

Mars 2025



Techniques Microrobotiques pour la Fécondation in Vitro

Prof. Sinan HALIYO

ISIR - Sorbonne Uni / MovaLife Microrobotics



Journée des Techniciens et Biologistes en AMP

ISIR

INSTITUT
DES SYSTÈMES
INTELLIGENTS
ET DE ROBOTIQUE

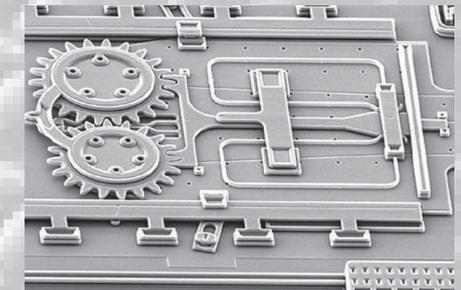
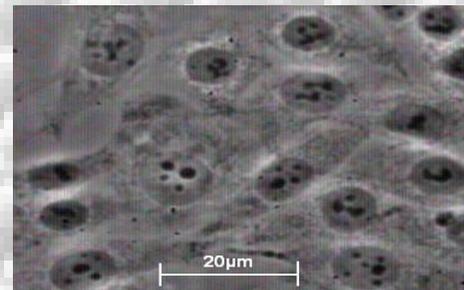
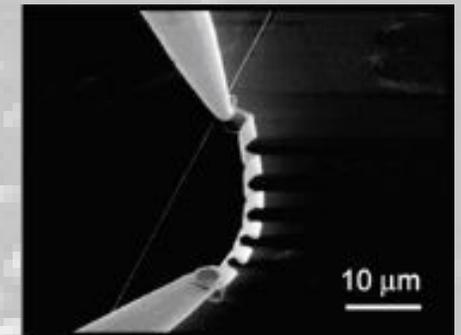
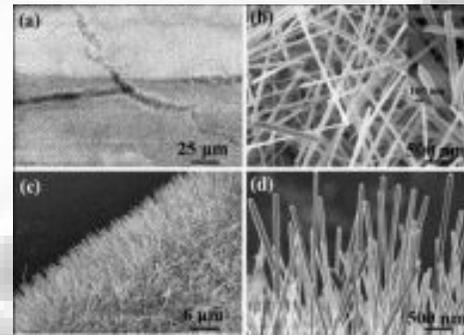
Depuis 1999

Micromanipulation Interactive

Manipulation & caractérisation
des objets observables sous
microscope optique ou MEB

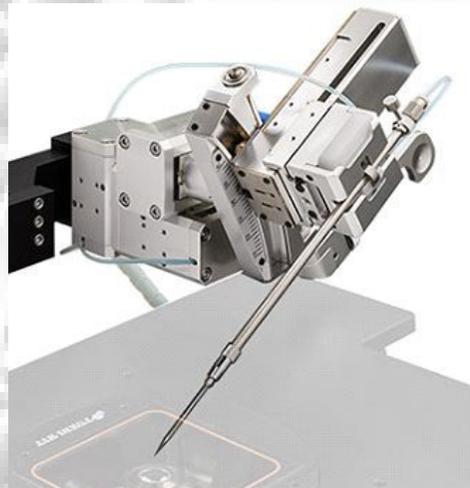
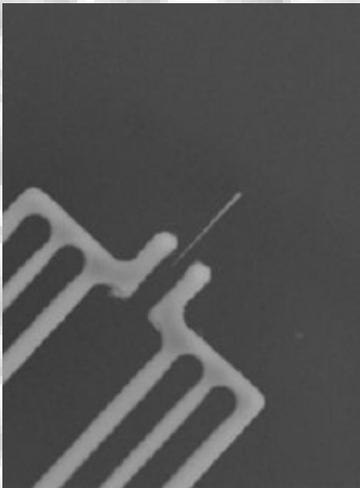
[10nm, 500µm]

- Composants micro-opto-electro-mécatronique (MOEMS)
- Échantillons biologiques **in-vitro**
- Microfossiles



