



NOUVELLES PÉDAGOGIES ET NOUVEAUX THÈMES POUR L'ENSEIGNEMENT DE LA ROBOTIQUE  
D'AUJOURD'HUI ET DE DEMAIN"

# ENSEIGNEMENT DE LA ROBOTIQUE AUX ARTS ET MÉTIERS DE LILLE

---

*Adel OLABI*

*adel.olabi@ensam.eu*

**30/06/2023**

# Sommaire

- **Introduction et contexte**
  - **Présentation**
  - **Arts et Métiers Science et Technologies**
  - **Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Physiques et Numériques (LISPEN)**
  - **Le Programme Grande École, PGE, aux Arts et Métiers**
  - **Plateforme Usine Agile**
- **Contenu pédagogique :**
  - **Projets d'assemblage**
  - **Calibration avancée**
  - **Recalage 3D**
- **Jumeau numérique pour la pédagogie : présentation du projet JENII « Jumeaux d'Enseignement Numériques, Immersifs et Interactifs »**

# Présentation



- Introduction et contexte
- Contenu pédagogique
- Jumeau numérique

- ▶ **Maître de conférences** aux Arts et Métiers campus de LILLE depuis 2013, laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Physiques et Numériques (LISPEN)
  - Enseignement: robotique et conception mécanique
  - Recherche: précision des cellules robotiques, jumeaux numériques, control/commande des bras robotiques.
- ▶ **Responsable master KIMP**, « KNOWLEDGE INTEGRATION IN MECHANICAL PRODUCTION », parcours – “ADVANCED PRODUCTION SYSTEMS”, depuis 2014
- ▶ **Ingénieur R&D en Robotique**, société GEOMNIA à Lille: machines automatisées de mesure et contrôle 3D sans contact, *logiciels et dispositifs de calibration des cellules robotisées* (2012-2013)
- ▶ **Doctorat en Robotique** (Novembre 2011), « *Amélioration de la précision des robots industriels pour des applications d'usinage à grande vitesse* », Arts Et Métiers de Lille



# ARTS ET MÉTIERS (ENSAM)

## UNE ÉCOLE UNIQUE COMPORTANT 8 CAMPUS ET 3 INSTITUTS

- Introduction et contexte
- Contenu pédagogique
- Jumeau numérique



# LISPEN: LABORATOIRE D'INGÉNIERIE DES SYSTÈMES PHYSIQUES ET NUMÉRIQUES

- Introduction et contexte
- Contenu pédagogique
- Jumeau numérique

~ 100 membres

Directeur: Richard BEARÉE

## Site Lille

Robotics/Cobotics – A.I.  
operational efficiency



<https://lispén.ensam.eu>



## Site Cluny – Institut Image

Methods and tools for virtual/augmented reality



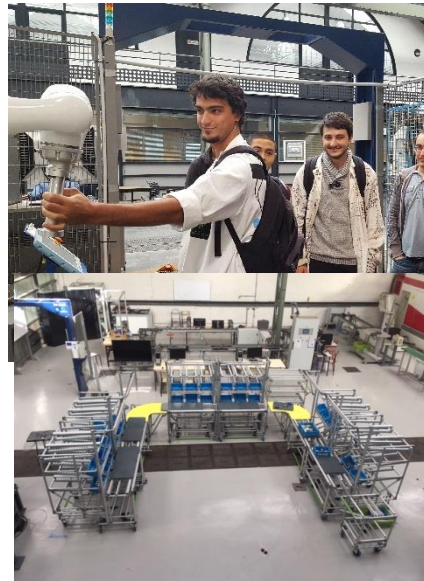
## Site Aix-en-Provence

System engineering & digital model



# LISPEN Lille: PLATEFORME USINE AGILE

- Introduction et contexte
- Contenu pédagogique
- Jumeau numérique



Industrie

Pédagogie

Recherche



### ▶ 1<sup>ère</sup> année:

#### ❑ **Génie Industriel et Mécanique, GIM 1**

Mécanique des solides, Concevoir/réaliser produit, matériaux, organiser entreprise, projet, LV (Niveau intermédiaire)

#### ❑ **Génie Industriel et Energétique, GIE 1**

EEA, Energétique, Math/Info, Concevoir/réaliser Système, , organiser Homme, projet, LV (Niveau intermédiaire)

