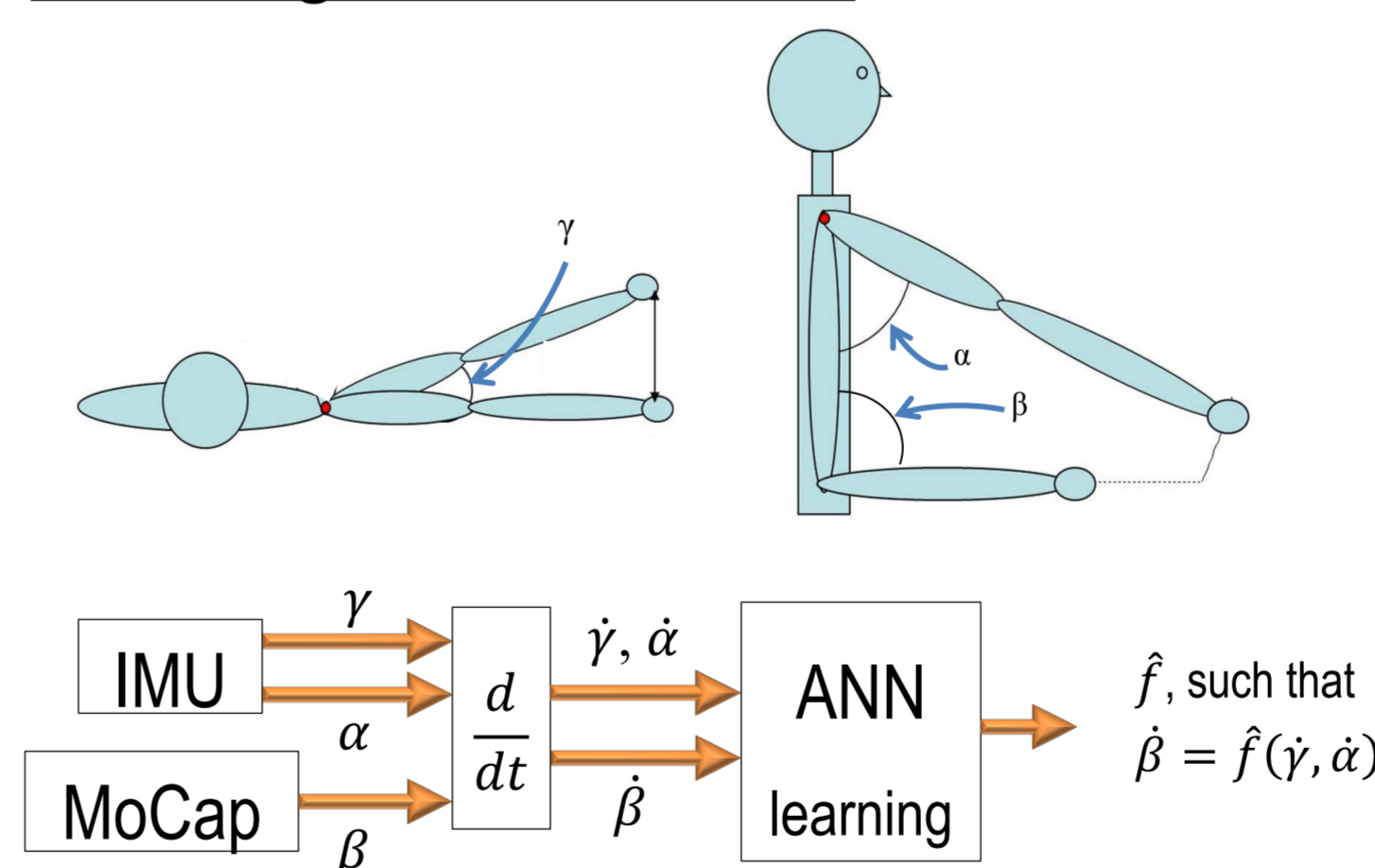


Figure 3: Top: motion capture sensors and IMU were used to measure shoulder and elbow angles. Bottom: an Artificial Neural Network is used to model the synergy between shoulder and elbow angular velocity profiles during pointing tasks.

### Objectives:

- Approximate the relationship between elbow and shoulder angular velocities.
- Predict the elbow angular velocity based on this model and real time measurements of shoulder angles.

### Results

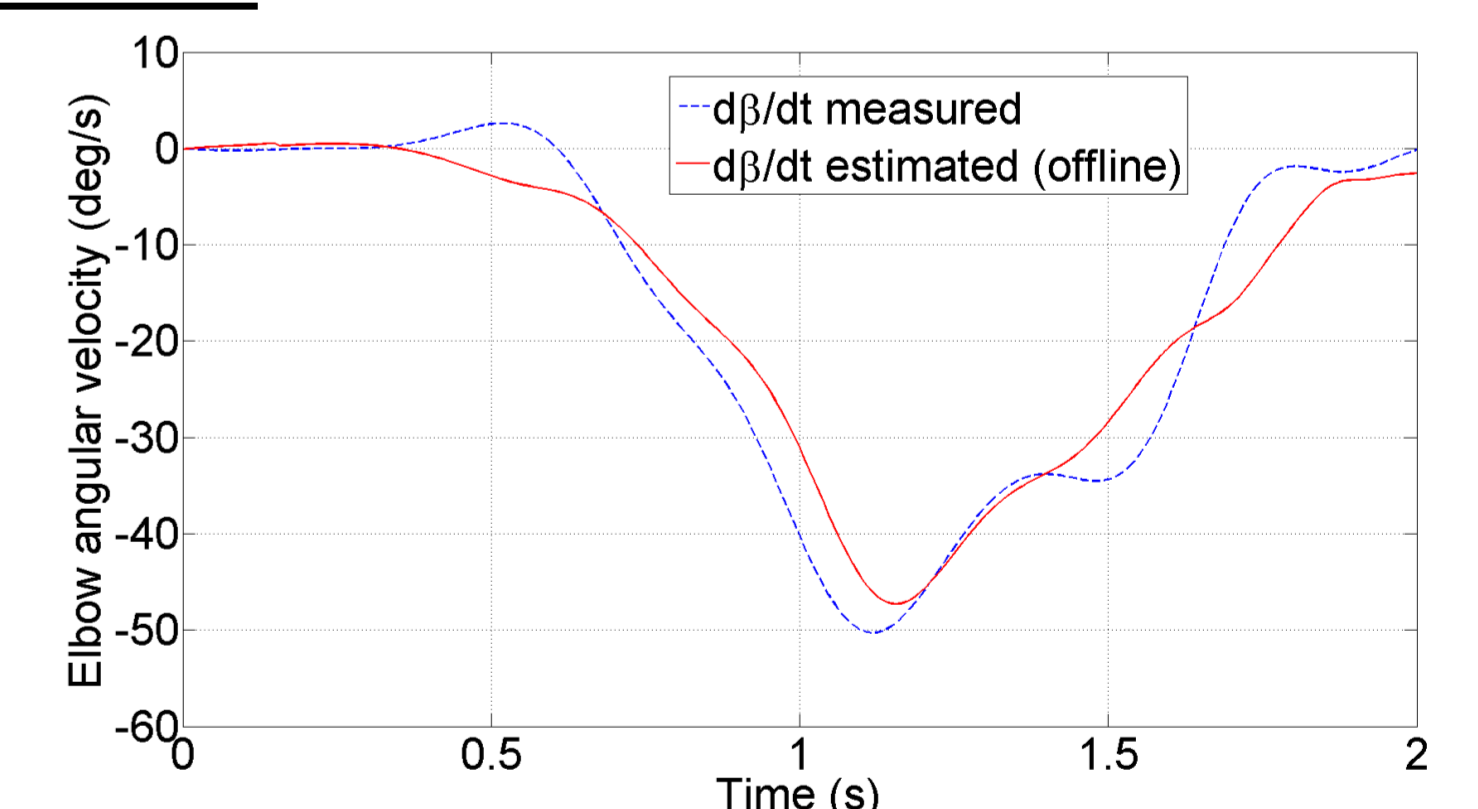


Figure 4: Offline estimation of elbow angular velocity during one pointing movement based on measurements of shoulder angular velocities.

### Future work

Figure 5: Prosthetic elbow prototype

**Modeled shoulder/elbow synergy will be implemented and tested on an elbow prosthesis (Fig. 5).**



## References

- [1] Philipson et al., "Digital approaches to myoelectric state control of prostheses," *Bull. Prosthet. Res.*, Vol. 10, pp. 3-11, 1981.
- [2] Santello et al., "Postural synergies for tool use," *J. Neurosci.*, Vol. 18, No. 23, pp. 10105-10115, 1998.
- [3] Casadio et al., "The body-machine interface: a new perspective on an old theme," *J. Mot. Behav.*, Vol. 44, No. 6, 2012.
- [4] Kaliki et al., "Prediction of distal arm posture in 3D space from shoulder movements for control of upper limb prosthesis", *Proceedings of the IEEE*, Vol. 96, No. 7, pp. 1217-1225, 2008.