Outils Robotiques & Technologie

Outils de préhension, sondes
Actionneurs / Capteurs

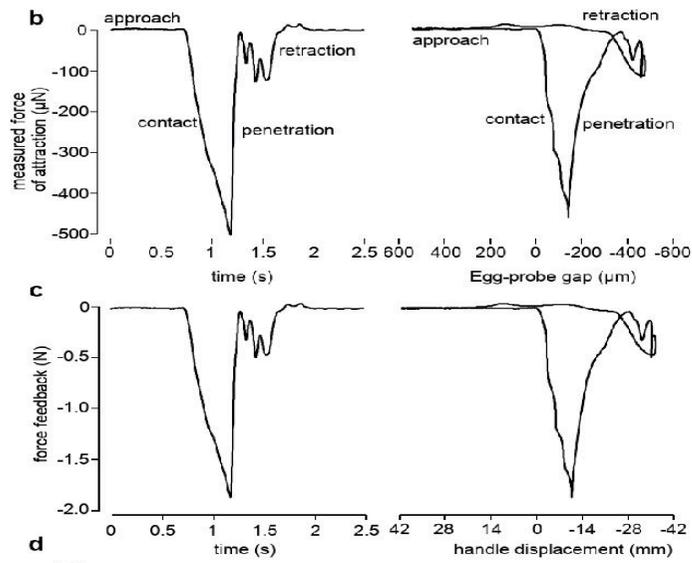


Interfaces Humaine - Machine

Observation & Interaction
Utilisabilité



Ousaid et al, PloS one 2014



L'injection des œufs de poisson-zèbre à retour d'effort

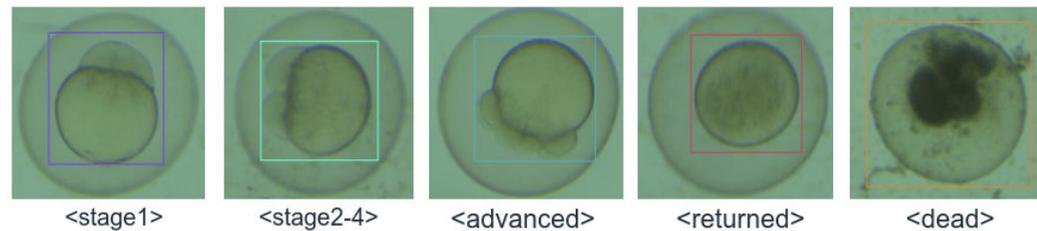
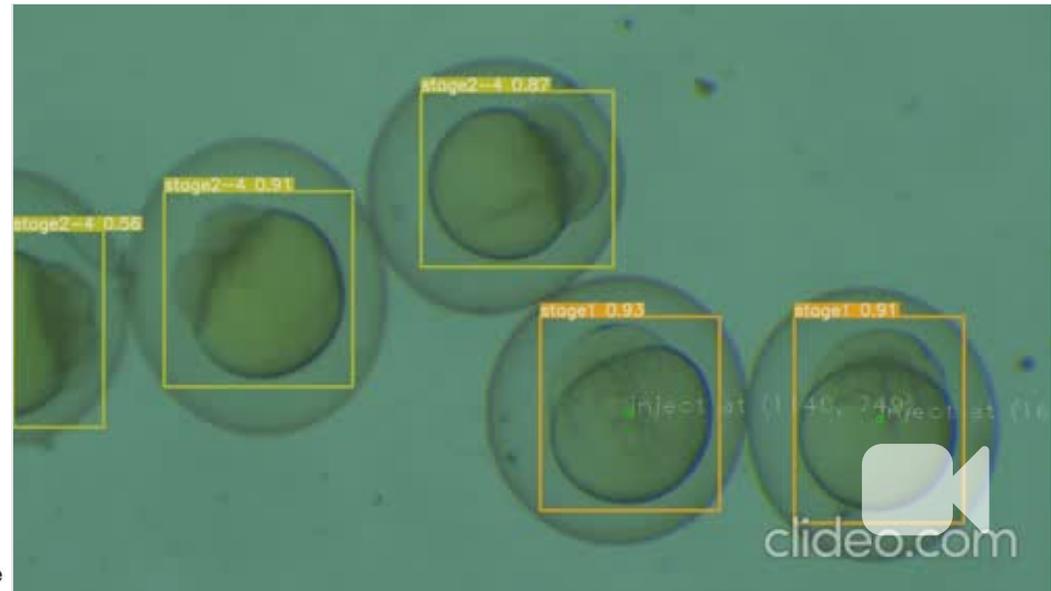
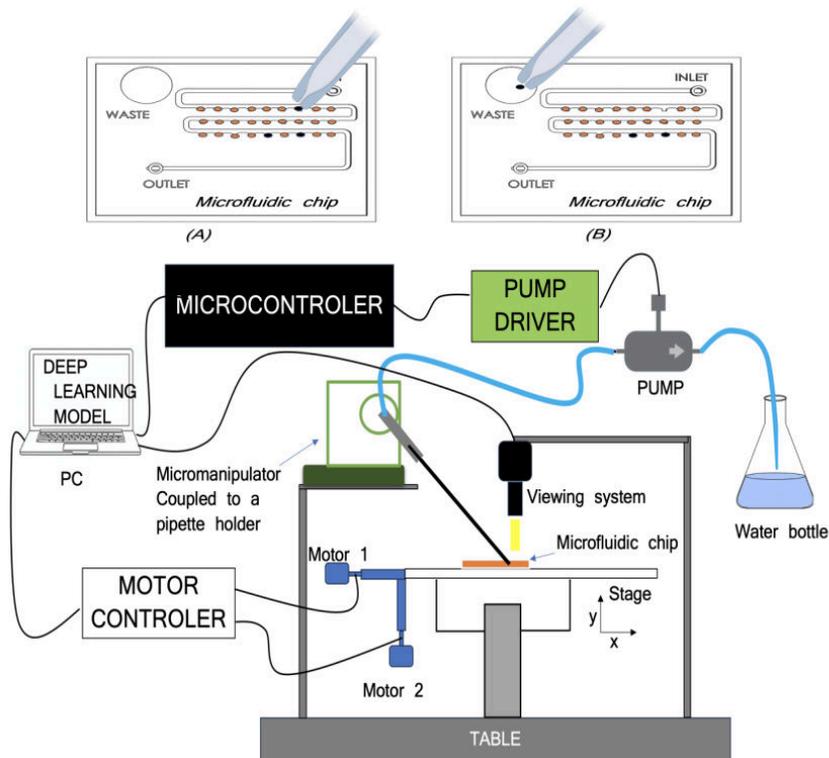
Ressenti direct de l'interaction



Le retour haptique facilite l'injection

Ousaid et al, IEEE Robotics and Automation Letters, 2019

Tri et traitement automatisé des œufs de poisson-zèbre



Manipulation in-vitro des objets biologiques

Manipulateurs Mécaniques et Pipettes

- Porte-outils pour pipettes et aiguilles
- Systèmes électromécaniques de précision
- Contact mécanique direct dans une chambre ouverte

Faiblesses des solutions actuelles :

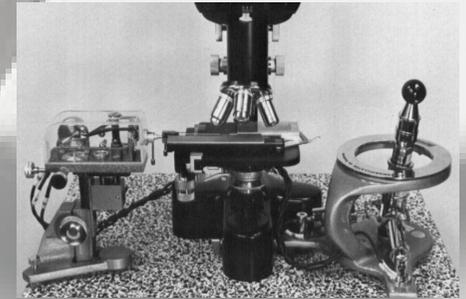
- Interfaces rudimentaires
- Savoir-faire technique: besoin de dextérité et d'expertise
- Formation longue des techniciens
- Pas ou peu d'assistance à l'opérateur

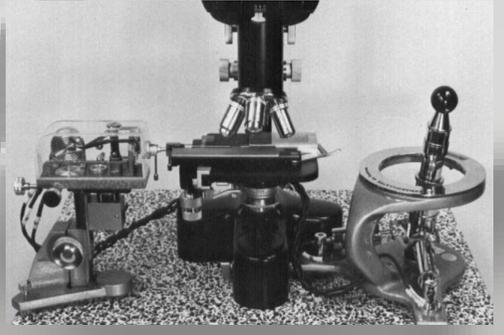
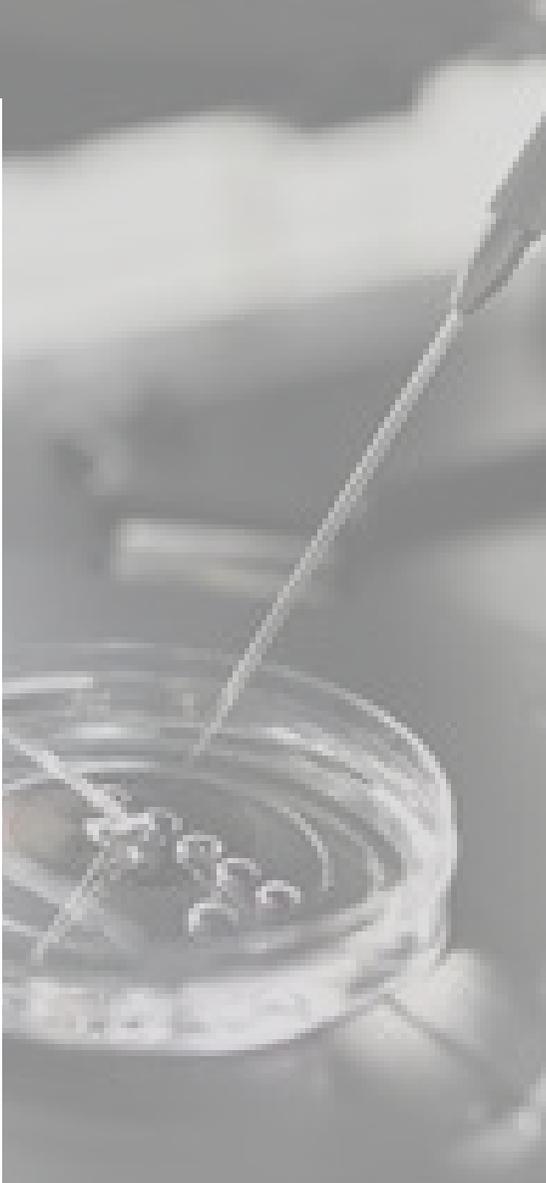
Évolution faible depuis ~40 ans

