



list

robotique interactive appliquée à l'industrie

Yann PERROT

Service de Robotique Interactive de CEA list

webinaire Dihnamic

20 mars 2025



Robotique interactive appliquée à l'industrie



Sommaire

La recherche en robotique au CEA

Enjeux

Technologies

Usages

Quelques perspectives

La recherche en robotique au CEA



Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives



21,000 employés
5.8 Md€ budget
700 brevets par an



1^{er} européen



3^e global



Top 100 Global Innovators™ 2022



9x Winner

2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020

Le CEA s'engage, au travers de ses 4 directions, **au service de la souveraineté scientifique, technologique et industrielle de la France et de l'Europe pour un présent et un avenir mieux maîtrisés et plus sûrs.**



DEFENSE



RECHERCHE
FONDAMENTALE



ENERGIES BAS
CARBONE



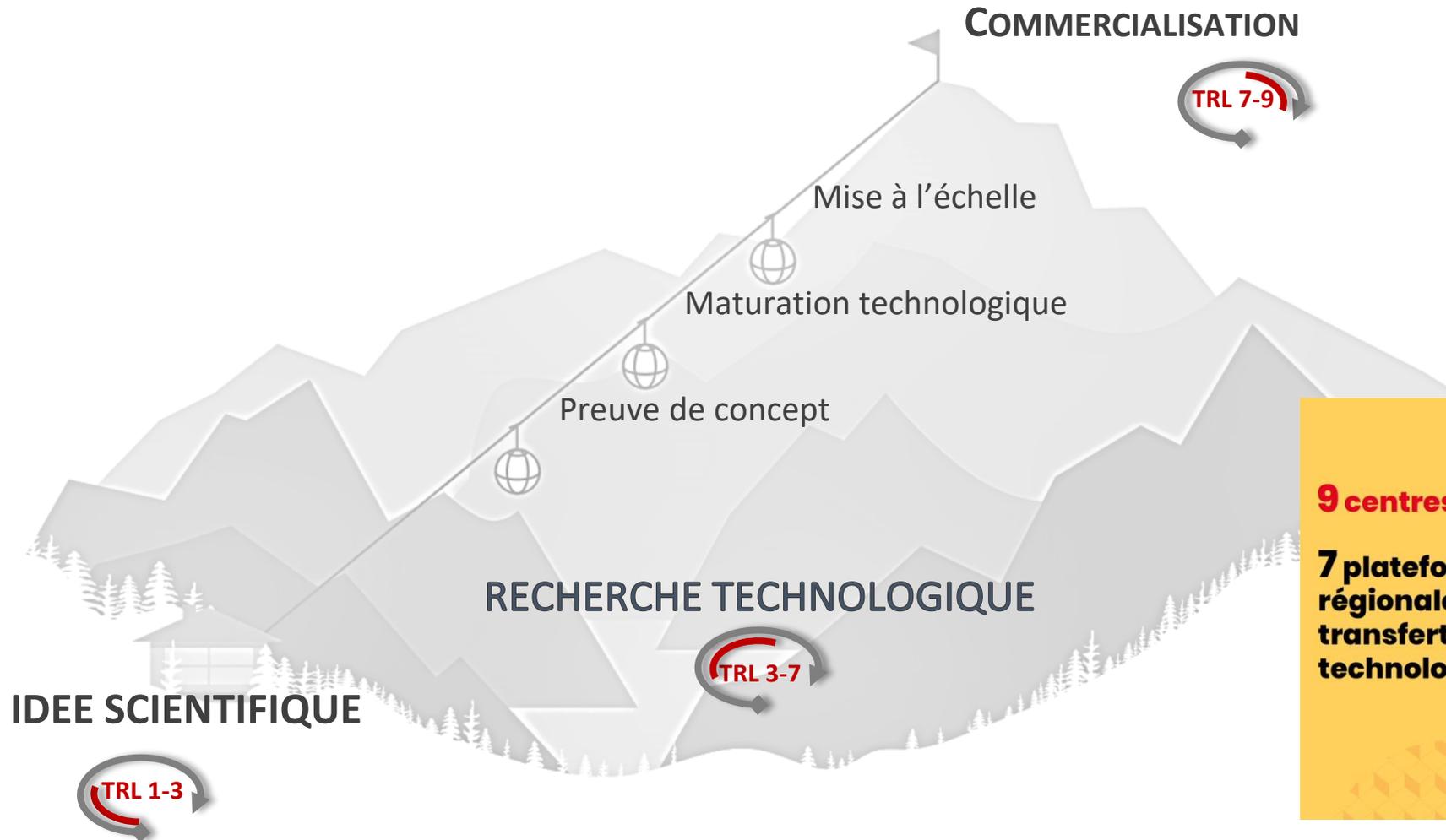
RECHERCHE
TECHNOLOGIQUE

MICROELECTRONIQUE

ECONOMIE DIGITALE

CEA Tech – Mission principale : transfert technologique vers l'industrie

Connecter directement le monde de la recherche académique à la recherche industrielle pour catalyser l'innovation et réduire le temps de mise sur le marché.

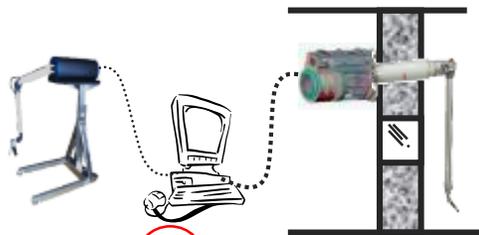


Recherche en robotique au CEA

Une activité historique : la télé manipulation pour les installations nucléaires



1960's 70's
Manipulateurs
mécaniques



1990's Télé opération
assistée par ordinateur
(TAO)



2000's transfert industriel



2010's
Cobotique



2020's IA pour la
robotique

Approche technologique

Robots contrôlés en effort

- Interaction avec les opérateurs humains et avec l'environnement

Recherche appliquée

Conception et prototypage de robots

- Besoins industriels
- Jusqu'au TRL7 (Test sur site)

Service de Robotique Interactive : Des technologies pour des applications industrielles