**Manelle Merad – manelle.merad@isir.upmc.fr**

The authors are with Sorbonne Universités, UPMC Univ Paris 06, CNRS, UMR 7222, Instituts des Systèmes Intelligents et de Robotique, Paris, France, and INSERM, U1150, Agathe-Instituts des Systèmes Intelligents et de Robotique

# Programmation intuitive et itérative d'un guidage virtuel pour robot d'assistance par comanipulation

Susana Sánchez Restrepo<sup>1</sup>, Xavier Lamy<sup>1</sup> et Daniel Sidobre<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> : CEA, LIST, Laboratoire de Robotique Interactive, Point Courrier 178, F-91191 Gif-sur-Yvette, France

<sup>2</sup> : CNRS, LAAS, 7, Avenue du Colonel Roche, F-31400 Toulouse, France

<sup>3</sup> : Université de Toulouse III, UPS, LAAS, F-31400 Toulouse, France

## Contexte

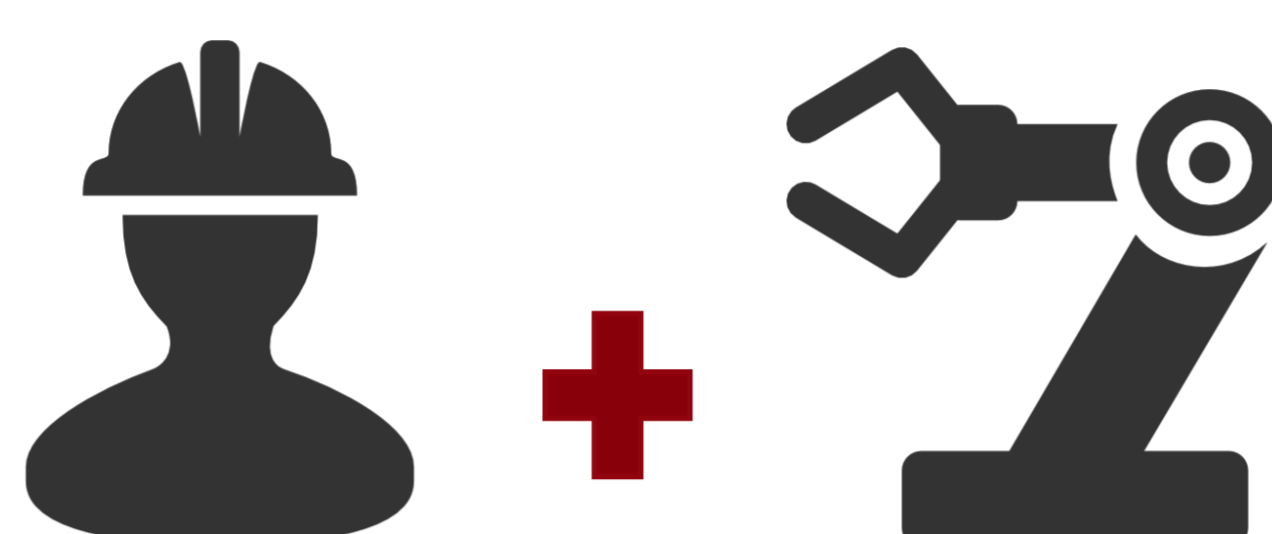
### Automatisation Industrielle



Tâches non-automatisables

- Petite et moyenne série
- Forte variabilité de la tâche
- Détection de défauts

### Robotique Collaborative



- ✓ Perception
- ✓ Interprétation
- ✓ Adaptation
- ✓ Apprentissage
- ✓ Précision
- ✓ Force
- ✓ Rigidité
- ✓ Vitesse



Ergonomie  
Interaction  
Sécurité

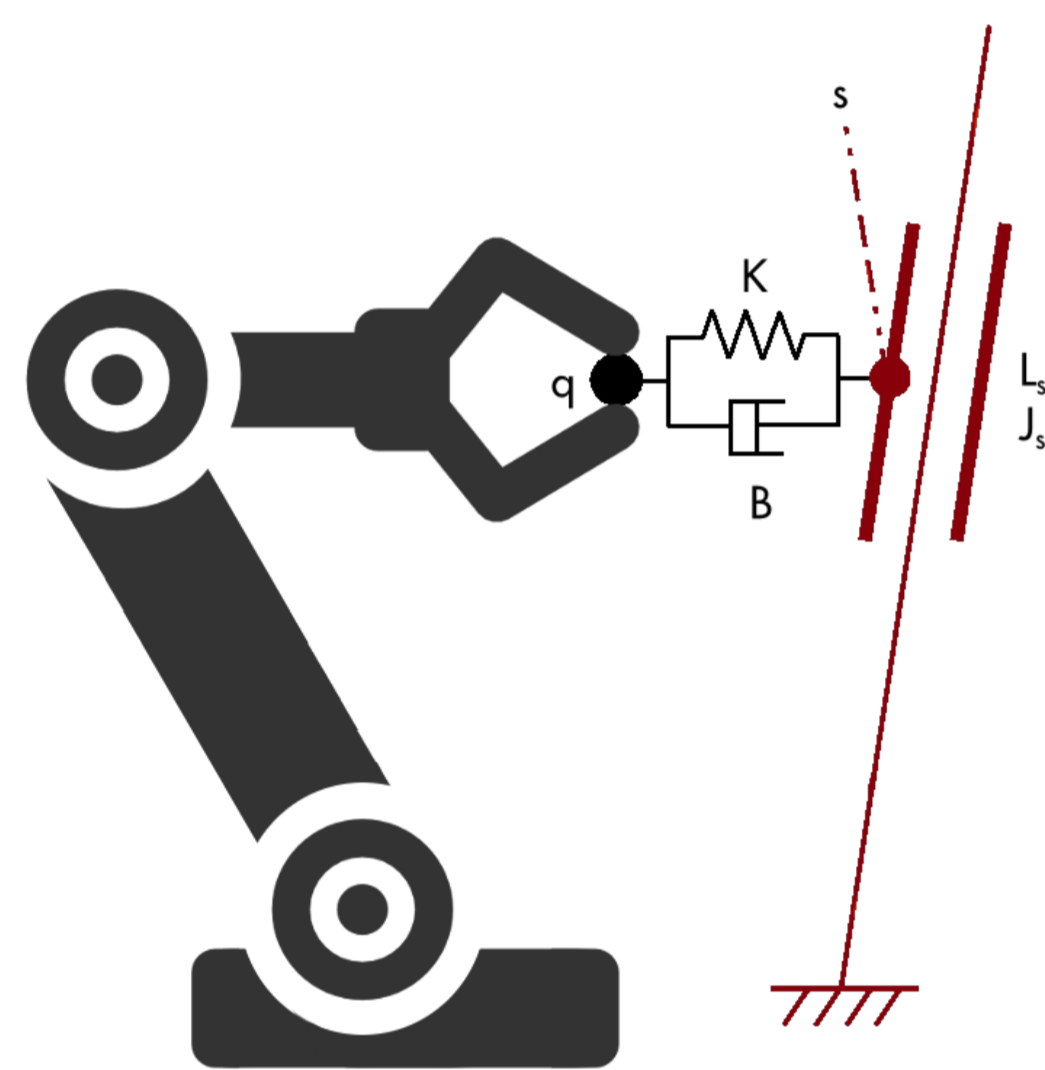
### Assistance par Comanipulation



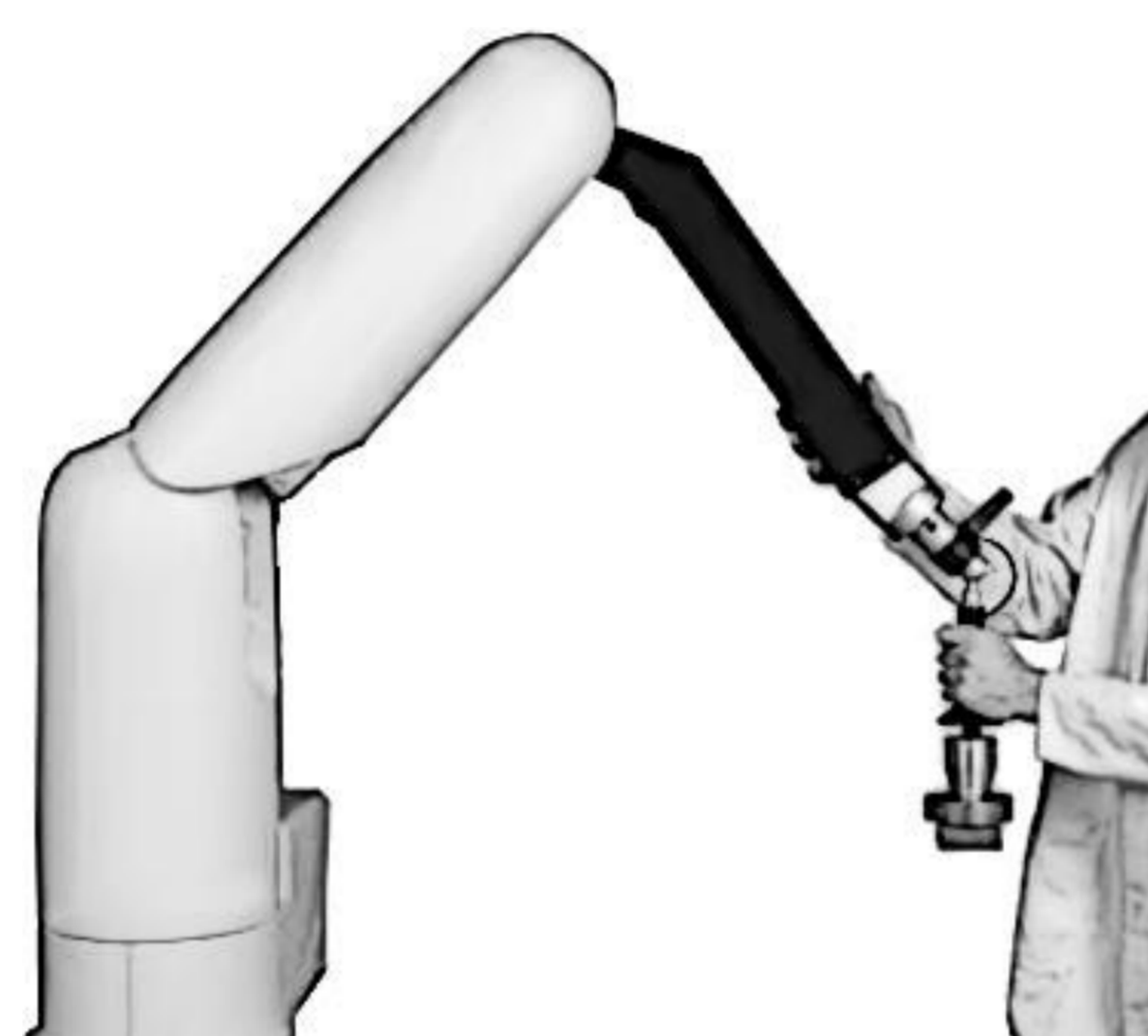
Industrie 4.0

## Objectif

Proposer une méthode d'apprentissage accélérée des guides virtuels propre au contexte de la cobotique.