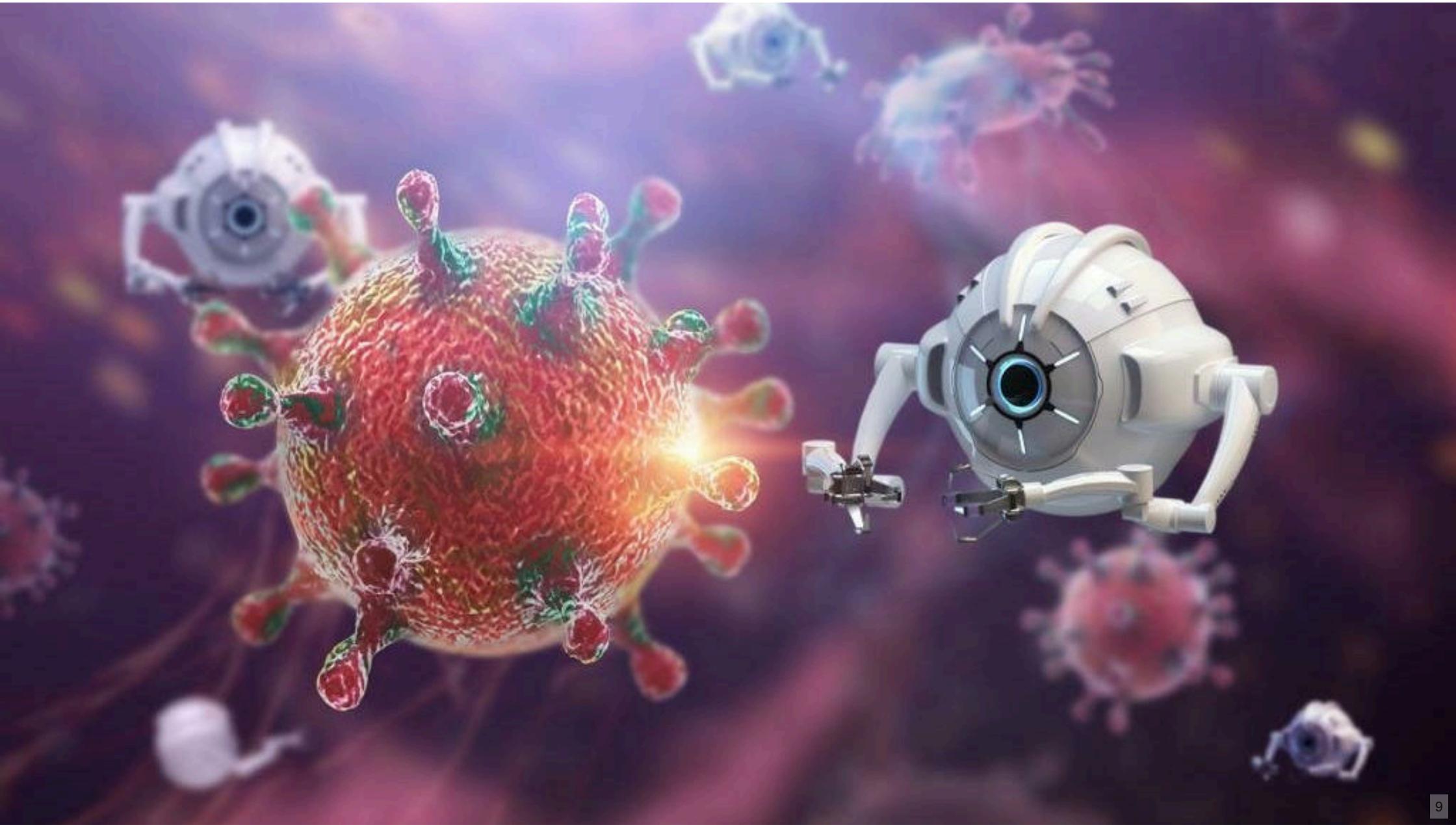
Apprentissage manuel coûteux

Techniques peu adaptées aux nouveaux besoins

(Recherche clinique, génération de base de données, traçabilité...)







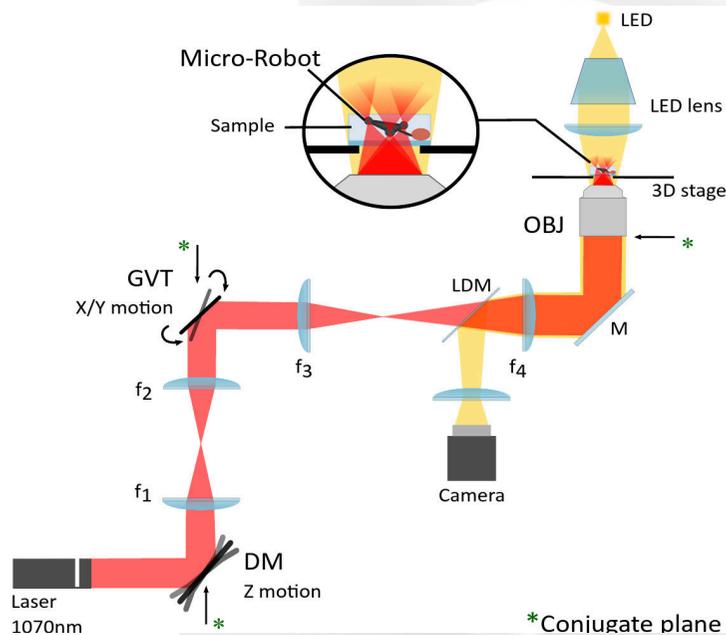
Indirect Manipulation of Biological Samples