Equipe : 50 chercheurs :

31 Permanents

10 PhD

75 brevets actifs,

12 demandes / an

8 to 10 publications, 20 to 30 communications par an

35 % Contrats industriels
30 % projets européens

Partenariats:



1. Actionnement haute performance



2. Architectures robotiques innovantes



3. Commande



4. Commande supervisée Outils logiciels



Robots téléopérés



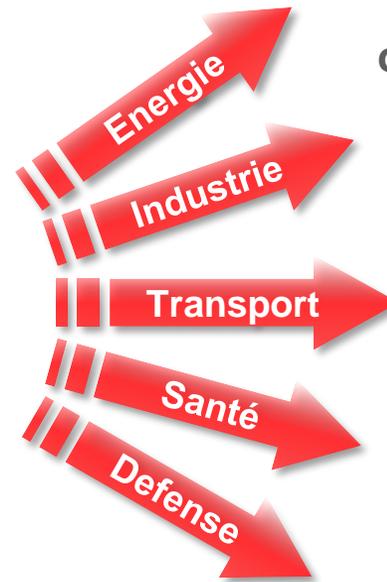
Cobotique d'assistance



Automatisation



Santé



Domaines applicatifs



Nucléaire



Manufacturing



Santé



Agro-industrie



Agriculture

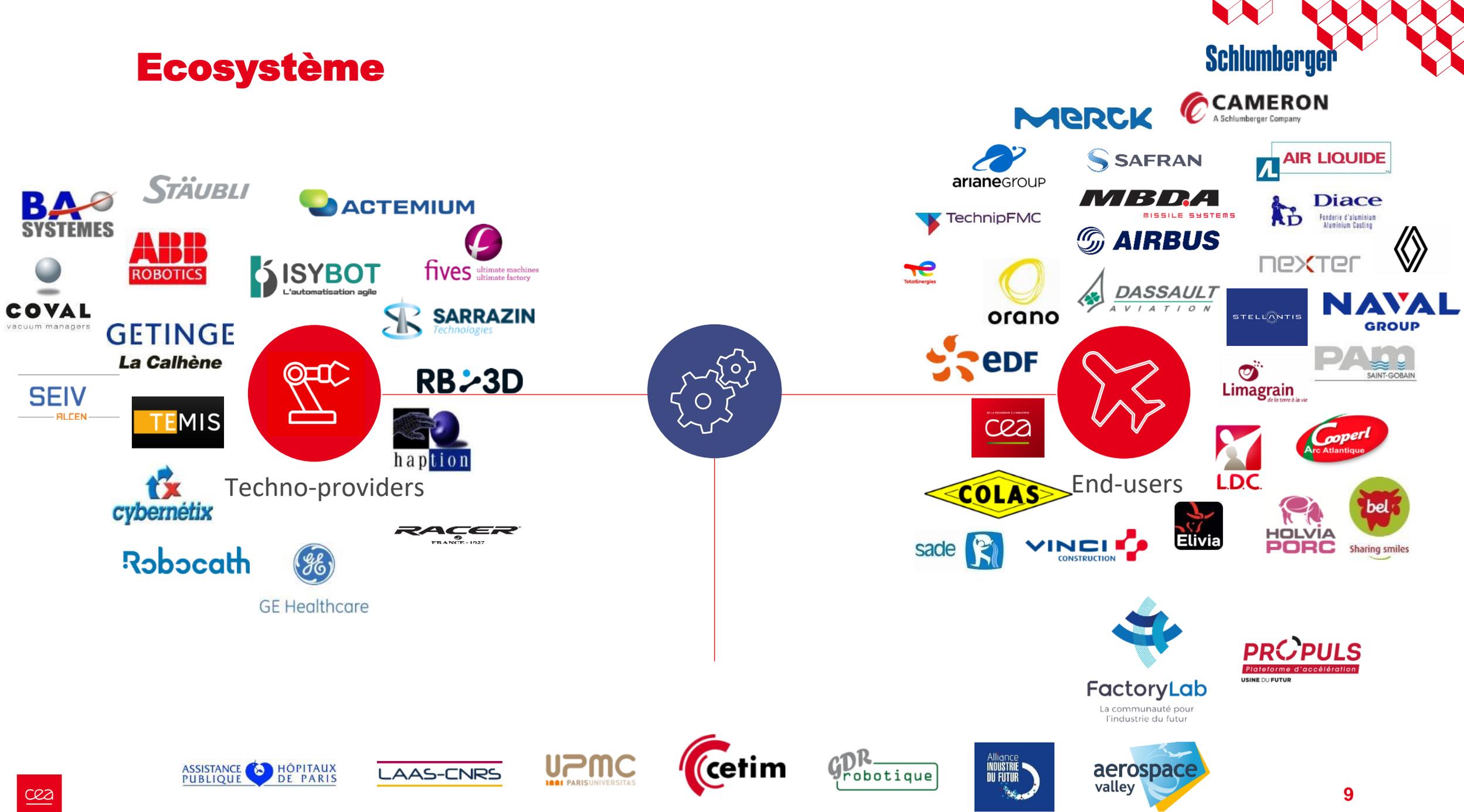


Défense



Mobilité

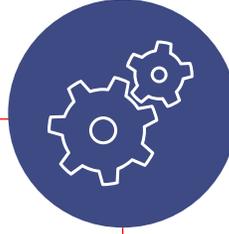
Ecosystème



Techno-providers



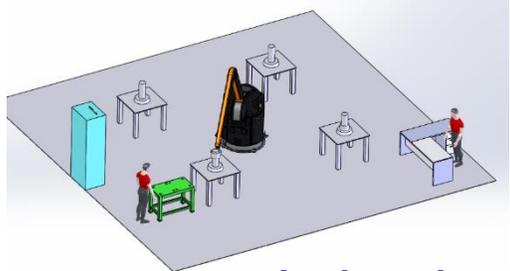
End-users



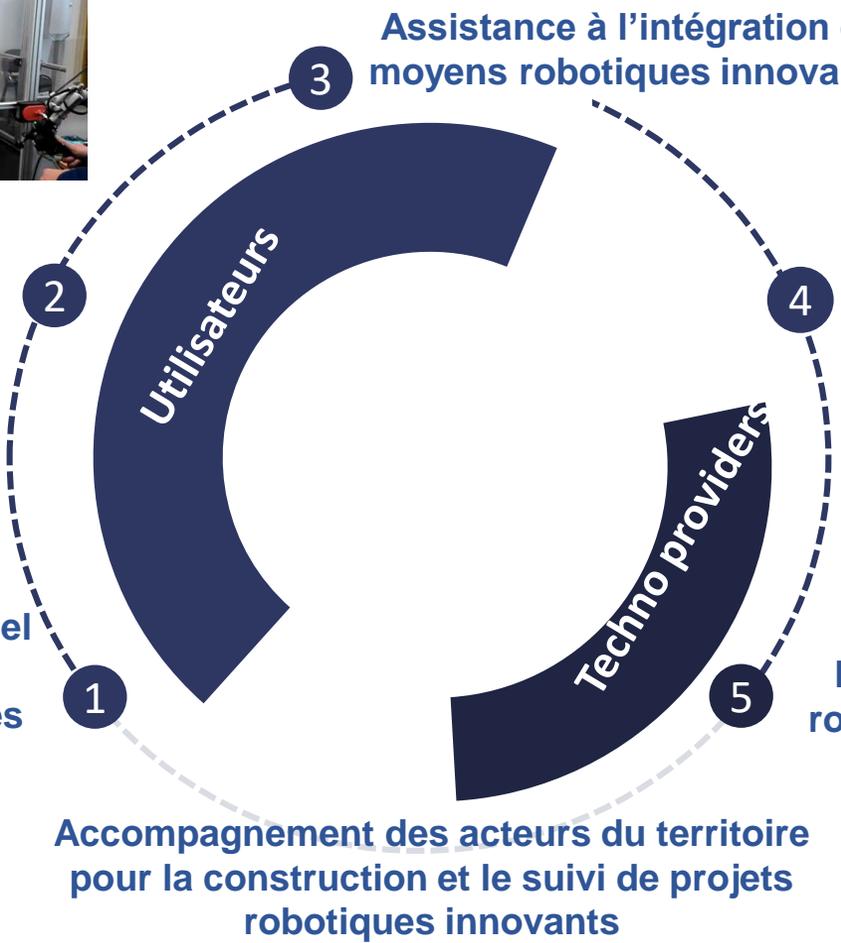
Plateforme robotique CEA Tech Nouvelle Aquitaine



Prototypage numérique et physique / preuve de concepts



Analyse de process industriel et proposition d'évolution avec des moyens robotiques innovants



3 Assistance à l'intégration de moyens robotiques innovants



4 Recherche et développement de fonctions robotiques avancées



5 Développement de solutions robotiques complètes, transfert

Accompagnement des acteurs du territoire pour la construction et le suivi de projets robotiques innovants



PILOTE THÉMATIQUE :
Yann PERROT



IMPLANTATION :
PESSAC