### ▶ 2<sup>ème</sup> année:

#### ❑ **Génie Industriel et Mécanique, GIM 2** (niveau avancé)

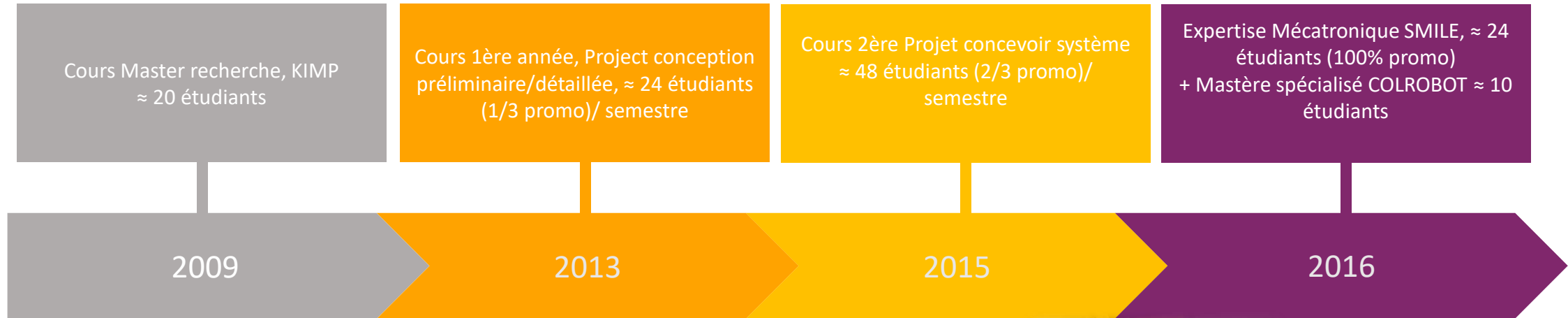
#### ❑ **Génie Industriel et Energétique, GIE 2** (niveau avancé)

### ▶ 3<sup>ème</sup> année expertise /master:

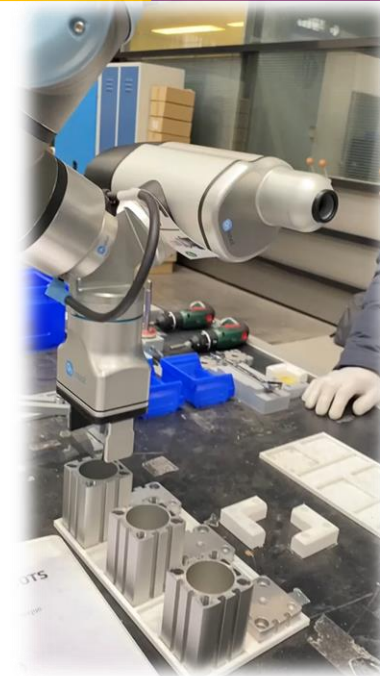
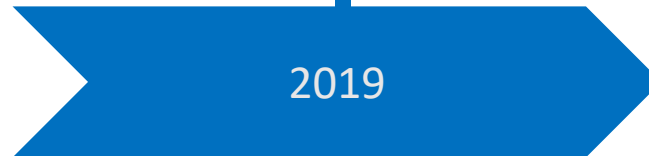
#### **Exemple**

- ❑ **Lille: expertise Mécatronique SMILE et master recherche KIMP APS.**

- Introduction et contexte
- Contenu pédagogique
- Jumeau numérique



Efficacité opérationnelle et collaboration homme-robot ≈ 48 étudiants



# Contenue pédagogique:

## EXEMPLE: ASSEMBLAGE ROBOTISÉ

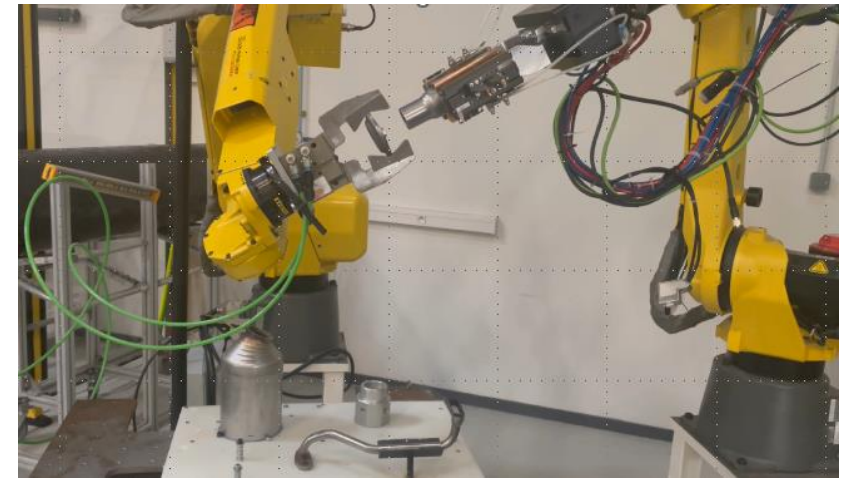
- Introduction et contexte
- Contenue pédagogique
- Jumeau numérique

**Assemblage des pièces de grandes dimensions pour l' aéronautiques**



**Thèse « CIFRE » Sebastian RENDON, 2017-2020**

**Cellule d'assemblage multi-robots pour l'automobile**



**Thèse « CIFRE » Floriane MAZZONI, 2020-2023**

# Contenue pédagogique:

## 2ÈME ANNÉE: PROJET SYSTÈME ROBOTIQUE (50H,TD, TP)

- Introduction et contexte
- Contenue pédagogique
- Jumeau numérique

### Modélisation, calibration et commande d'une cellule multi-robots

- ✓ Créer un repère à partir de trois points (origine et deux directions orthogonales)  $\equiv$  Matrice de transformation homogène
- ✓ Simulation numérique,
- ✓ Vision: laser, 2D, 3D