Guidage Virtuel



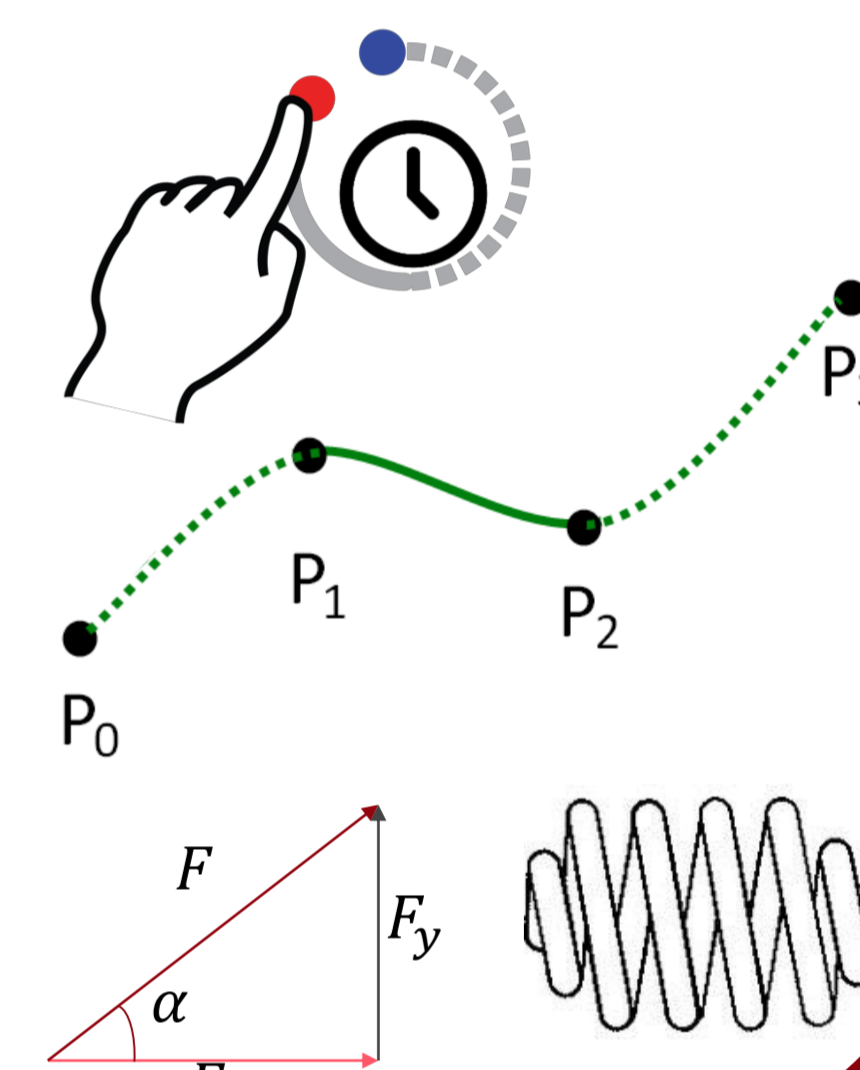
Apprentissage

### Méthode

- Intuitive
- Incrémentale
- Précise
- Modifiable

### Apprendre

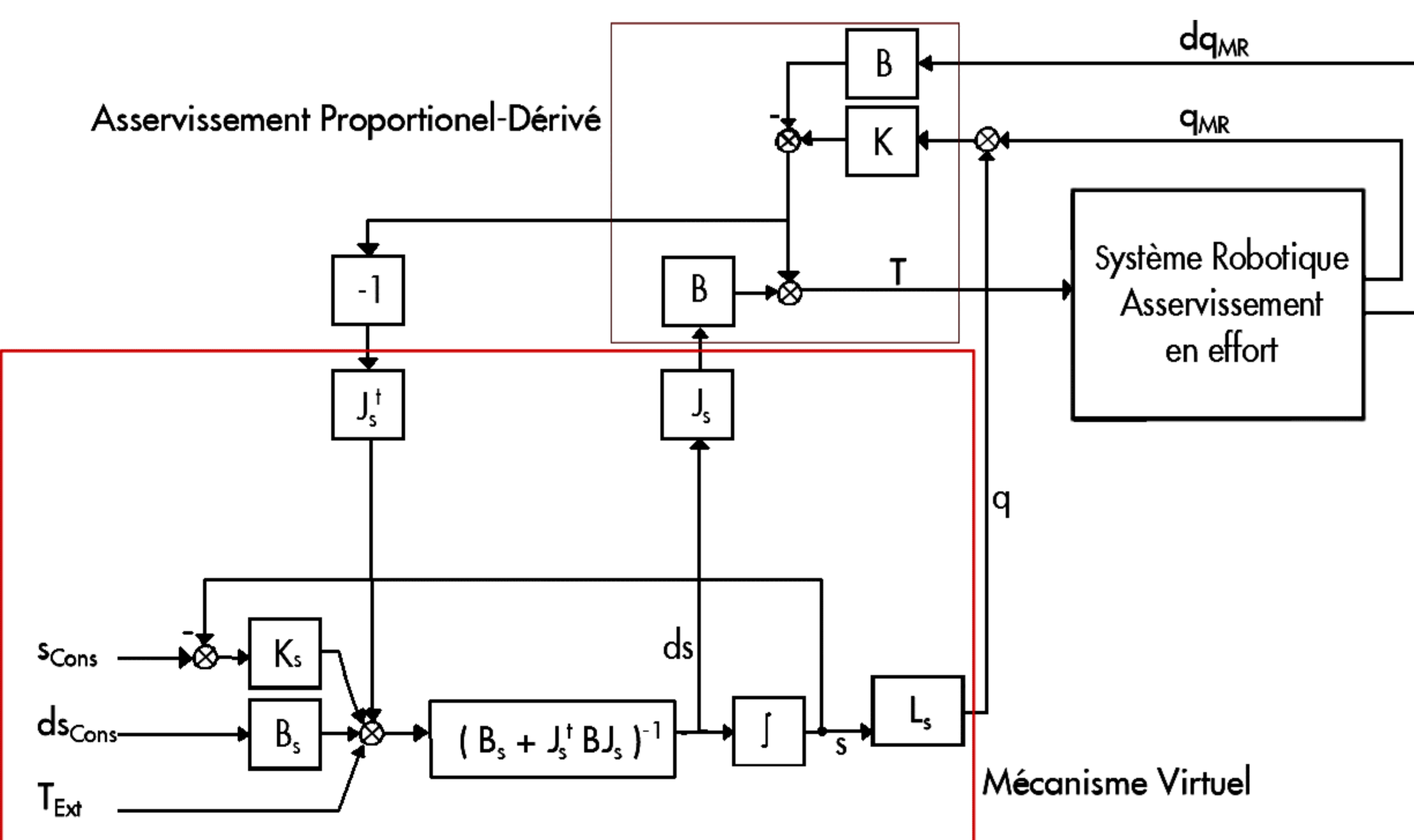
- Position
- Orientation
- Force
- Raideur



## Assistance

### Mécanisme Virtuel [1]

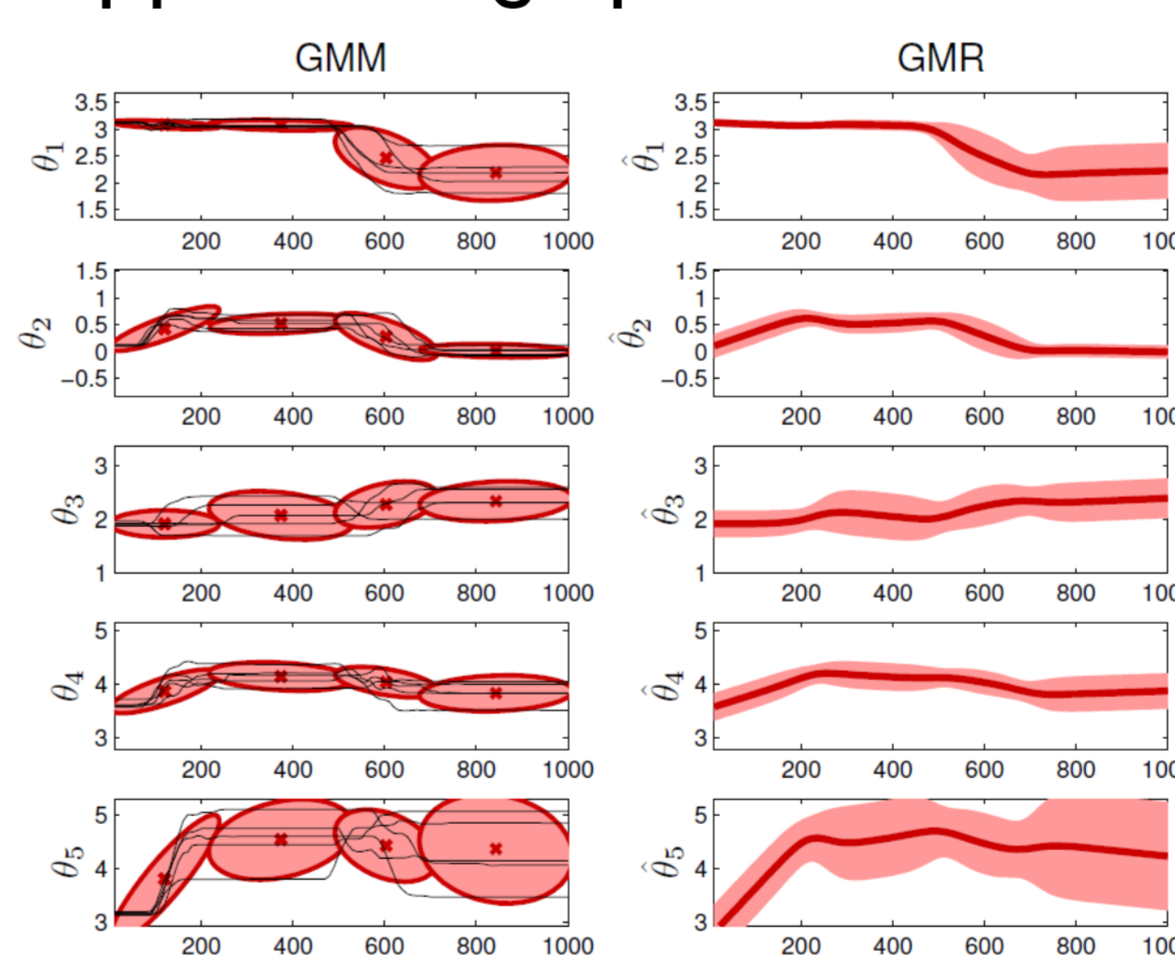
Un guide virtuel permet de contraindre les mouvements et soulager l'opérateur des efforts physiques et mentaux lors d'une comanipulation.