Enjeux de la robotique collaborative et de la cobotique pour l'industrie

Les challenges de la robotique interactive



1

Excellence industrielle



Productivité, Qualité & Sécurité

2

Robotique collaborative



Performance via agilité & flexibilité

3

Cobotique



Assistance & Sécurité

Robotique collaborative et cobotique ? Interaction physique

mobile



fixe



Robotique Industrielle

Partage d'espace

Partage de tâche

Interaction physique continue

“Robotique collaborative”

“Cobotique”

“Cobots” pour l’usage commun



Interaction physique croissante entre l’opérateur humain et le robot

Cobotique

L'Humain au Cœur du processus de production



Compétences Humaines

- 5 Sens de l'être Humain
- Savoir Faire
- Flexibilité



Principes

- Humain au cœur de l'usine
- Assistance au geste pour diminuer la pénibilité des tâches

L'assistance aux gestes

Des dispositifs employés sans réellement en prendre conscience



Vélo à assistance électrique
Amplification Transmission



Direction assistée
Maniabilité



Système de levage
Réversibilité Transparence

pour réaliser des gestes quotidiens ou des opérations exigeantes.



Réduction des efforts



Extension des capacités



Ouverture des postes

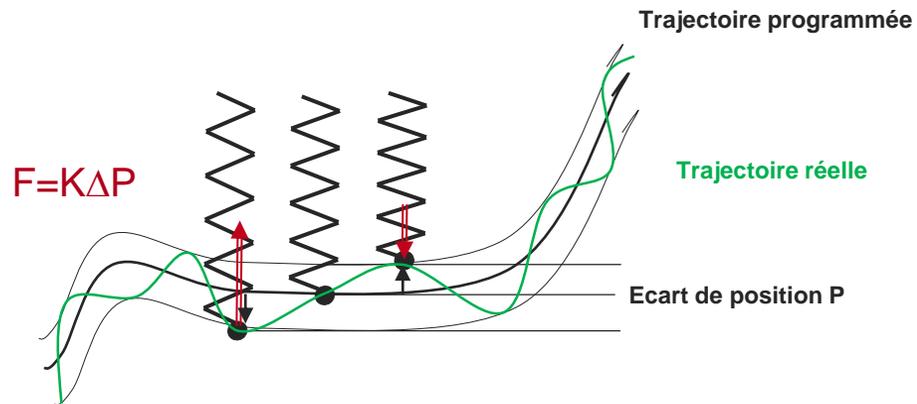
Les différentes technologies

- Commande en effort
- Logiciel pour la programmation intuitive
- Intelligence artificielle (IA)
- Intégration : Méthodologie et sécurité