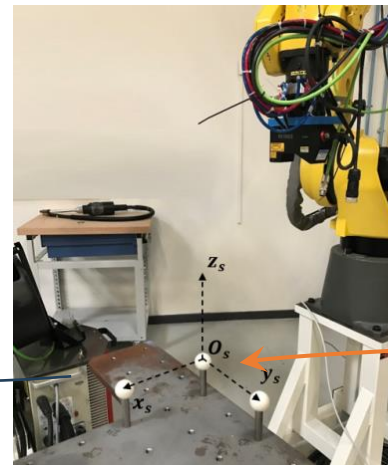
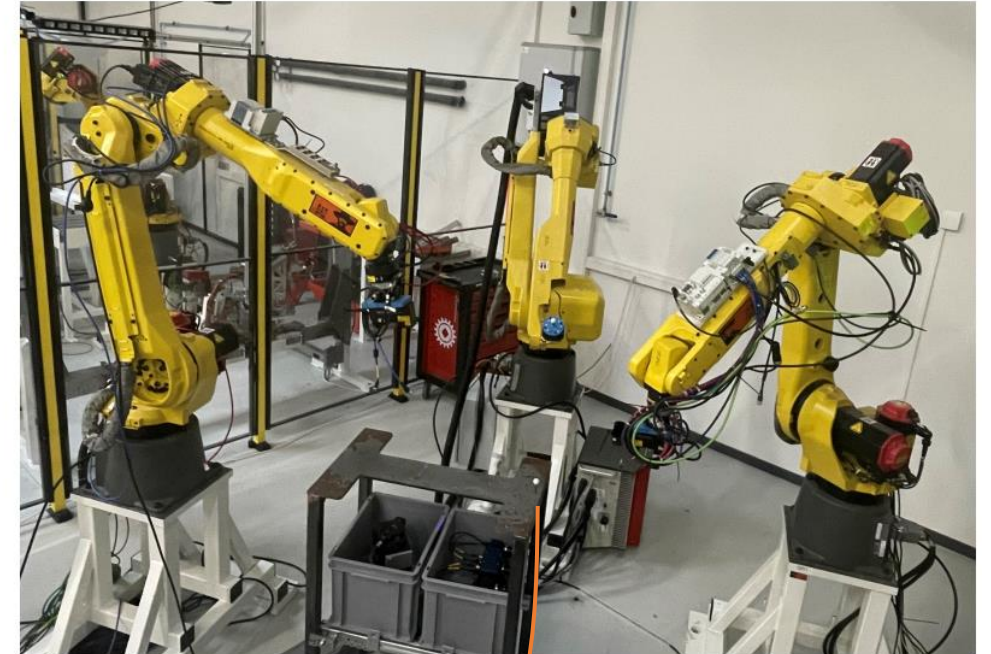
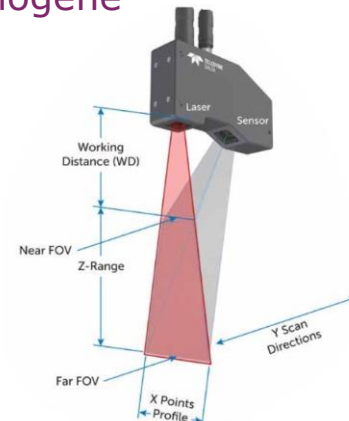
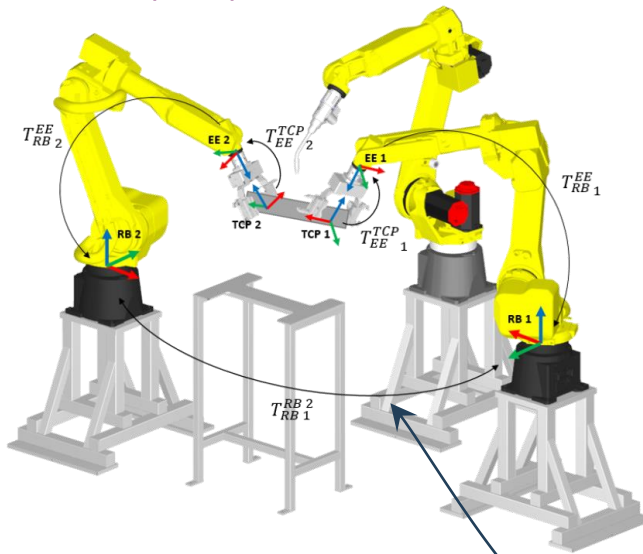