Teleoperated Optical Robot for cell transportation



Microrobots Optiques

Une nouvelle façon de manipuler des échantillons biologiques



SORBONNE UNIVERSITÉ
CRÉATEURS DE FUTURS DEPUIS 1257

ISIR CNRS

Remote Dexterous Cell Handling Through a Robotic Optical-micromanipulation Platform

Edison Gerena¹, Florent Legendre¹, Akshay Molawade², Youen Vitry³, Stéphane Régnier¹ and Sinan Haliyo¹

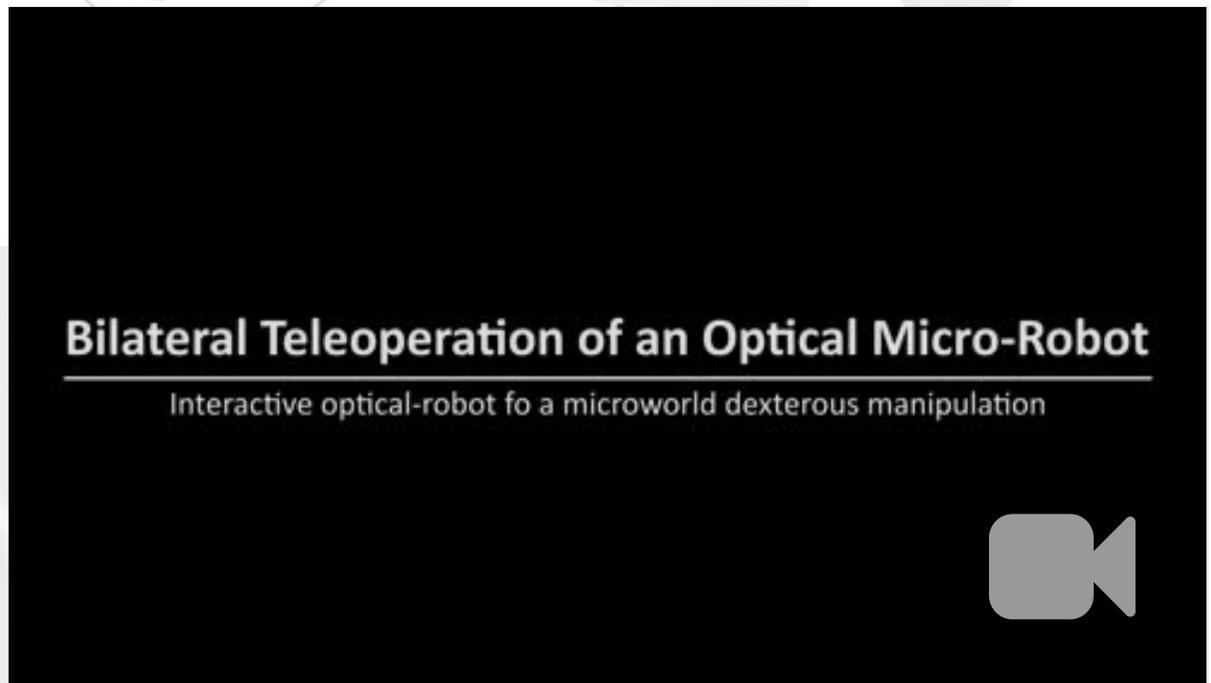
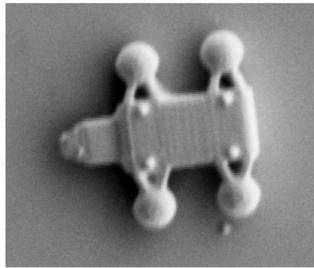
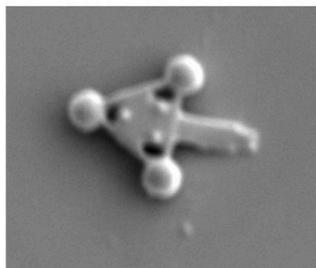
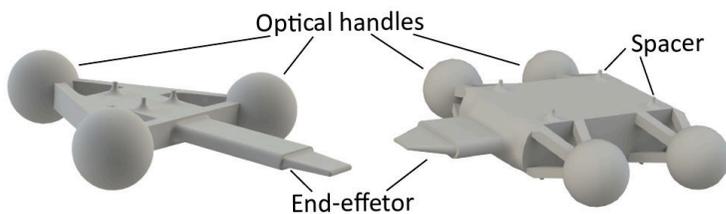
¹Sorbonne Université, CNRS, Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique
²Indian Institute of Technology Masdras, IIT-Masdras
³Université libre de Bruxelles, BEAMS dpt
correspondence: edison.gerena@isir.upmc.fr

Projet ANR *IOTA* (2016 – 2021) :: Interactive Optical Tweezers

Microrobots Optiques

Des microrobots produits par impression 3D (*nanoscribe*)

- Téléopérés en 6D en milieu liquide
- Capture d'efforts d'interaction
- Actionnement sans contact
- Outils terminaux variés