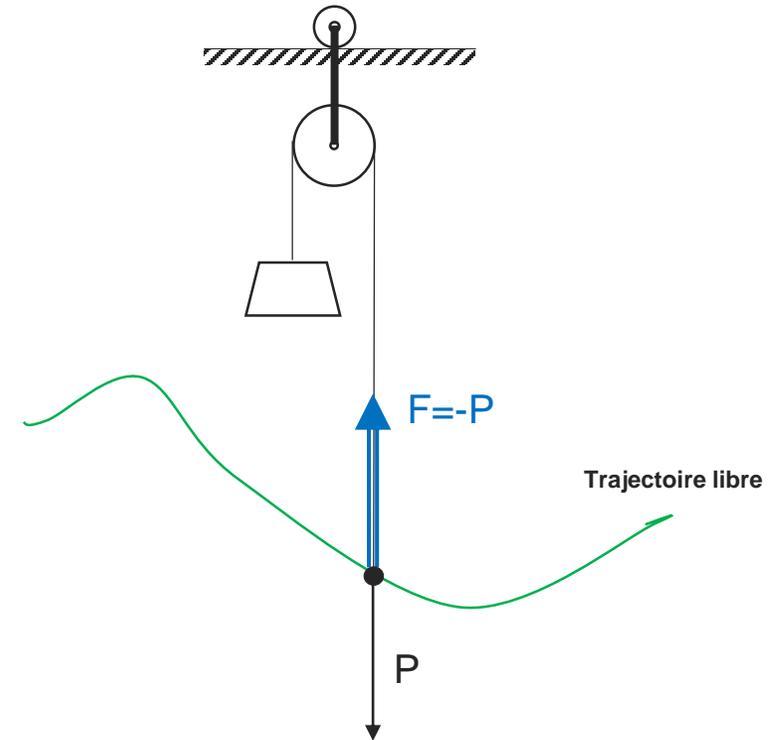


Les 2 méthodes élémentaires de commande

COMMANDE EN POSITION
& MAINTIEN SUR UNE TRAJECTOIRE
Les actionneurs génèrent une force de rappel



COMMANDE EN FORCE
MAINTIEN D'UN EQUILIBRE INDIFFERENT
Les actionneurs génèrent une force égale et opposée au poids



Permet également de réaliser une commande en position

Les modalités de commande en effort

Capteur d'effort en extrémité



Capteurs d'effort articulaires



© Kuka IIWA

Mesure des courants moteurs



La technologie d'actionnement CEA

Objectifs - Enjeux

- ▷ Concevoir un actionneur commandable en effort / couple sans capteur d'effort spécifique

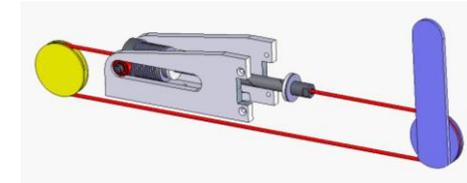
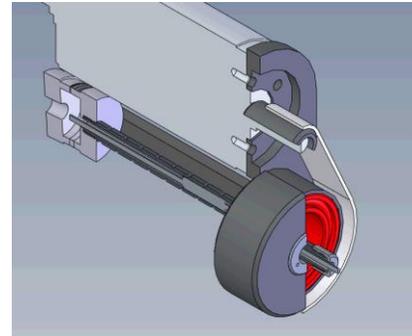
Technologie

- ▷ Transmission du mouvement depuis le moteur électrique au moyen d'une vis à bille et d'un câble
- ▷ Asservissement du courant dans le moteur : proportionnel au couple
- ▷ Intégration longitudinale

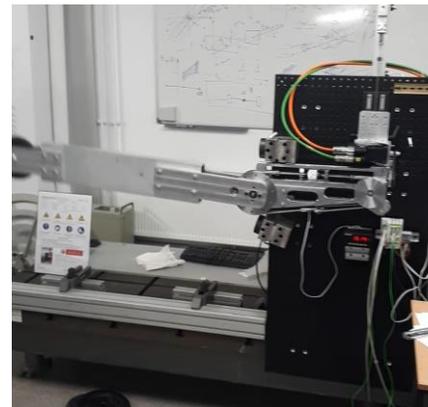
Caractéristiques

- ▷ Très peu de pertes par frottement : rendement global 95%
- ▷ Commande en couple sans capteur ajouté
- ▷ Large gamme de couples possible (de 1 à 1500 Nm)
- ▷ Amortissement naturel (souplesse) et faible inertie
- ▷ Conception simple et robuste
- ▷ 6 brevets
- ▷ Bas coût vs réducteurs et Harmonic Drive

Principe



Applications



FROM RESEARCH TO INDUSTRY
cea tech

PSA
GROUPE

SYBOT
L'automatisation agile

CEA – Sybot
PSA Factory of the Future : *Booster Day 2016*

Défi n°7: Assistance physique opérateur robotisée

CEA – Sybot, PSA FaB Day, 12/07/2016, Vélizy, France

Programmation intuitive



MERGING : first comanipulation of fiber glass fabrics



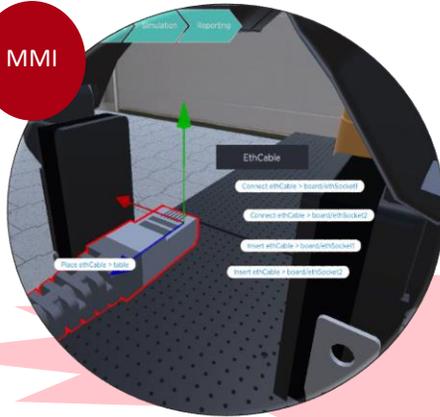
Cognitive Programming Interface:
Programming by Demonstration



Robotique collaborative agile : l'IA au service de la robotique

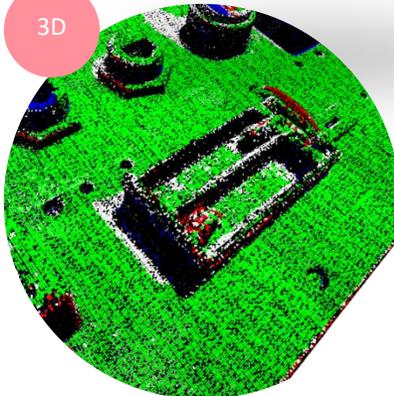
Programmation intuitive
Description des séquences
basée sur des ontologies