Figure 5 Multirobot cell representation

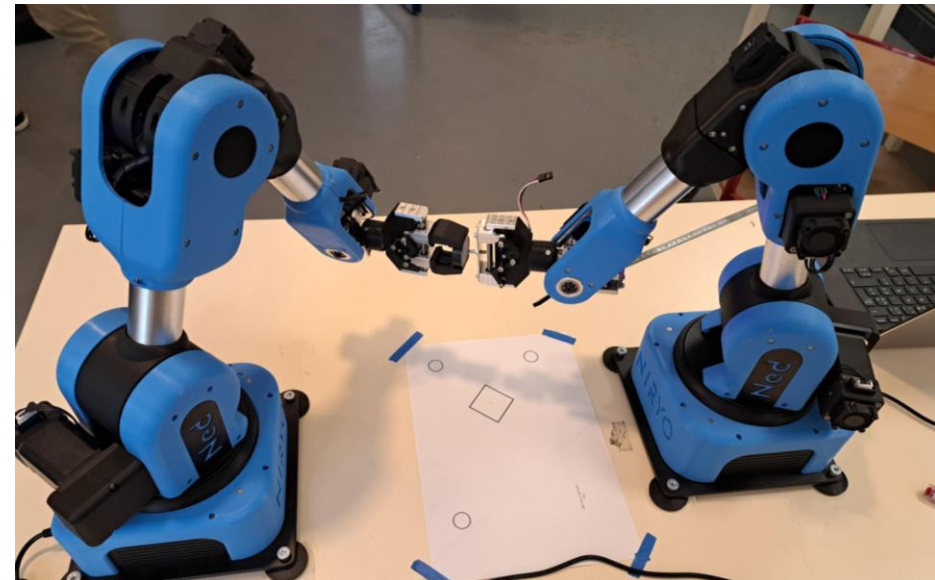
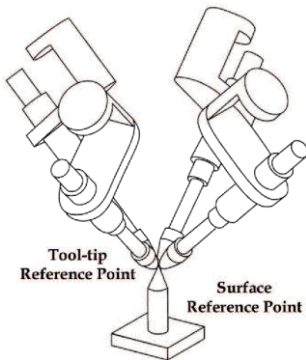
# Contenue pédagogique:

## 2<sup>ÈME</sup> ANNÉE: PROJET SYSTÈME ROBOTIQUE (50H,TD, TP)

- Introduction et contexte
- Contenue pédagogique
- Jumeau numérique

### *Modélisation, calibration et commande d'une cellule multi-robots*

- ✓ Identification TCP (tool center point)
- ✓ Créer un repère à partir de trois point (origine et deux directions orthogonales)
- ✓ Commande d'une cellule multi-robots

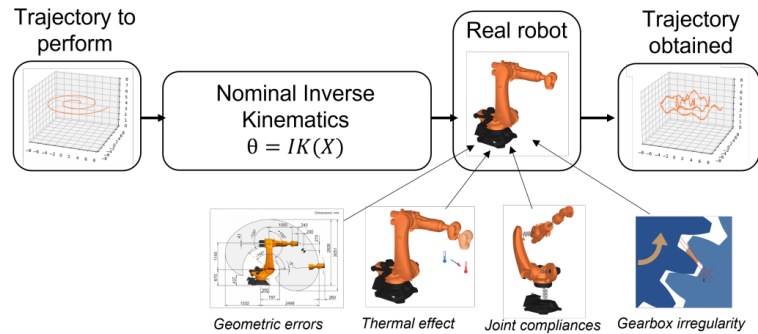


# Contenue pédagogique:

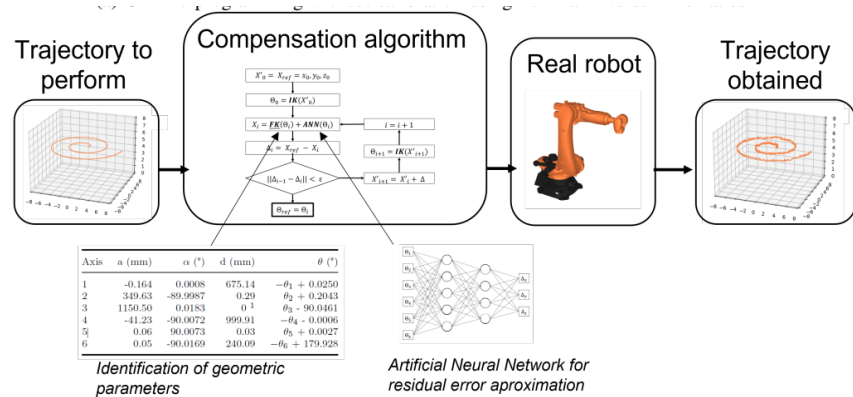
## EXEMPLE: CALIBRATION DES BRAS ROBOTIQUES

- Introduction et contexte
- Contenue pédagogique
- Jumeau numérique

### - Calibration "Classique", Cours 3ème année + Mastère spécialisé COLROBOT



### - Calibration "Hybride", Projet 3ème année



#### 1. Geometric calibration

First, geometric calibration allows identification of nominal geometric parameters

Measurements

Joint	a (mm)	$\alpha$ (°)	r (mm)	$\theta$ (°)
1	0	0	675	$-\theta_1$
2	350	-90	0	$\theta_2$
3	1150	0	0	$\theta_3 + 90$
4	-41	-90	1000	$-\theta_4$
5	0	-90	0	$\theta_5$
6	0	-90	240	$-\theta_6 + 180$

Nominal geometric parameters

Joint	a (mm)	$\alpha$ (°)	r (mm)	$\theta$ (°)
1	-0.164	0.0008	675.14	$-\theta_1 + 0.0250$
2	349.63	-89.9987	0.29	$\theta_2 + 0.2043$
3	1150.50	0.0183	0.1	$\theta_3 - 90.0461$
4	-41.23	-90.0072	999.91	$-\theta_4 - 0.0006$
5	0.06	90.0073	0.03	$\theta_5 + 0.0027$
6	0.05	-90.0169	240.09	$-\theta_6 + 179.928$