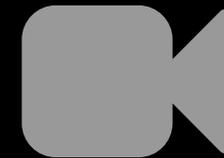


Gerena et al, IEEE Robotics and Automation Letters, 2019

Manipulation d'un globule rouge

Teleoperated 3D Rotation of Red Blood Cell

Position-position mode



Gerena et al, Micromachines 2019

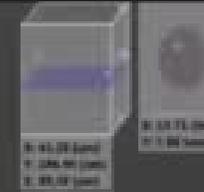
Translation Position mode

Camera 200

Rotation Position mode

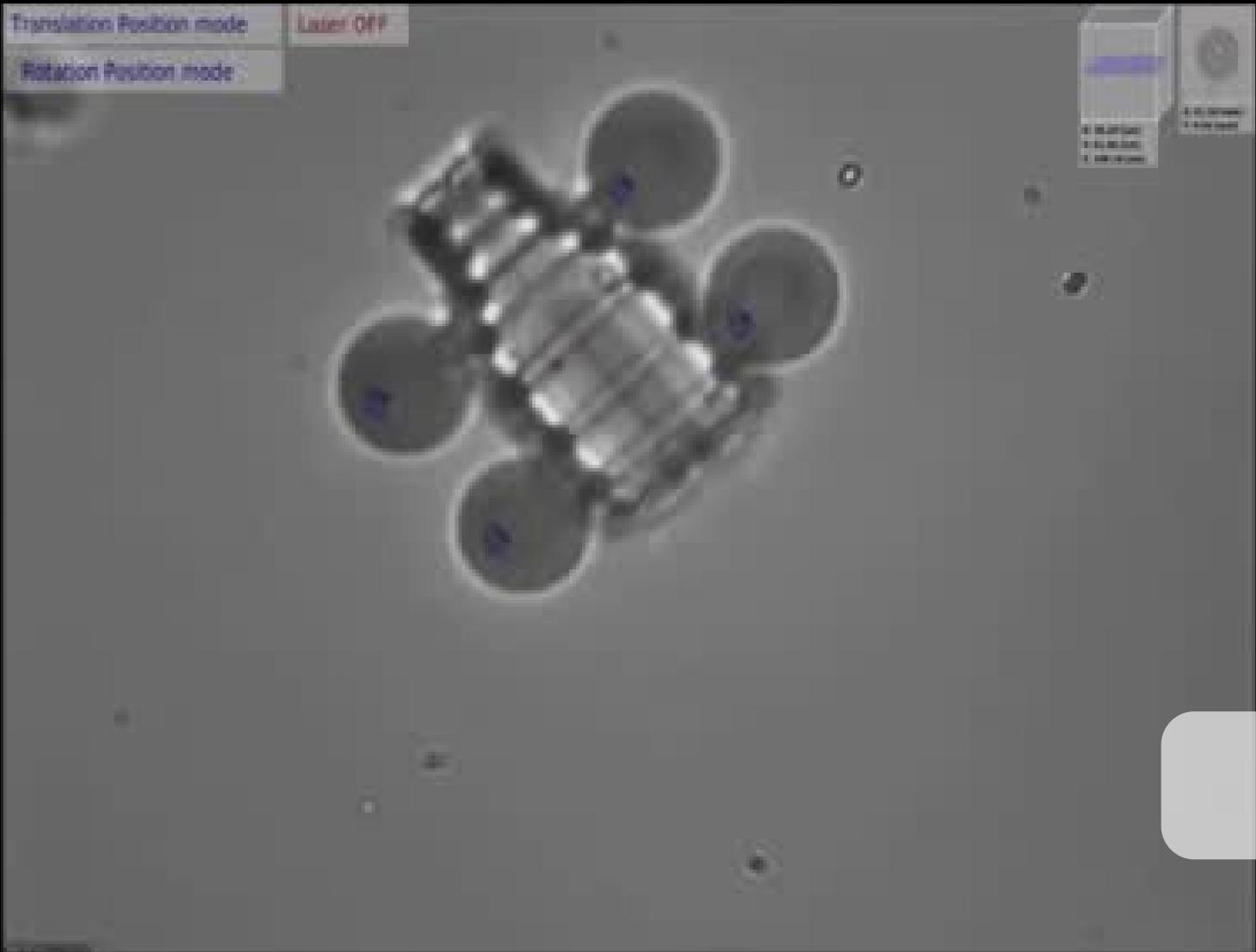