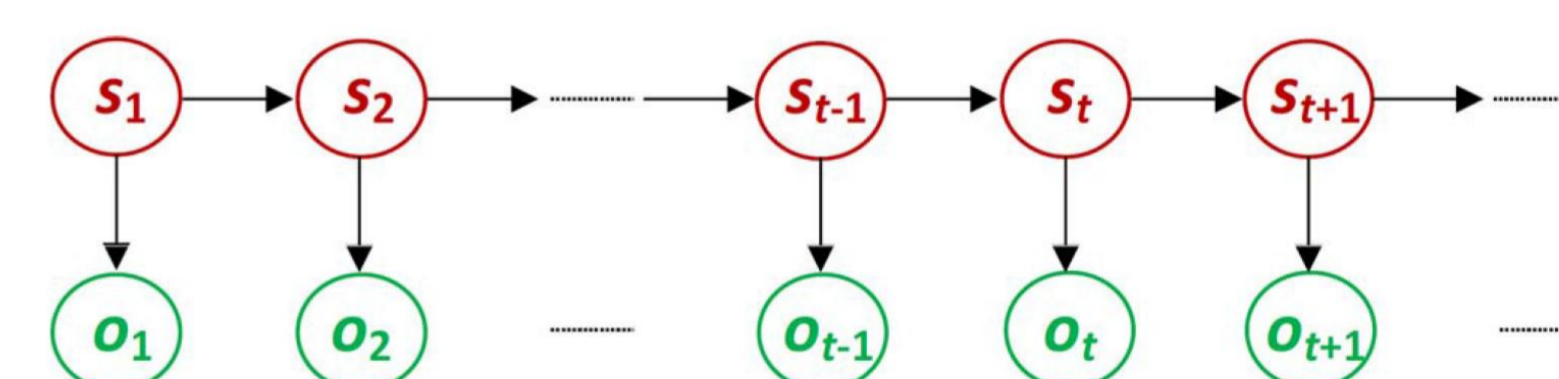
## Apprentissage

### Etat de l'art

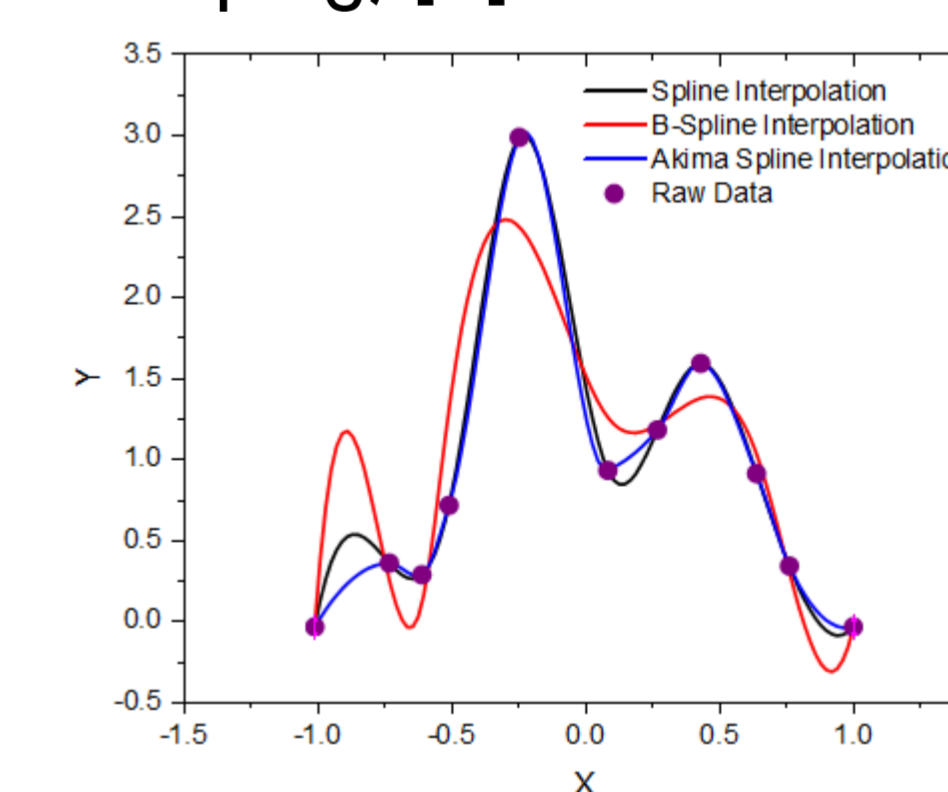
Apprentissage par démonstration



Encodage et reproduction de la trajectoire via GMM (Gaussian Mixture Model) - GMR (Gaussian Mixture Regression)[2]



Encodage de la trajectoire via HMM (Hidden Markov Model) et DTW (Dynamic Time Warping) [3]



Première approche Encodage des trajectoires en utilisant les splines Akima

## Perspectives

- Guidage virtuel en cartésien et prise en compte de l'orientation
- Apprentissage et reproduction automatique de la vitesse de la tâche
- Proposer des outils intuitifs pour affiner la trajectoire
- Prise en compte de l'effort

## Références

[1] Joly, Luc. "Commande Hybride Position/force Pour La Téléopération: Une Approche Basée Sur Des Analogies Mécaniques", 1997.  
 [2] Calinon, S., and A. Billard. "A Probabilistic Programming by Demonstration Framework Handling Constraints in Joint Space and Task Space." In IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2008. IROS 2008, 367-72, 2008.  
 [3] Vakanski, A., I. Mantegh, A. Irish, and F. Janabi-Sharifi. "Trajectory Learning for Robot Programming by Demonstration Using Hidden Markov Model and Dynamic Time Warping." *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics* 42, no. 4 (August 2012): 1039-52.

# RACU : Reflective, Adaptive & Communicational Ubiquitous robot

Yuko Sasa, Romain Magnani, Sandra Castellanos-Paez, Ankuj Arora, Liliya Tsvetanova, Jérôme Maisonnasse, Amr Alzhouri-Alyafi

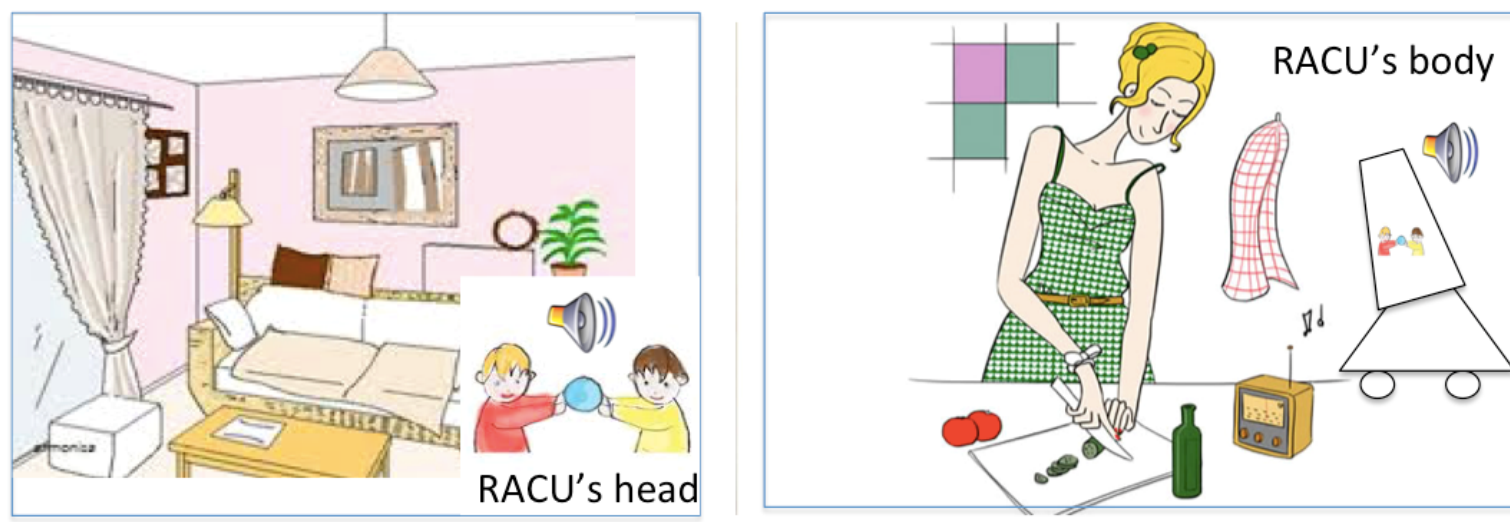
## Robot Design Concept

**RACU** (or Raku) means relaxing, joyful in a well-being sense in Japanese. The interior object-like design gives a soothing and serene effect, enabling the occupant to destress after an eventful day. Its name refers to :

- **Reflective** : the main part of the body is build on a lampshade used like a projection screen reflecting the robot proprioceptive information
- **Adaptive** : the interaction evolves in an adaptive way thanks to technological palette and applications we use as well as the link between the robot and the smartly connected environment
- **Communicative** : the design gives a varied potential for socio-affective multimodal interactions as a base of communication
- **Ubiquitous** : refers to the upper part of the robot as a malleable component, which can be separated from the body to be present at two different places at different moments in time.