MMI



Vision
Détection,
identification et
Reconnaissance,
Situational
awareness

3D



Robotic skills
Actions élémentaires (saisie,
insertion, vissage)

Skill

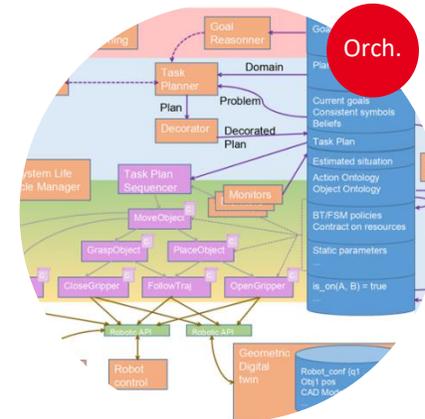


DT



Jumeau numérique
Visualisation, validation
des trajectoires

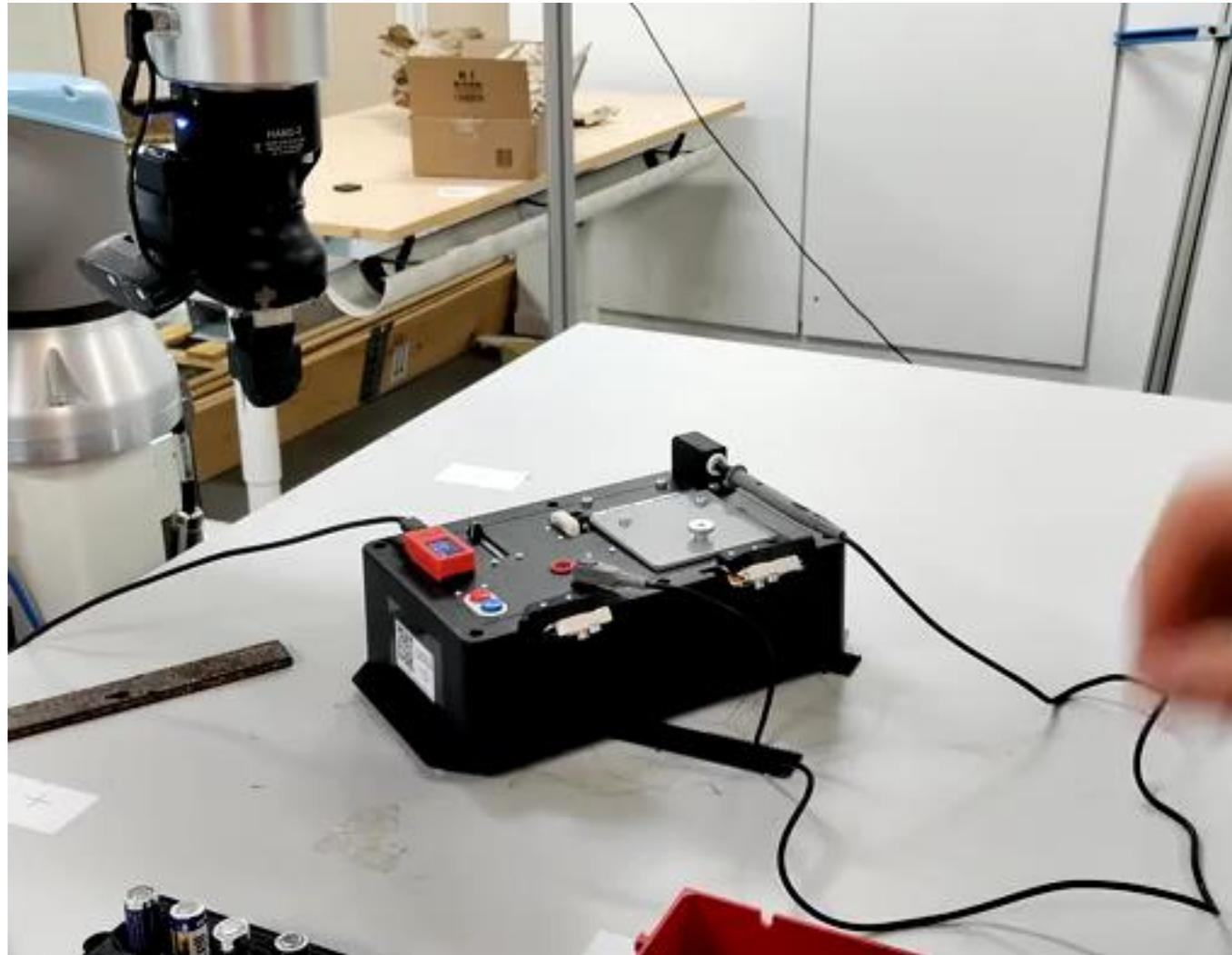
Orch.



Orchestration
Planification dynamique des
actions



Robotique collaborative agile

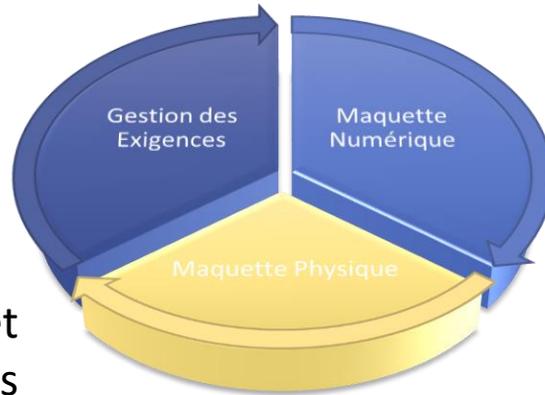


Quelle approche de conception pour les dispositifs d'assistance au geste ?

Itérations à partir de trois phases pour concevoir les dispositifs et intégrer les savoirs faire et les technologies spécifiques



Observation des gestes réalisés et quantification des contraintes



Evaluation, itération et consolidation des options techniques identifiées



Réalisation et qualification en situation de travail

Exemple d'usage

FROM RESEARCH TO INDUSTRY
cea **tech** LE PLIAGE DE FILS D'ARMURE

Technip

Contexte:

Fabrication des « flexibles pipes »
Phase importante du process : montage des extrémités
Etape de pliage des fils métalliques d'armure du pipe

Geste pénible

Efforts de pliage importants
Postures éprouvantes

Impact Qualité:

L'extrémité est la zone sensible du flexible (la courbure est critique pour résistance de la jonction)
Manque de reproductibilité de la déformation (geste manuel)
Enjeu d'augmentation des sections de fils



Quel robot collaborative choisir?