Robot-pince articulée

x2

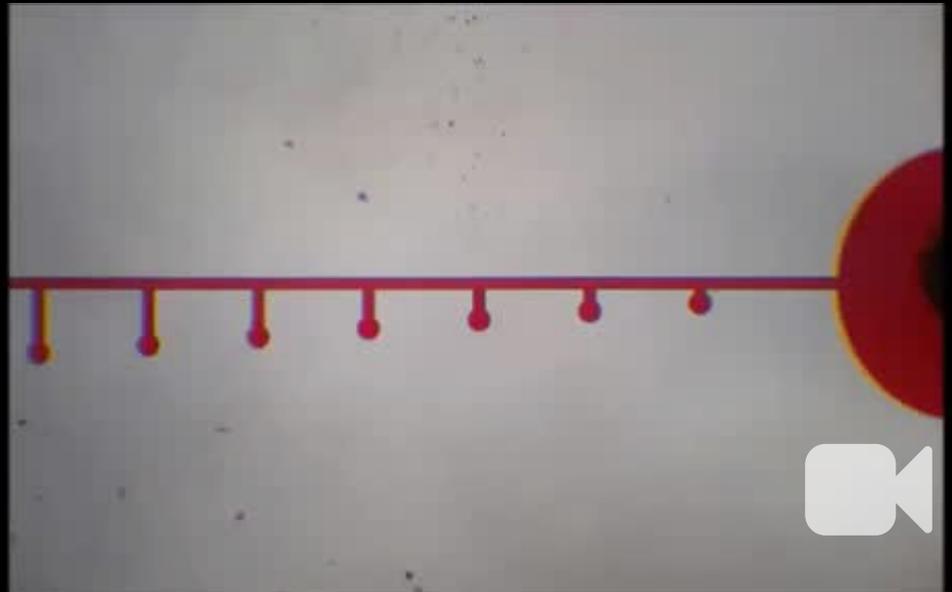


1. Orient each component correctly:
Out-of-plane rotation







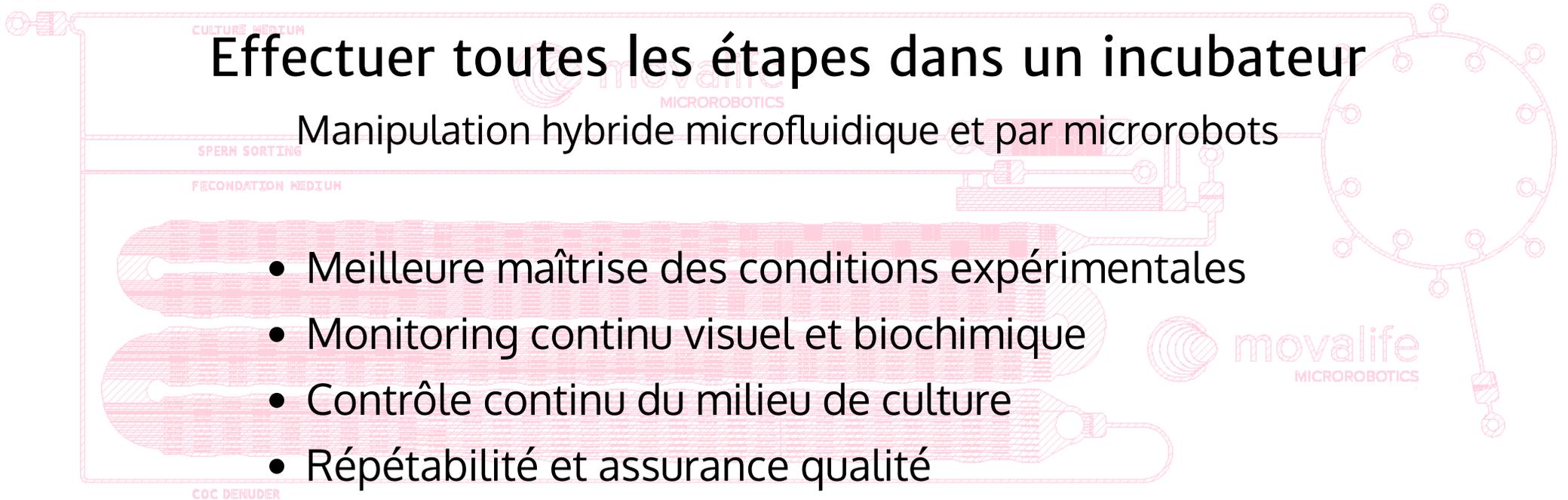


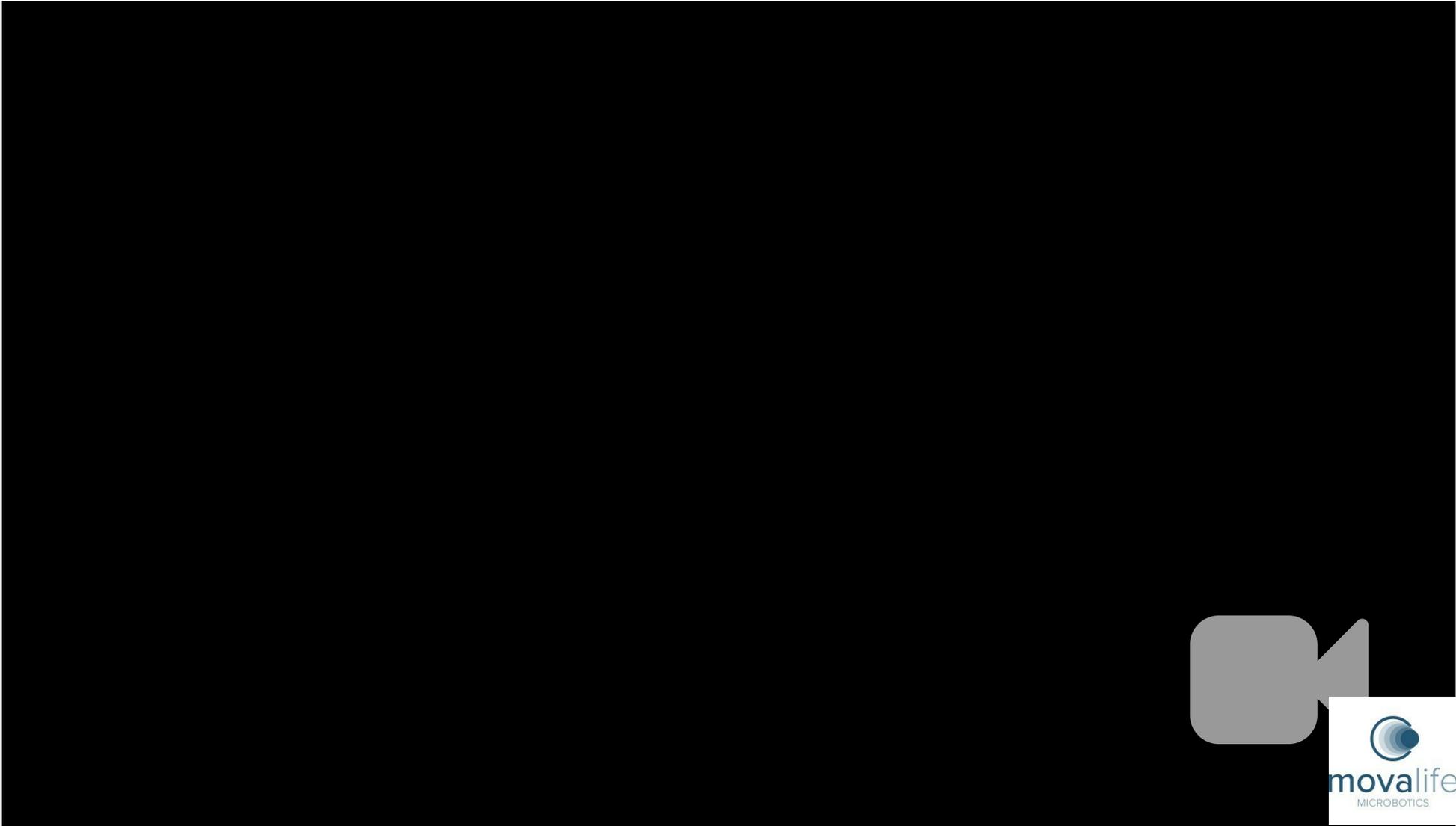
Évolution de la FIV

Effectuer toutes les étapes dans un incubateur

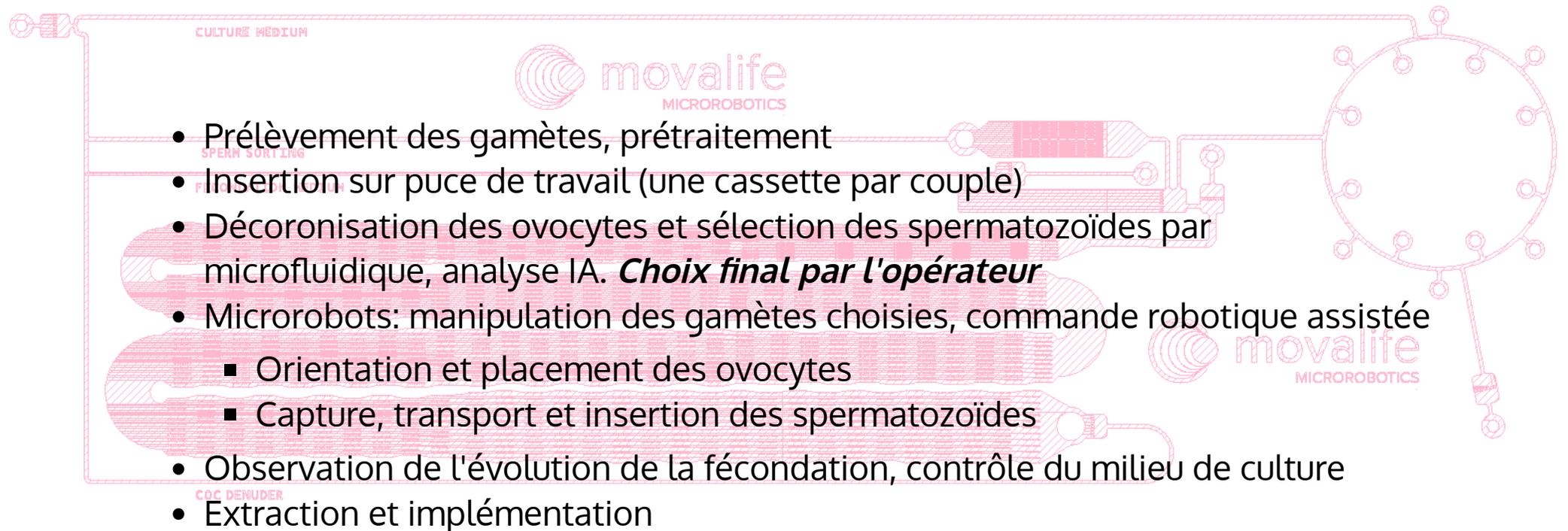
Manipulation hybride microfluidique et par microrobots