Identified geometric parameters

Arts Sciences et Technologies et Métiers

Thèse Maxime SELINGUE, 2020-2023

# Contenue pédagogique:

## PROBLÉMATIQUE DE RECALAGE 3D

- Introduction et contexte
- Contenue pédagogique
- Jumeau numérique



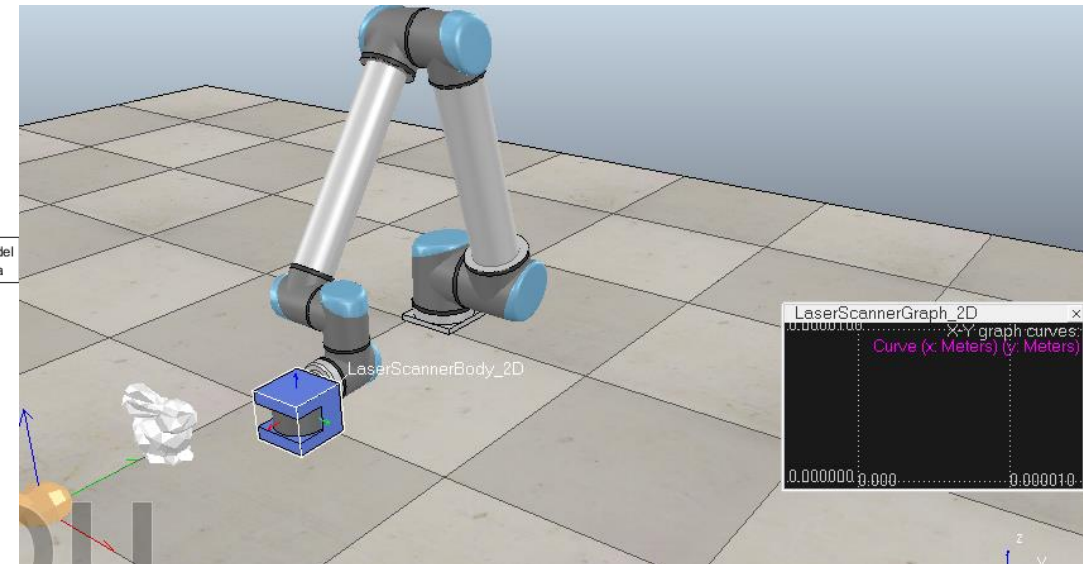
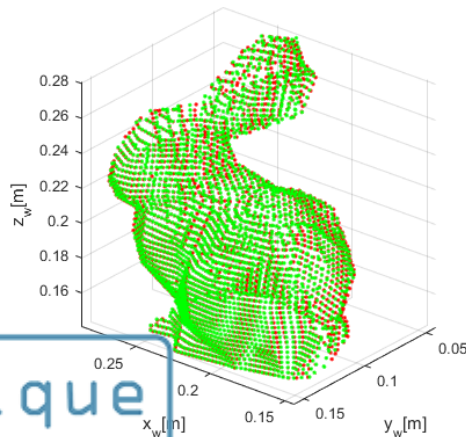
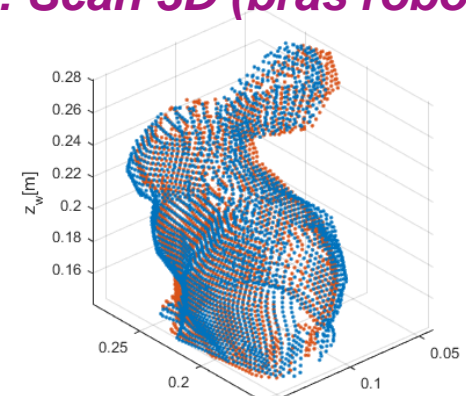
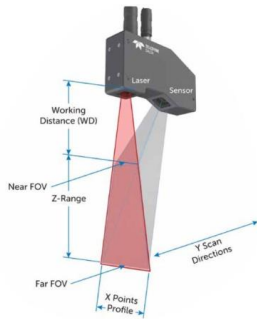
# Contenue pédagogique:

## 2<sup>ÈME</sup> ANNÉE: PROJET SYSTÈME ROBOTIQUE (50H,TD, TP)

- Introduction et contexte
- Contenue pédagogique
- Jumeau numérique

- ✓ Modélisation géométrique (directe, inverse)
- ✓ Simulation numérique,
- ✓ Vision: laser, 2D, 3D

### Exemple1: Scan 3D (bras robotique + capteur laser 2D) + Recalage 3D



# Contenue pédagogique:

## 1ERE ANNÉE PROJET CONCEPTION (30 HEURES, GROUPE)

- Introduction et contexte
- Contenue pédagogique
- Jumeau numérique

- ✓ Conception mécanique,
- ✓ Conception cellule robotique,
- ✓ Simulation numérique: Choix de robot, d'effecteur et étude de faisabilité (génération de mouvement, atteignabilité, détection de collision, temps de cycle)