► Choix, integration et questions de sécurité

list OFFRE EN EXPLOSION
AUTANT DE MOYEN DE MESURE DE L'EFFORT QUE DE SOLUTION



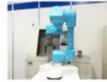
FANUC IX35
Capteur d'effort en base et mousse de protection



KUKA IWA
jauges de contraintes par axe 50 k€



ABB YUMI
Mesure du courant moteur 40k€



Yaskawa



ABB (GOMTEC)



BOSCH



F&P Robotics AG



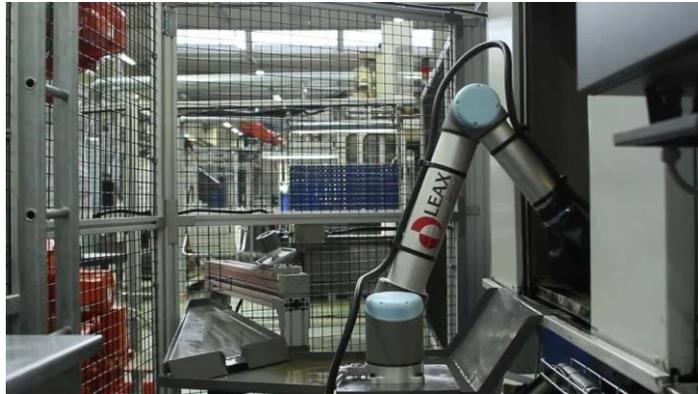
UR 5 et UR10
Mesure de déformation du réducteur HD 22 k€



BAXTER et SAWYER
Sérial Elastic Actuator du MIT 25k€



MRK
Robot industriel recouvert d'une mousse avec mesure capacitive



► Intégration, applications

COBOBENCH

Scénario 3: Assemblage

- Le robot :
 - > Met en place les bouchons, enlève les bouchons (effecteur ventouse)
 - > Positionne les tubes à assembler (pince 2 mors)
 - > Reste souple si besoin
- L'opérateur :
 - > Place et visse les vis et goujons
- Programmation:
 - > Logique / état des capteurs pince et ventouse
 - > Apprentissage des points par apprentissage (guidage manuel)
- Fonctions de sécurité:
 - > Limitations forces, dynamiques (énergie, quantité de mv)



FactoryLab
La communauté pour l'industrie du futur



FactoryLab
La communauté pour l'industrie du futur



SEEROB - Simulation ergonomique de l'environnement de travail avec un robot collaboratif

CONTEXTE

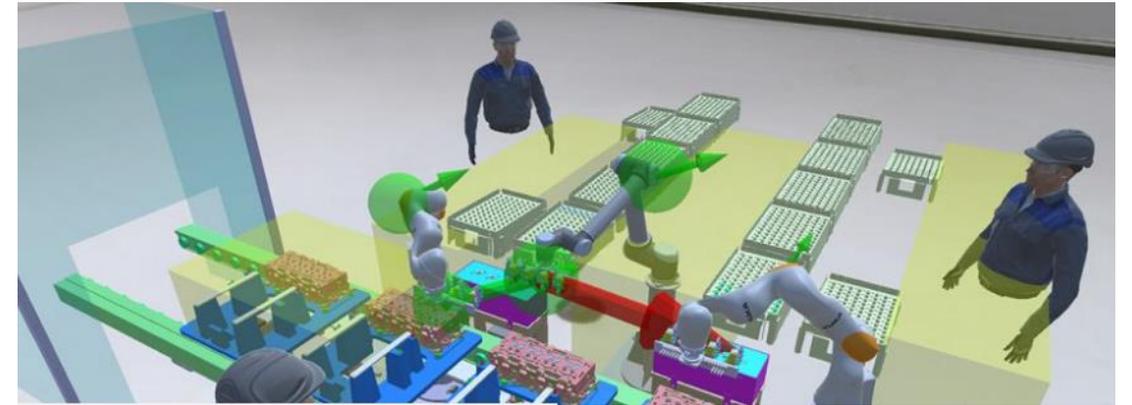
- ▷ La robotique collaborative pose des questions d'ergonomie et de sécurité d'usage
- ▷ L'objectif est de faciliter la conception de postes de travail dans lesquels intervient l'opérateur humain et un robot collaboratif

CHALLENGES

- ▷ Proposer un logiciel avec un jumeau numérique de l'opérateur humain et de robots ainsi que d'une méthodologie permettant de concevoir un poste de travail répondant à la norme ISO 15066

SOLUTION

- ▷ Utilisation de la simulation numérique et de la réalité virtuelle pour analyser et concevoir le poste de travail
- ▷ Réalité augmentée pour valider la conception sur site avec le robot réel