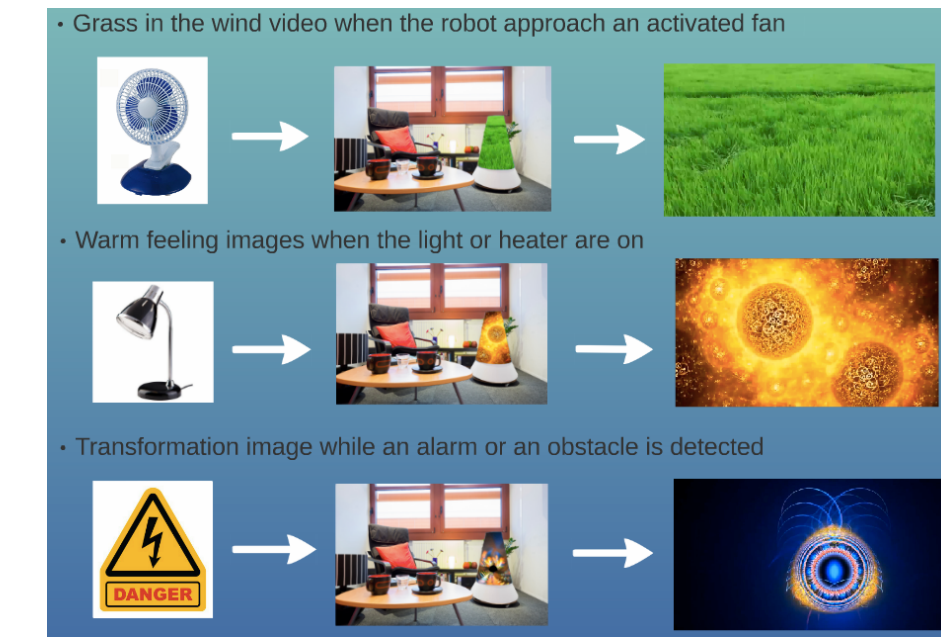
### Head Particularities

- a malleable part to bridge the gap with the users; inviting them to touch
- a personalizable form due to a destressing ball-like material
- ubiquity through a camera with a visual return on the screen part reinforced by vocal and gestural feedbacks connecting the body and the head



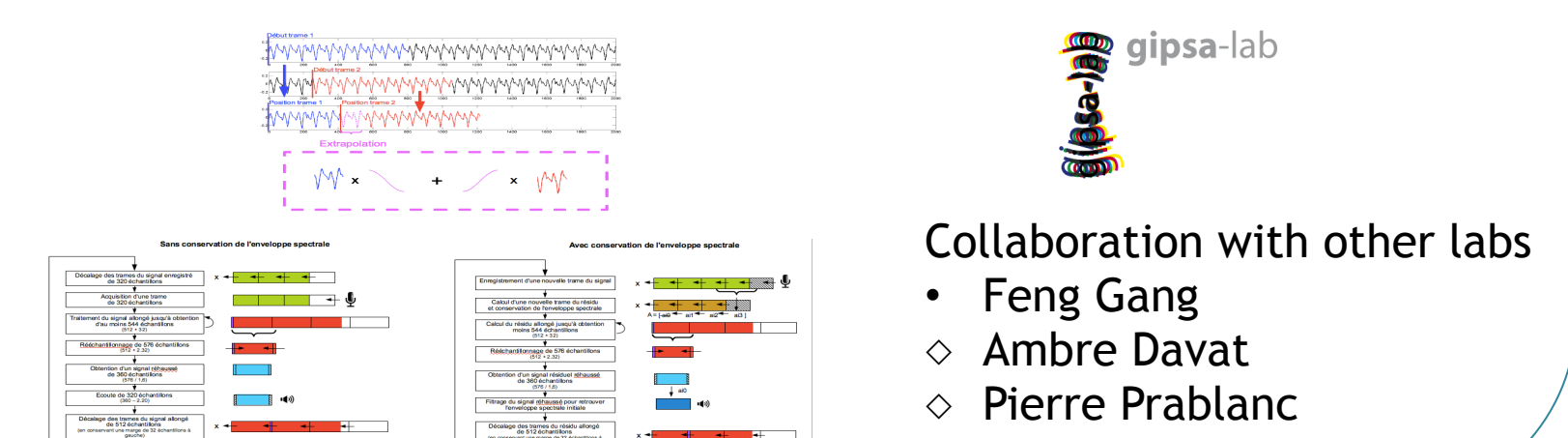
### Proprioceptive Projections

- colors and textures revealing the robot proprioceptive information
- rhythmic pattern to give its own animistic impression
- coherent changes to study through its smart environment connection



### Sounds

A voice conversion tool to test different vocal aesthetics without changing prosodic information; robust to mouth noises



### Applications

- Connected object to the world, the smart environment, to specific apps (weather forecast, games, handwritings, paintings...etc.)
- A potential touch screen (sensibility, temperature, new type of touch communication...)
- Lamp with different colors and textures whose perceptual response can be tested

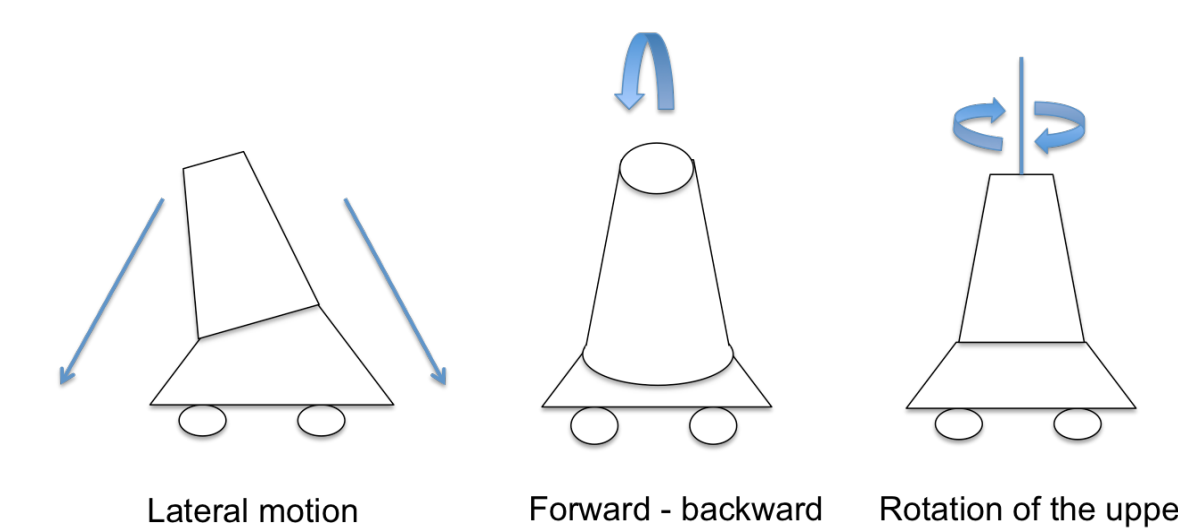
### Robotic base

- Multidisciplinary effort of collaborators from various fields of computer science
- Equipped with wheels, sensors, batteries, security emergency stop etc.
- Manually controlled robot but striving for autonomy



### Robot Motion

3 rotational axes to test perception with variable amplitude and speed



### Intelligence based on environment connection



- Interior object-like design to blend with an inner environment
- Connected to smart environment enabling augmented robot ability and intelligence
- Various possible contexts (first tests in Domus Living-lab)

fab MSTIC A robot conceived and built in fablab

### Designing context



23 teams and 5 trans-disciplinary research axes in a computer science lab

### Labadens

Social robotics multidisciplinary working group collaborating with the MSTIC Fablab

### A robot created by



PhD students working group part of

LIG's robotics WG labadens



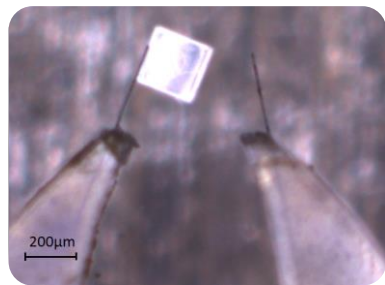
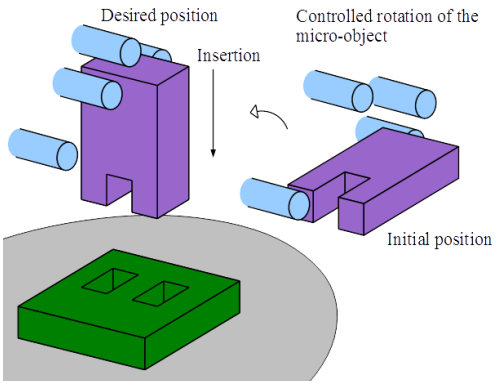
### Acknowledgments

This work has been partially supported by the LabEx PERSYVAL-Lab (ANR-11-LABX-0025-01) and the RHUM project. We would like to thank the LIG-lab that supported us for this project, the Labadens working group, as well as the MSTIC Fablab team, the LIG-Synergy association. On the vocal a great feature was developed thanks to Ambre Davat and Feng Gang who we thank a lot for their collaboration. Finally, thank you to Wafa, Germain, Djali, Fred, Alexis, Maxence, Lauren, Cécile who worked with us during the past year in the Robodoc group and Jean-Philippe for his great pictures.

# Trajectory Planning and Experimental Validation For Dexterous in-Hand Micromanipulation

## Objectives

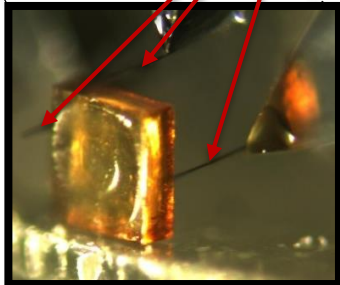
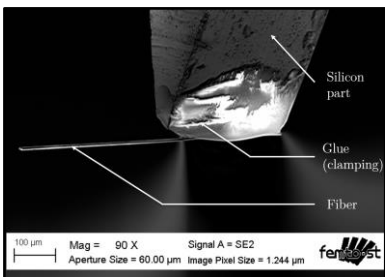
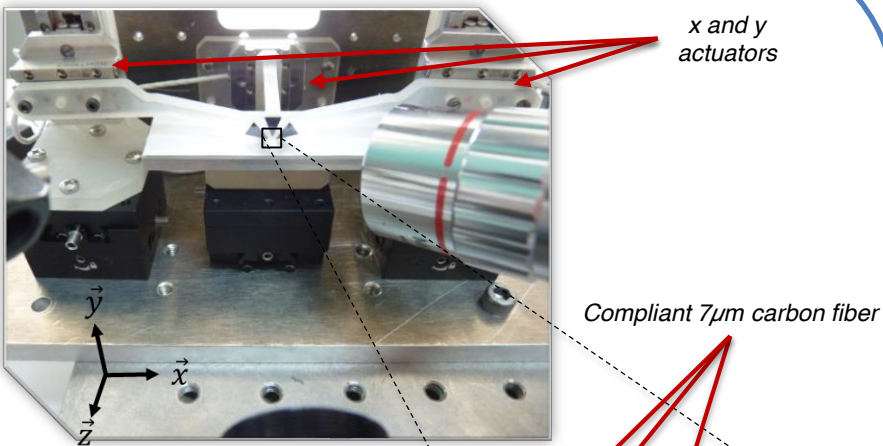
Improving manipulation ability in microscale using multi-finger handling