- Meilleure maîtrise des conditions expérimentales
- Monitoring continu visuel et biochimique
- Contrôle continu du milieu de culture
- Répétabilité et assurance qualité
- Assistance à la manipulation et analyse IA

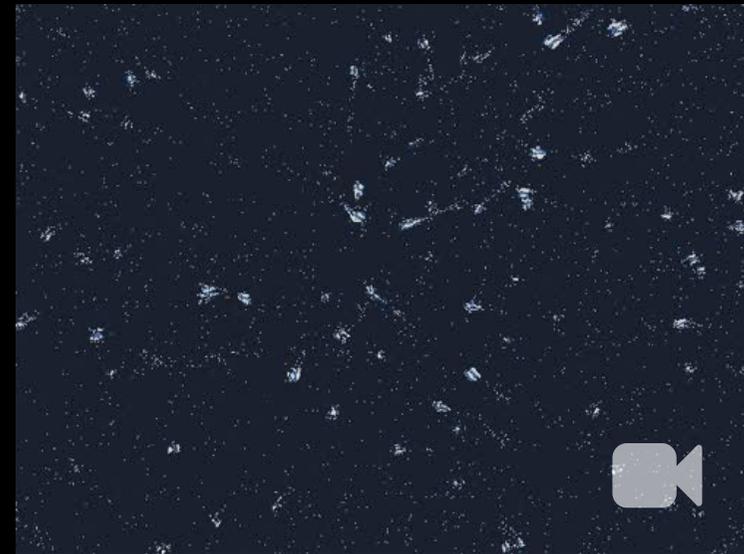
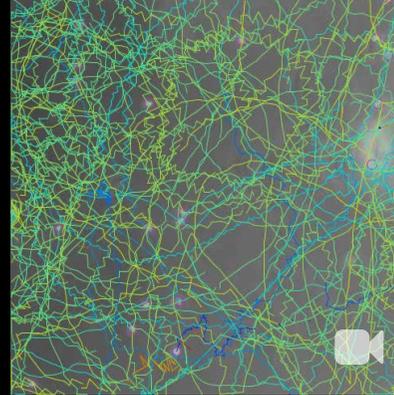
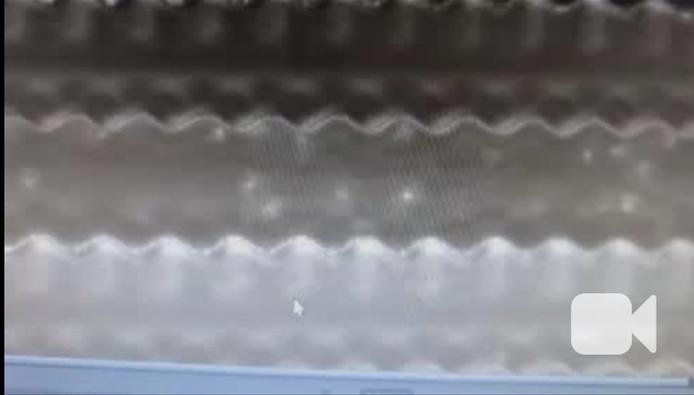