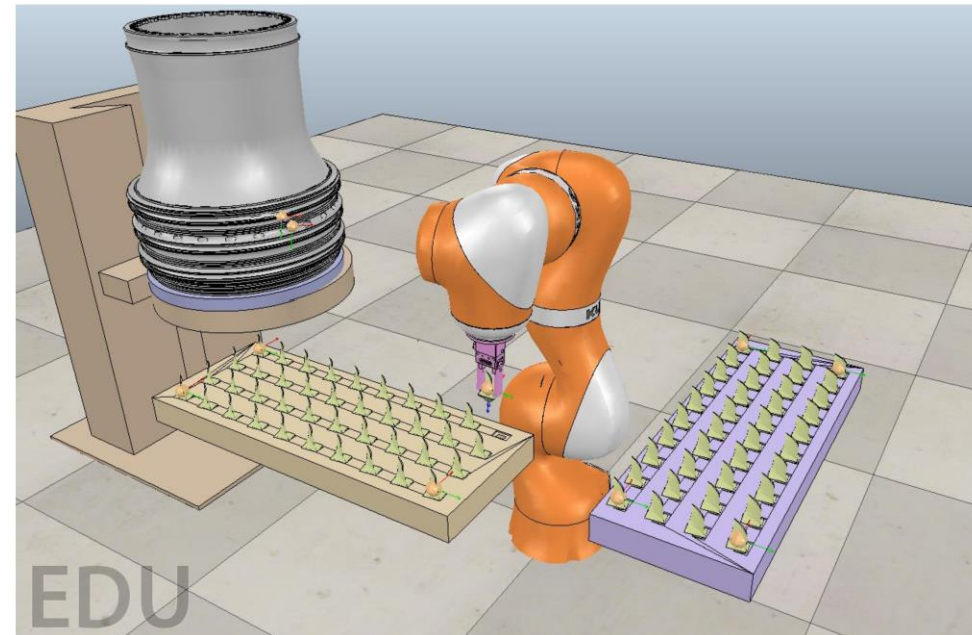
### Exemple1: Conception préliminaire d'insertion d'aubes en robotique collaborative

#### Cahier des charges



GDR  
robotique

#### Solution proposée



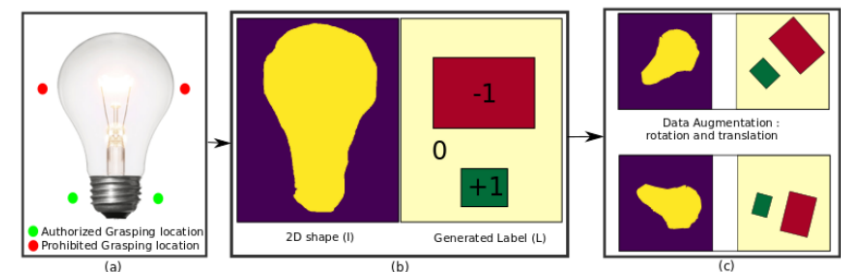
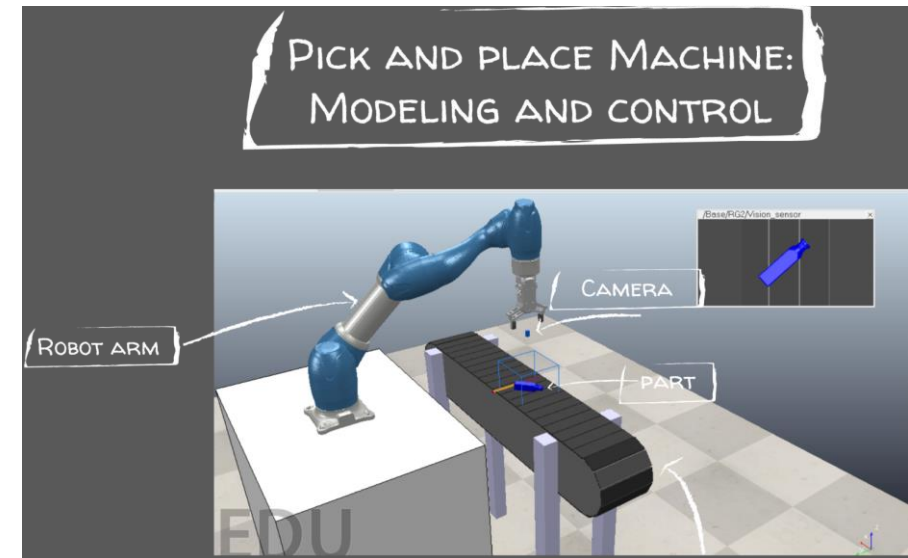
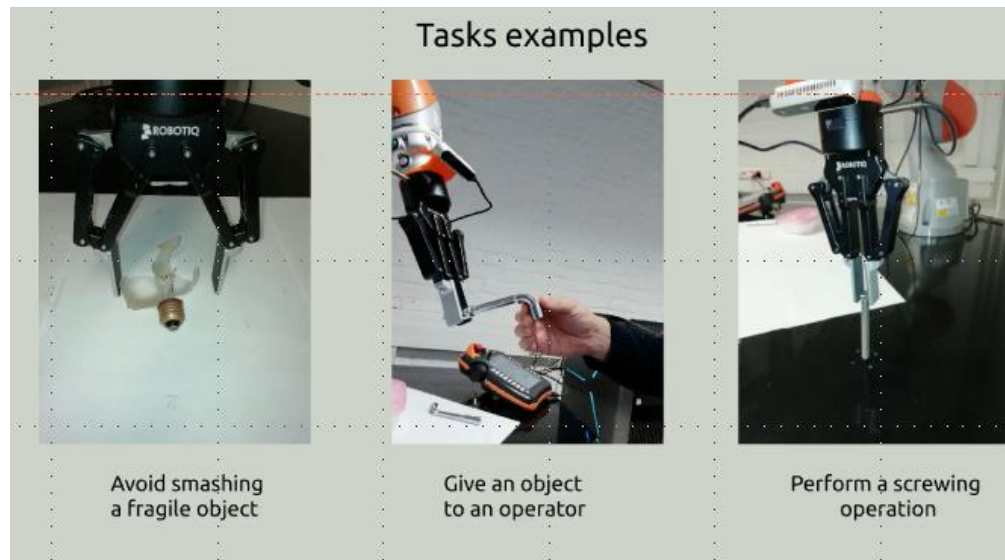
Nouveau sujet chaque année  
Robotique sans équation