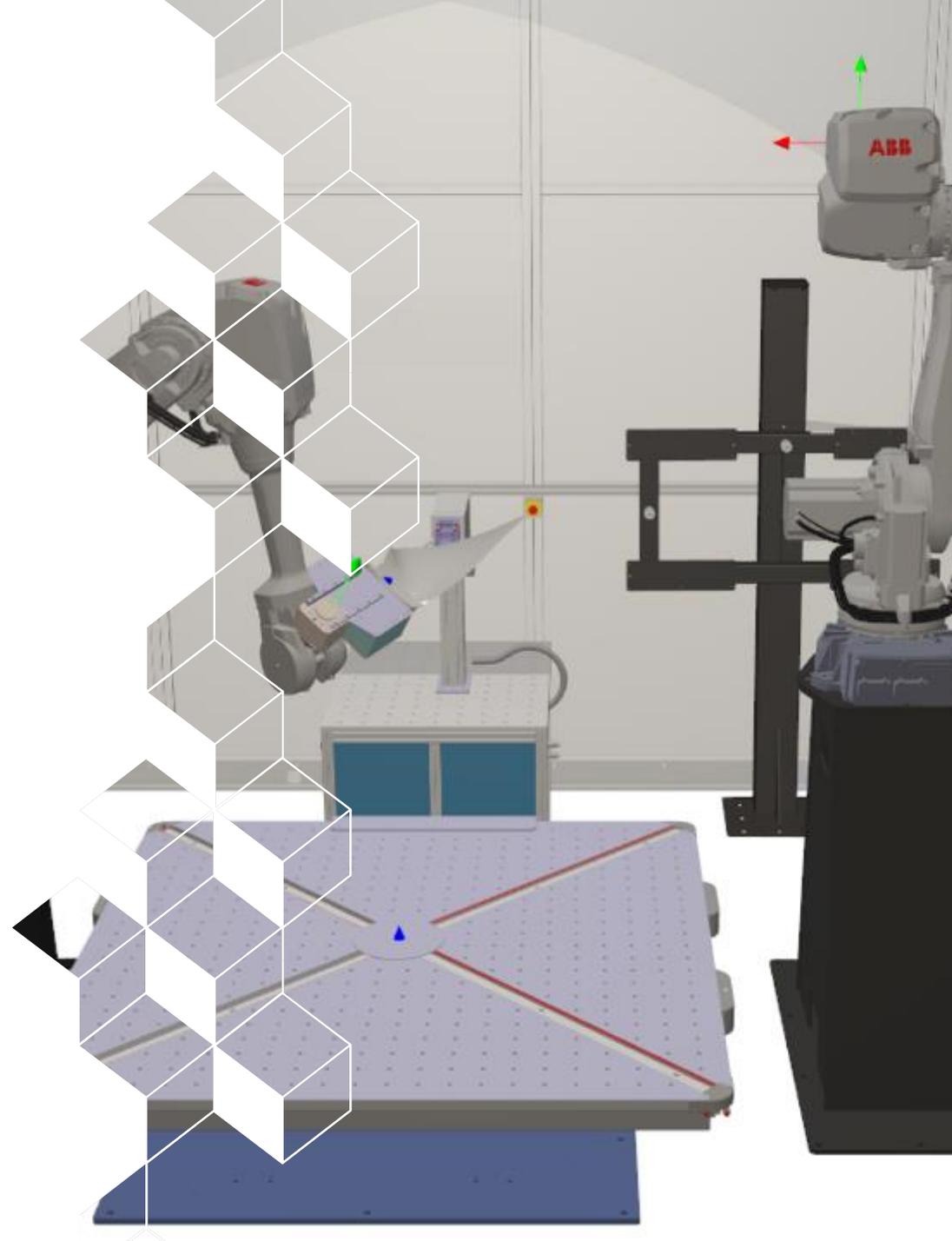


HIGHLIGHTS

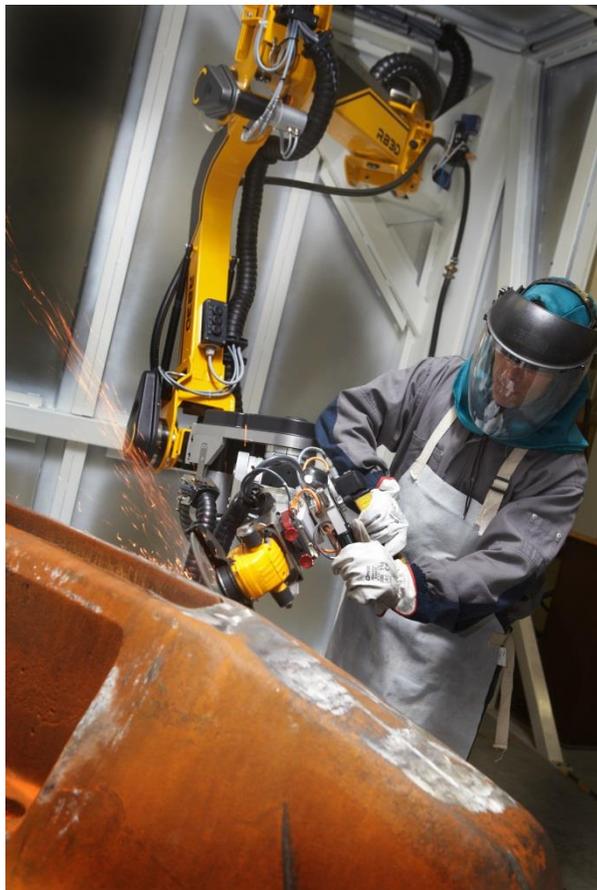
- ▷ Optimiser le temps de conception
- ▷ Outil utilisable de manière autonome par les concepteurs