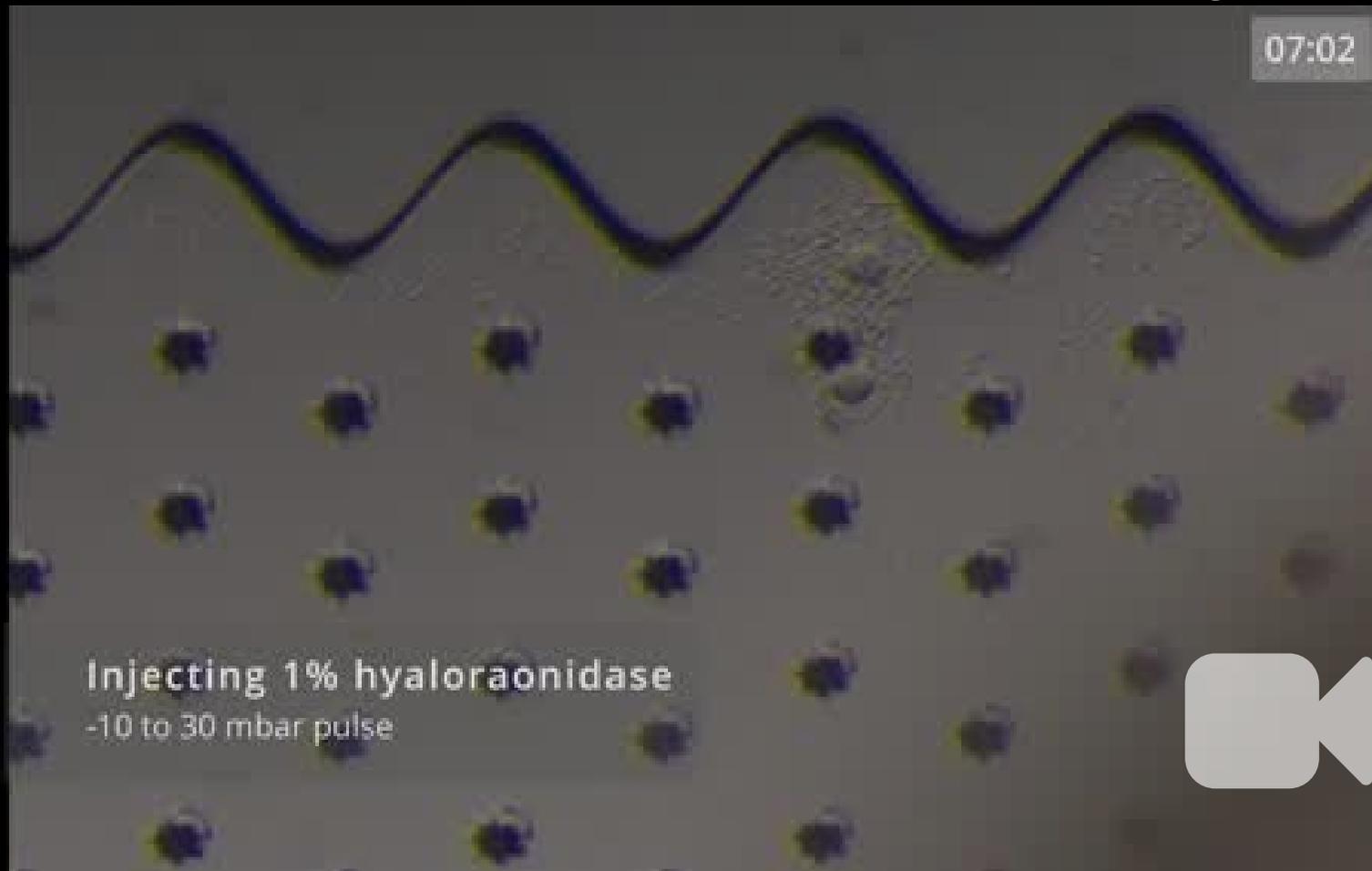
Évolution de la FIV



Sélection des spermatozoïdes

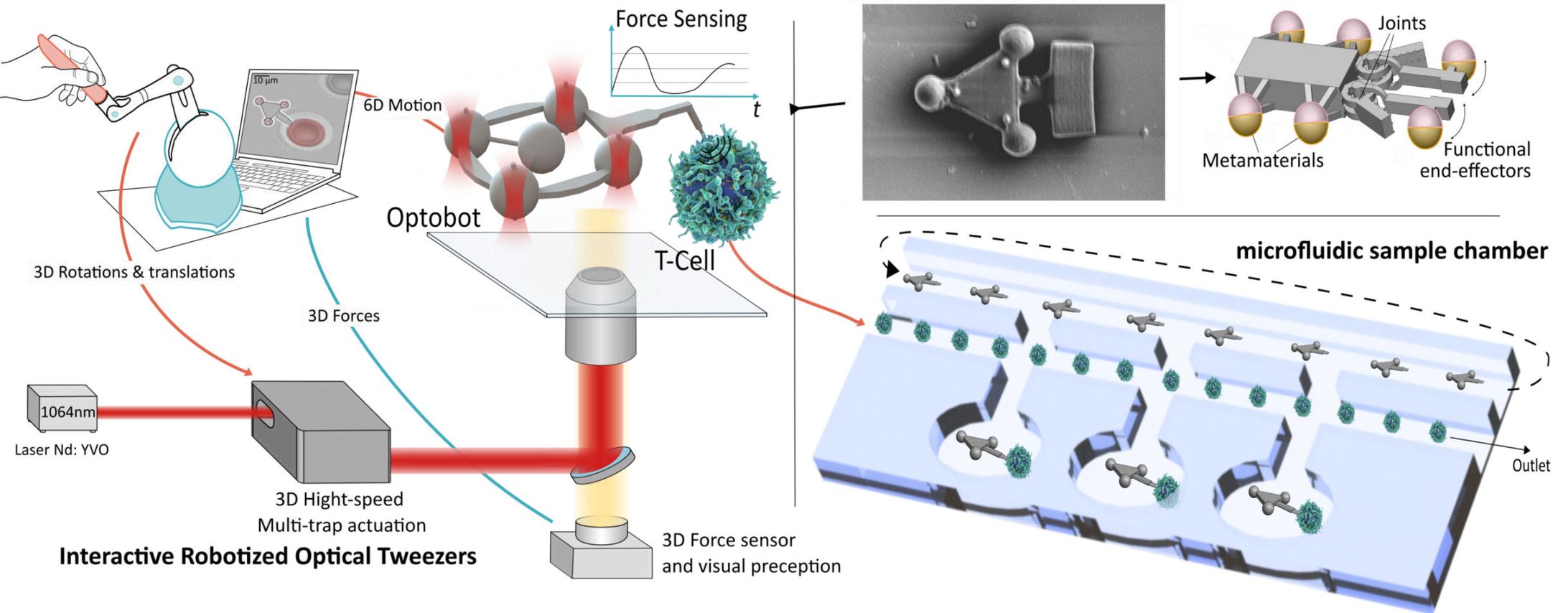


Décoronisation des ovocytes



Un nouvel instrument pour l'AMP

OptoBots: Laser-actuated microrobots for Experimental Biology



Un nouvel instrument pour l'IVF

Assistance robotique pour les biologistes

- Réduction de la durée de l'expertisation
- Réduction de la durée des interventions

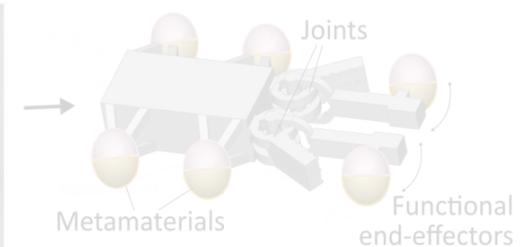
Outils modernes pour la recherche clinique

- Manipulation 6D *single-cell* dans le milieu de culture
- Réduire la pollution et la variabilité des conditions expérimentales
- **Génération des bases de données** → analyses par l'IA

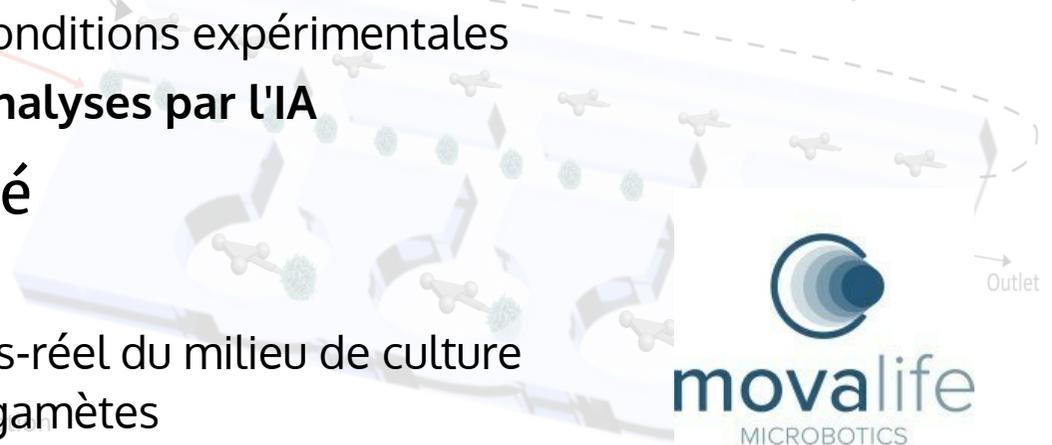
Artisanat → process standardisé

- Assurance qualité, traçabilité, fiabilité
- Contrôle et observation continu et temps-réel du milieu de culture
- Analyse et évaluation de la "qualité" des gamètes

microrobots with active tools & internal mobilities



microfluidic sample chamber



Équipe



Sinan HALIYO
Robotique, IHM



Rachel LEVY
Fertilité / biologie



Edison GERENA
Robotique



Charlotte DUPONT
Fertilité / Biologie

et aussi:
Pascale CHAVATTE-PALMER
Nathalie Sermondade, Alice Jouneau,
Bernadette Banrezes