Changing the orientation of the object using in-hand manipulations require to perform rolling phase and finger gaing

Adhesion phenomena are an important constraint for micromanipulation

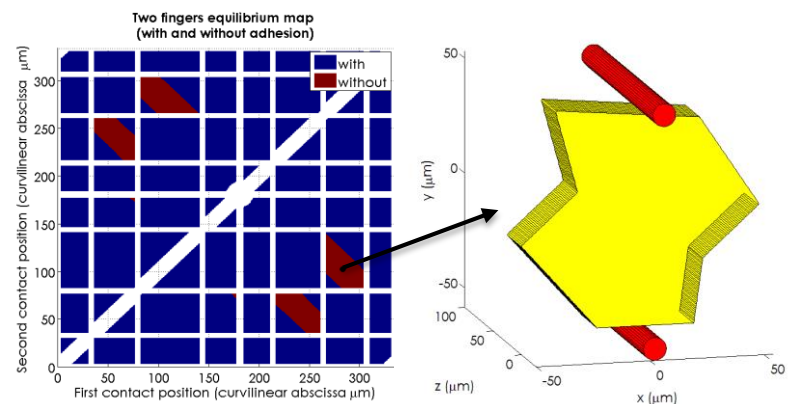
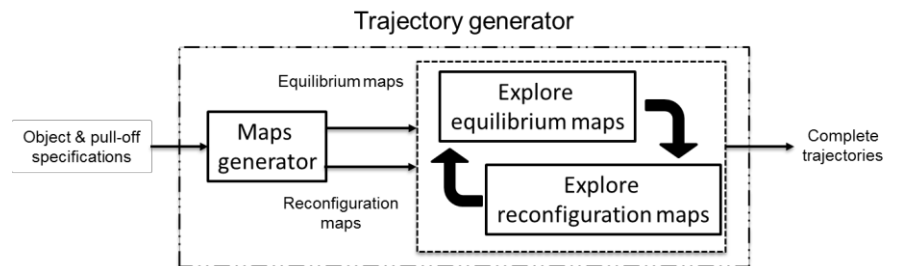
## Manipulation setup



- ✓ Automatic in-hand object manipulation
- ✓ Manipulated object down to 120 μm length (220 μm on image seq.)
- ✓ Object rotations over 180°

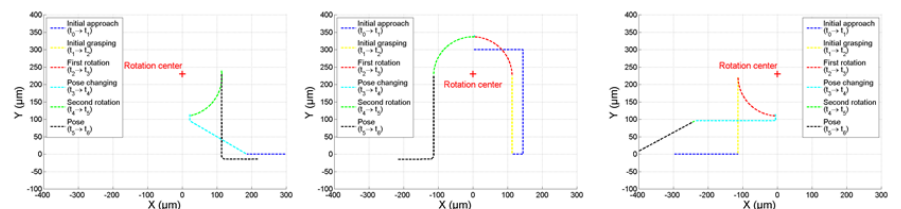
## Trajectory planning

As the manipulation is a succession of stable grasp, navigating in the equilibrium spaces (for 1, 2, ..., N fingers) allow to generate trajectories

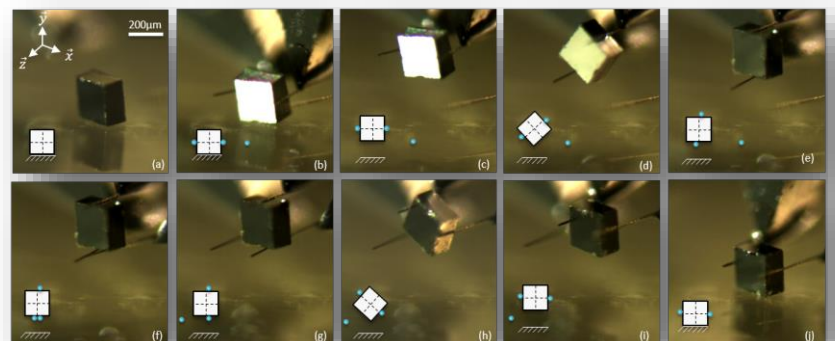


Equilibrium map for a two fingers grasp on a polyhedral object

## Experimental Results



Sampled generated trajectories



# Dynamique de la glu socio-relationnelle en Interaction Humain-Robot

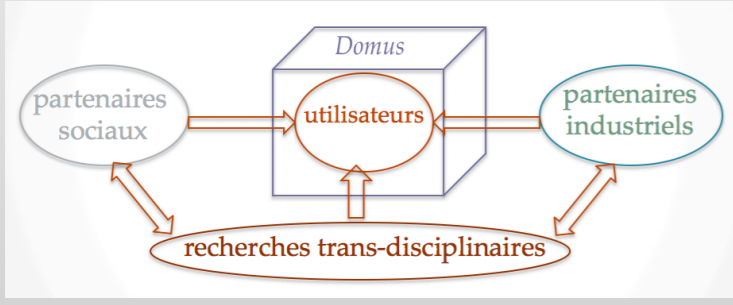
## Ebauche méthodologique du calcul des coûts langagiers

Liliya TSVETANOVA, Yuko SASA, Véronique AUBERGE, Frédéric AMAN, Cécile COTTIER, Romain MAGNANI, Maxence GIRARD-RIVIER

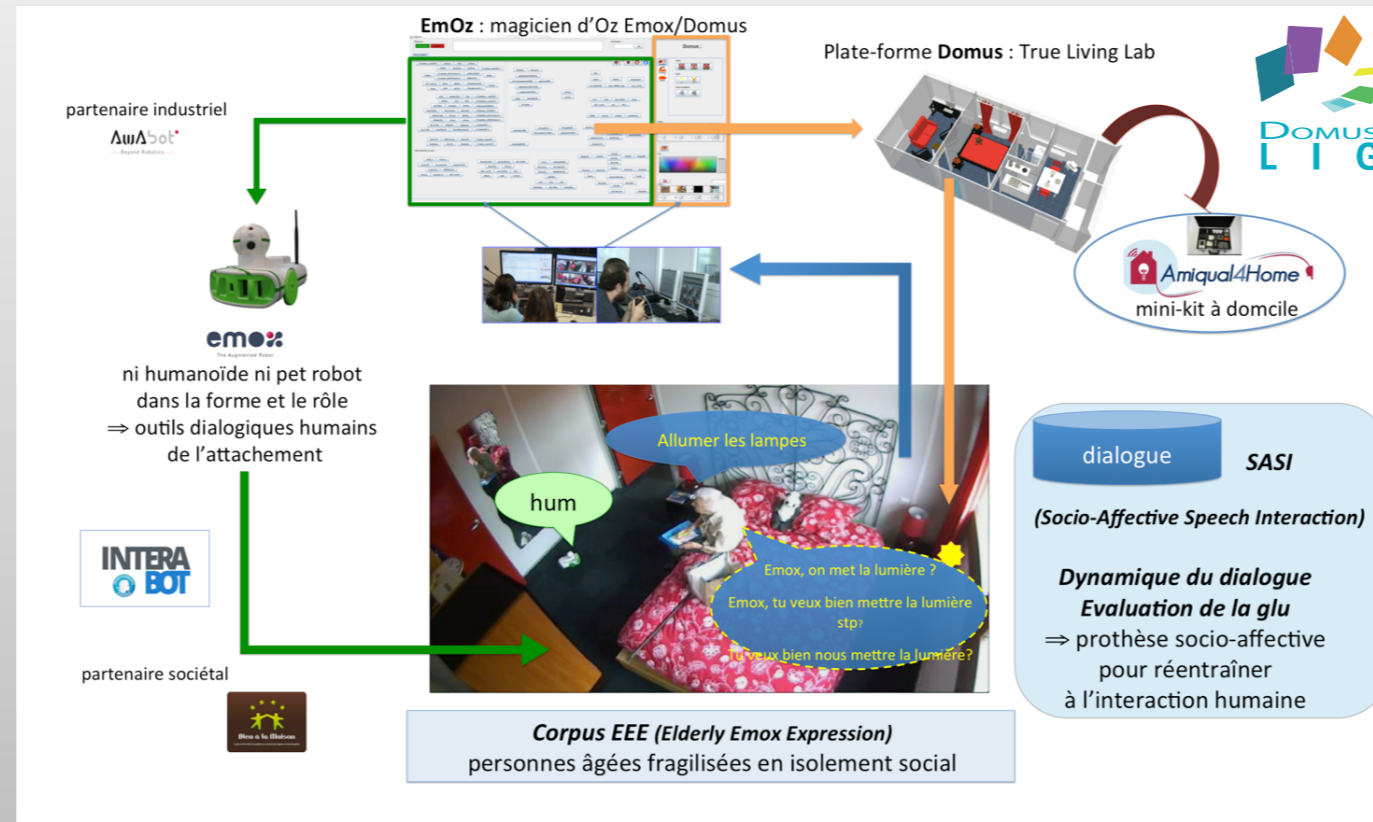


### Paradigme

Projet **INTERABOT** – projet Investissement d'Avenir ayant comme objectif la création d'un robot rentrant en interaction socio-affective avec l'humain.



L'étude se base sur la méthodologie de **co-construction d'un contexte écologique** (boucle 3P– Private, Public, People – ci-dessus). Cela implique aussi bien les partenaires sociaux et industriels que les utilisateurs de la technologie.



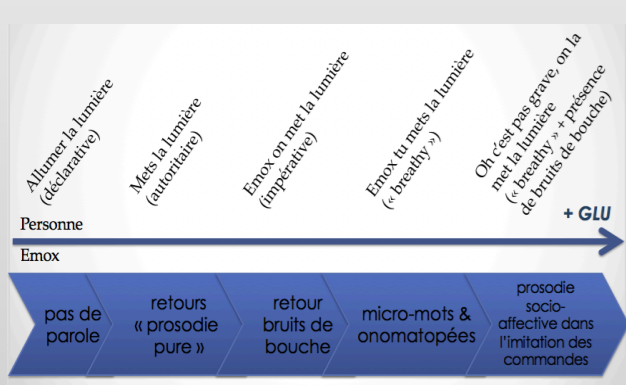
Recueil des données dans le **prototype d'appartement intelligent Domus** de la plateforme Multicom du LIG (Laboratoire Informatique de Grenoble) élaboré suivant l'approche LivingLab.