# Contenue pédagogique:

## 3ÈME ANNÉE: EXPERTISE SMILE/MASTER RECHERCHE KIMP

- Introduction et contexte
- Contenue pédagogique
- Jumeau numérique

- ✓ Modélisation, simulation, programmation d'un système robotique
- ✓ Vision et IA
- ✓ Cours + projets



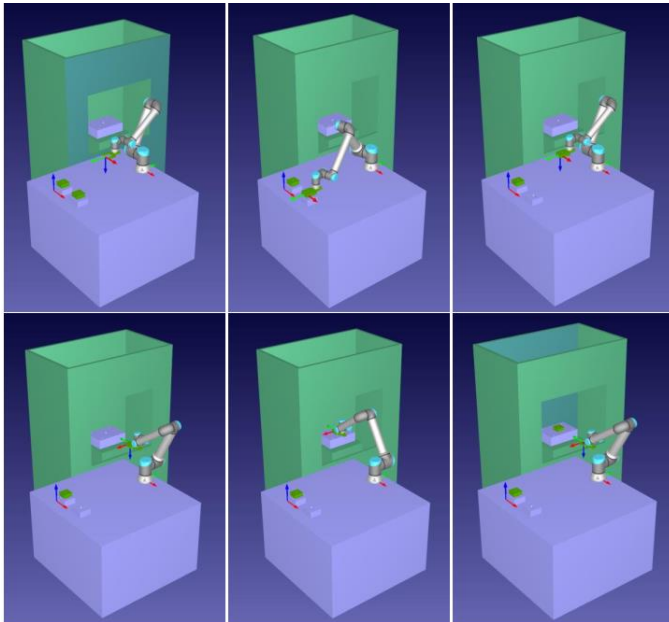
# Contenu pédagogique:

## 3<sup>ÈME</sup> ANNÉE EXPERTISE: PROJET SEMESTRE 9 (BINÔME)

- Introduction et contexte
- Contenu pédagogique
- Jumeau numérique

- ✓ Modélisation, simulation, programmation d'un système robotique
- ✓ Validation expérimentale