Les **participants** sont des personnes de plus de 65 ans qui sont, ou se ressentent, en isolement socio-relationnel.

Le **corpus EEE (Emox Elderly Expressions)** a été obtenu suite à la mise en place d'un scénario en Magicien d'Oz. Ce dernier est motivé par l'hypothèse scientifique de « **glu socio-relationnelle** » qui est identifiée comme les processus cognitifs de la dynamique interactionnelle entre deux interactants. L'existence de glu est avérée par le paraphrasage progressif des commandes imposées aux participants au début de l'expérience.

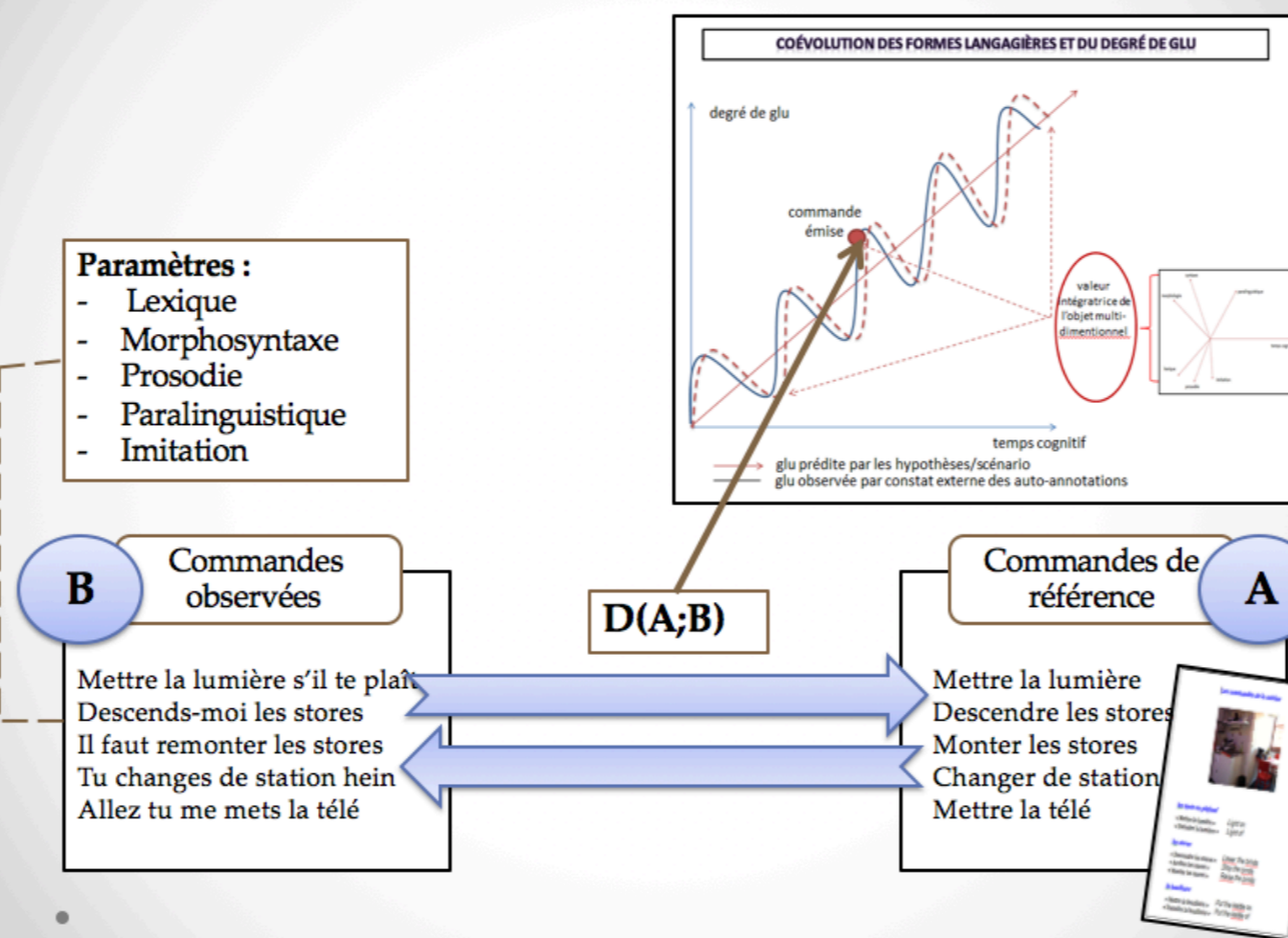
### Objectif

#### Données de l'interaction spontanée en contexte écologique



- le paraphrasage des commandes est graduel et évolue réciproquement aux « **feedbacks** » intentionnels du robot

- le paraphrasage est multidimensionnel, c'est-à-dire qu'il concerne plusieurs paramètres langagiers  
- pour caractériser l'évolution de la glu, il faut trouver des indices dans les traces de communication permettant d'établir un coût de distance entre la commande observée et la commande de référence.



#### Valeurs informatives caractérisant la glu:

- démontrent comment la personne âgée crée un lien affectif avec Emox
- permettent de créer une courbe démontrant l'évolution de la glu observée par rapport à la glu prédite

« **ordre** » >> « **interrogation** » >> « **demande** »

- étiquettes obtenues lors de l'auto-annotation

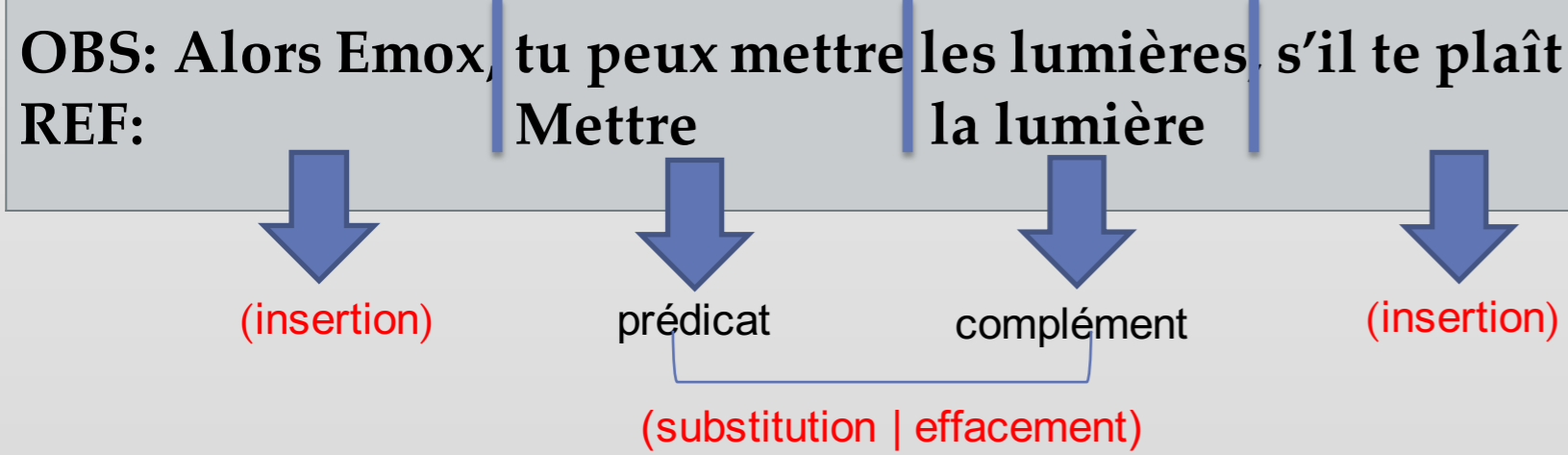
#### Auto-annotation:

- pour empêcher toute incidence de la perception de l'expérimentateur sur les données récoltées il a été procédé par une annotation des productions langagières par le sujet lui-même.

### Méthodologie: modélisation du matériel langagier

#### Pondération manuelle

#### Etude des paraphrases



**Analyse des paraphrases portant sur la variation des paramètres de la glu:**  
- variation sur le lexique et la morphosyntaxe  
- variation de la qualité de voix

#### Calcul de distance :

##### Algorithme de Ghneim & Aubergé [1997]

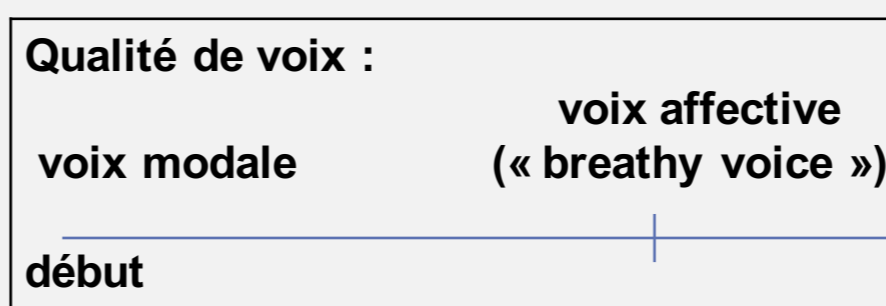
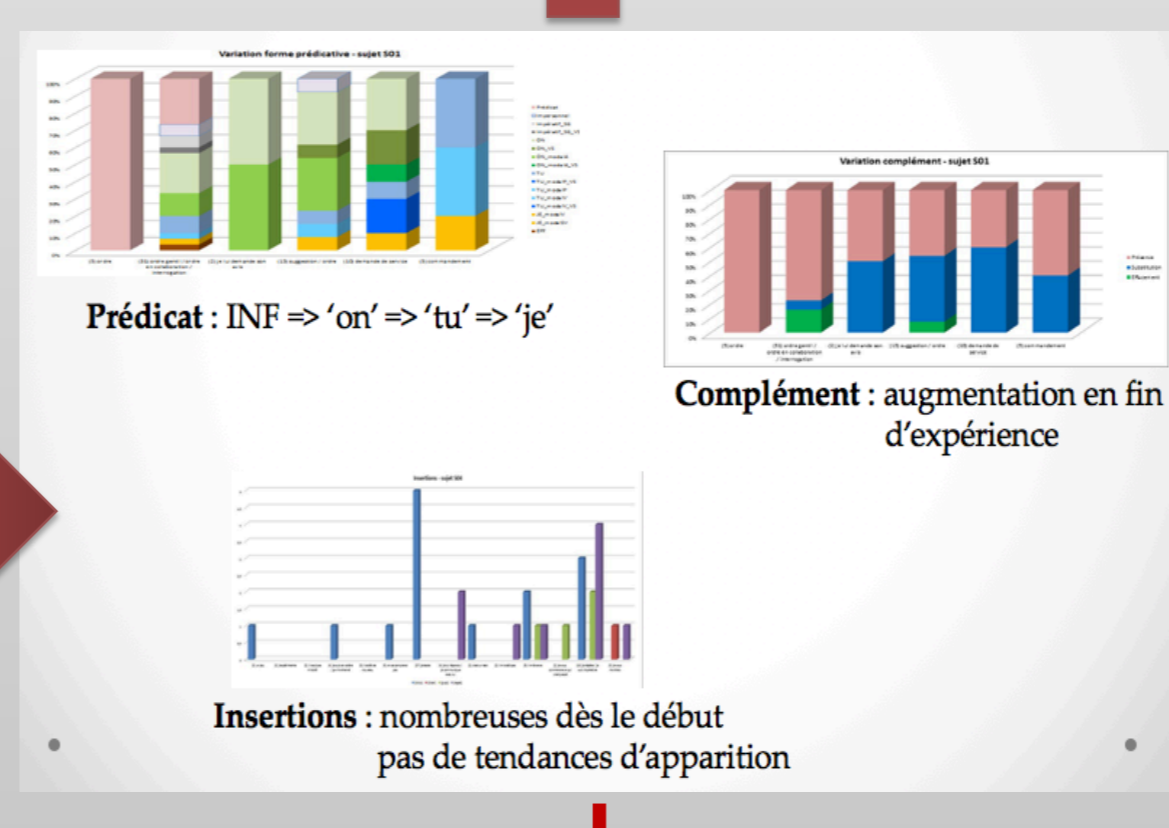
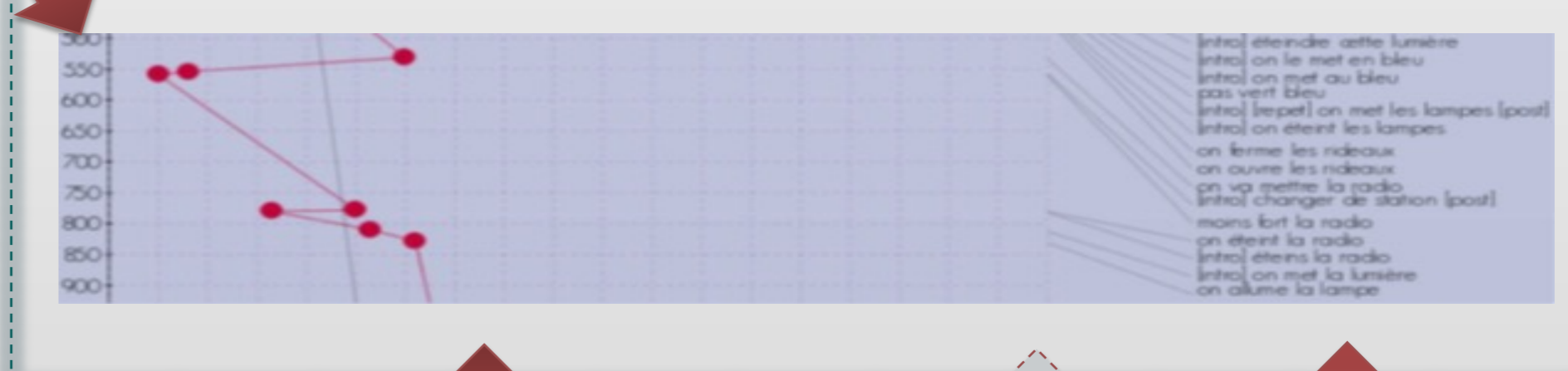
- algorithme basé sur le calcul de distance de Damerau-Levenshtein
- le poids porte sur la nature de l'objet langagier et non seulement sur la transformation

□ Effacement (un seul coût)	⇒ (predicat) → ()	⇒ (complement) → ()
□ Insertion (un seul coût sur étiquettes définies lors du prétraitement du corpus)	⇒ () → (insert)	
□ Substitution (plusieurs coûts selon catégorie)	⇒ (mettre) → (mettre) = 0 ?	
	⇒ (mettre) → (allumer) = 0 ?	
	⇒ (mettre) → (il faut mettre) = 0.1 ?	
	⇒ (mettre) → (mets) = 0.2 ?	
	⇒ (mettre) → (mettons) = 0.3 ?	
	⇒ (mettre) → (on met) = 0.4 ?	
	⇒ (mettre) → (on peut mettre) = 0.5 ?	
	⇒ (mettre) → (tu dois mettre) = 0.6 ?	
	⇒ (mettre) → (tu mets) = 0.7 ?	
	⇒ (mettre) → (tu peux mettre) = 0.8 ?	
	⇒ (mettre) → (tu veux mettre) = 0.9 ?	
	⇒ (mettre) → (je veux bien mettre) = 1 ?	

#### Grammaire de coûts :

- base de règles de la forme : (X) → (Y) C
- X = chaîne de caractères de la commande de référence
- Y = chaîne de caractères de la commande observée
- C = coût de transformation

#### Visualisation [Lagier & Cottier, 2015]



**Système de reconnaissance vocale (Frédéric AMAN)**

**Système de dialogue « long-life » SASI (Socio-Affective Speech Interaction)**

### Conclusion & Perspectives

Limites de la grammaire basée uniquement sur le lexique et la morphosyntaxe:  
- manque d'explication de certains changements  
- réducteur

Compréhension globale multimodale (paramètres prosodiques, regard du sujet, mouvement du sujet, posture, temps de réponse de Domus et Emox, etc.) nécessaire pour suivre la courbe de référence.

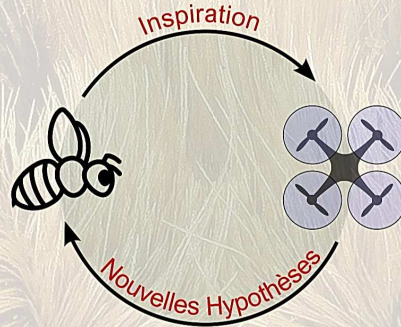
### Références

Aubergé, V., Rilliard, A. & Audibert, N. (2005). De E-Wiz à E-Clone : méthodologie expérimentale pour la modélisation des émotions et affects authentiques. Proceeding of WACA Grenoble France.  
Aubergé, V. & Loyau, F. (2006). Expression d'un agent humain entre ses tours de parole.  
Aubergé, V., Sasa, Y., Robert, T., Bonnefond, N., Meillon, B. (2013). Emox : a wizard of Oz for emerging the socio-affective glue with a non-humanoid companion robot. WASSS 2013, Grenoble, France.  
Aubergé, V., Sasa, Y., Bonnefond, N., Meillon, B., Robert, T., Rey-Gorrez, J., Schwartz, A., Autunes, L., De Biasi, J., Caffiau, S. & Nebout, F. (2014). The EEE corpus: socio-affective „glu“ cues in elderly-robot interactions in a Smart Home with the EmOz platform. [En ligne]. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/AO-LINGUISTIQUE/hal-01003910>. (Consulté le 27 mars 2015).  
Sasa, Y., Aubergé, V., Franck, P., Guillaume, L. & Moujtahid, S. (2012). Des micro-expressions au service de la macro-communication pour le robot compagnon EMOX. Actes du WACAI 2012, Grenoble, pp. 54-59.

## Drone autonome inspiré de la perception des abeilles

2ème année de thèse  
Erik Vanhoutte

Directeur de thèse  
Franck Ruffier

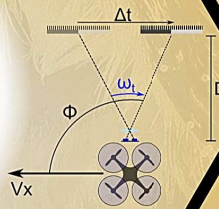
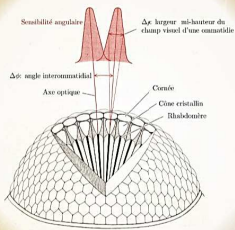


### Objectifs

- Evitement d'obstacles
- Exploration d'un environnement inconnu
- Exploiter les informations de flux optique
- Pas de perception métrique

### Principes

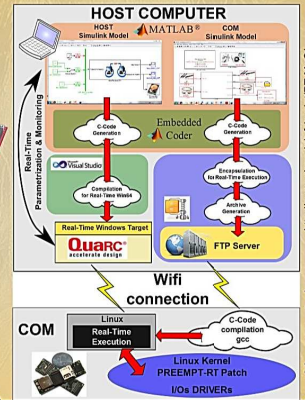
Flux optique



$$\omega_i = \frac{V_x}{D} \sin \Phi$$

### Outils

Programmation via toolbox  
Matlab/Simulink en wifi (RT-MaG)



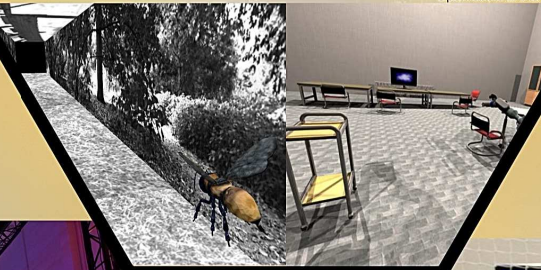
### Simulation

Morse Simulateur  
Génération scènes par script Python  
Rendu basé sur Blender Game Engine  
Contrôlé par Matlab/Simulink

Openrobots LAAS-CNRS

### Equipement

Arène de vol de la méditerranée  
6m x 8m x 6m  
17 caméras Vicon  
Précision de localisation 3D au mm



### Plateforme X4-MaG

Drone open-hardware  
310g avec batterie  
100g de charge utile  
14min d'autonomie