### *Robotisation du chargement/ déchargement d'un centre d'usinage*

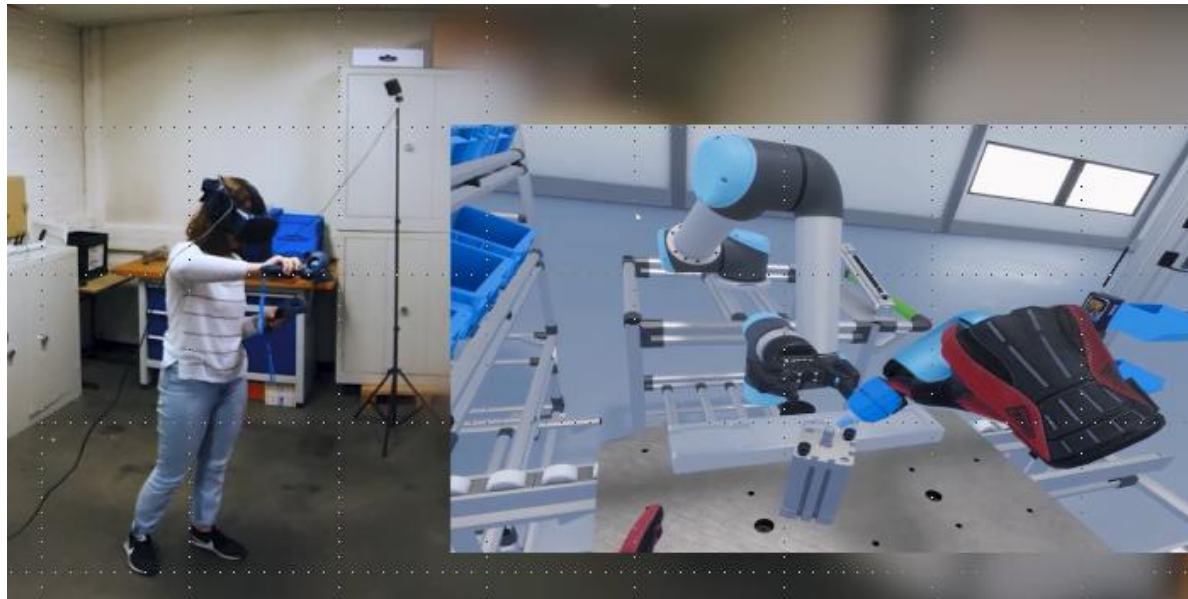


# Projet JENII « JUMEAUX D'ENSEIGNEMENT NUMÉRIQUES, IMMERSIFS ET INTERACTIFS »

## JUMEAU LISPEN : ASSEMBLAGE ROBOTISÉ

- Introduction et contexte
- Contenu pédagogique
- Jumeau numérique

Projet financé par l'ANR pour une durée de 3 ans qui vise le développement d'une offre de formations à distance via des environnements immersifs et collaboratifs bâtis autour de jumeaux numériques de systèmes industriels réels.



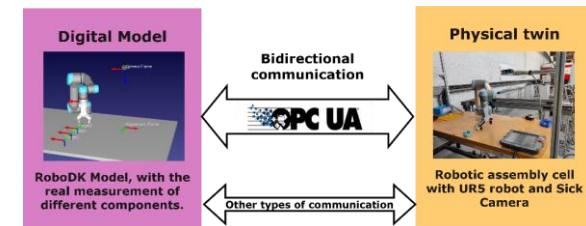
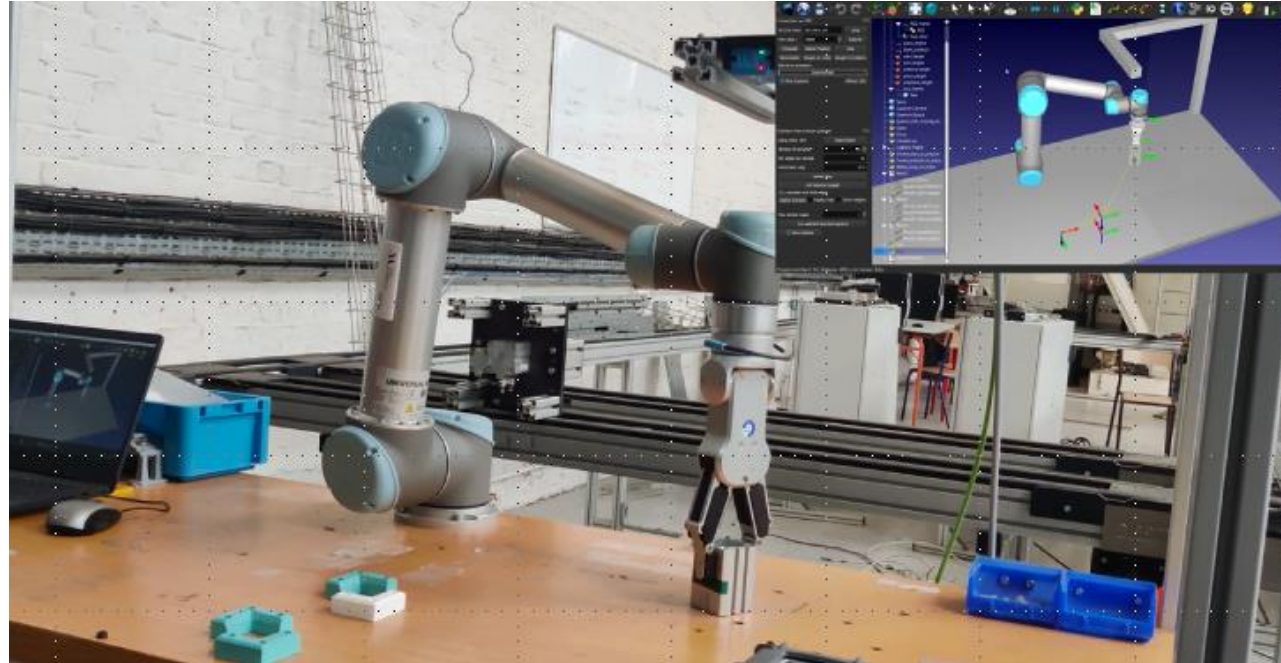
**Partenaires : Arts et Métiers (Coordinateur), CESI, CEA Tech, CNAM.**



# Projet JENII « JUMEAUX D'ENSEIGNEMENT NUMÉRIQUES, IMMERSIFS ET INTERACTIFS »

## JUMEAU LISPEN : ASSEMBLAGE ROBOTISÉ

- Introduction et contexte
- Contenu pédagogique
- Jumeau numérique



# Conclusions

- **Enseignement de la robotique industrielle basé sur les activités « de recherche et de transfert » de l'équipe LISPEN**
- **Passage de  $\approx$  200 étudiants (chaque année) par la plateforme Usine Agile**
- **Développement des Jumeaux numériques pour l'enseignement**

***Merci de votre attention***

***adel.olabi@ensam.eu***



**ARTSETMETIERS.FR**