Quelques exemples d'usages



Cobotique



Amplification de force



Manipulateur intelligent



Exosquelettes





Cobotique : Assistance à la manipulation pour l'assemblage



FactoryLab

KUKA

KUKA Systems Aerospace



INNOVATION

VIRTUAL GUIDE

Essais sur site



Cobots : quelques applications

Assistance au port de charges

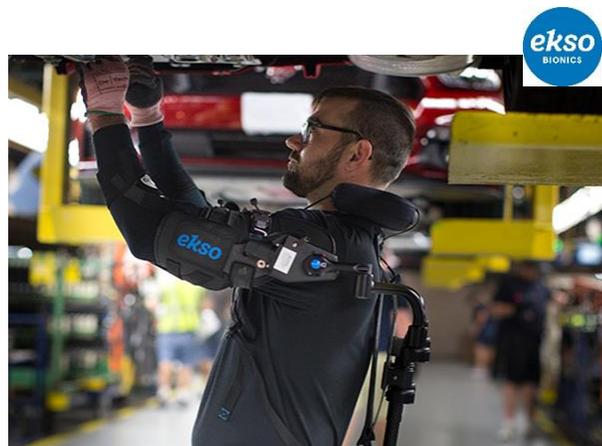


Assistance à l'usage d'outils



Exosquelettes : quelques applications

Assistance à la posture



© Ekso

Assistance au port de charges



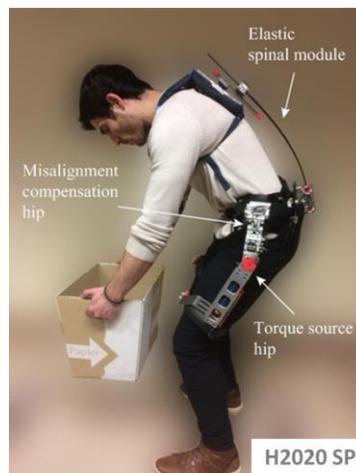
Assistance à l'usage d'outils



© RB3D



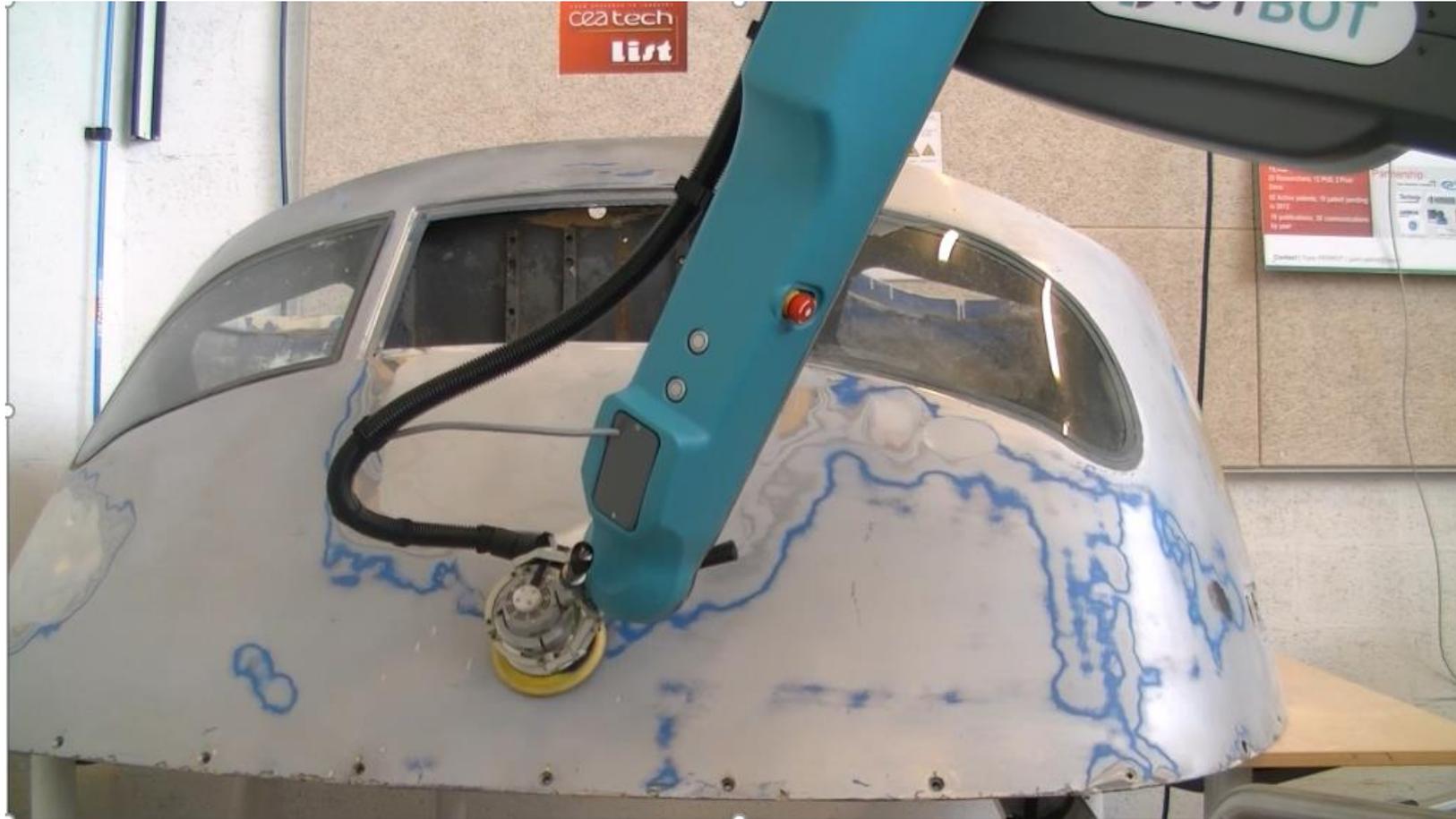
© RB3D



H2020 SPEXOR



Collaborative robotics



Assistance à la manipulation de colonnes de bacs de volailles





Robots collaboratifs : quelques applications

Inspection dimensionnelle



Inspection par Ultrasons



Vissage



Manipulation

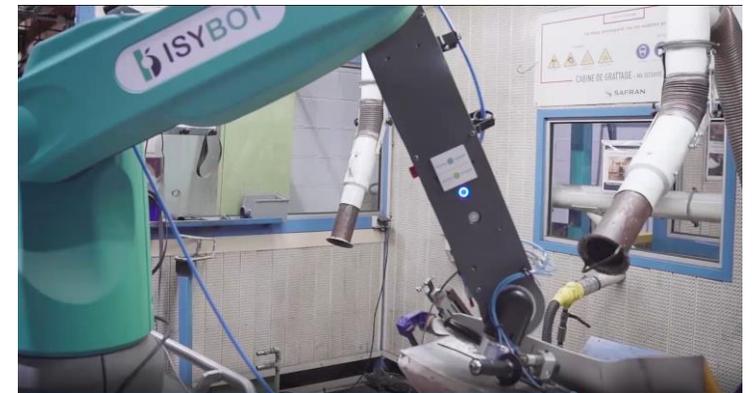


Ponçage



© ISYBOT

Meulage



Manipulation dextre



Quelques perspectives





Cobotique et robotique collaborative pour l'industrie

Perspectives

1. La cobotique est une vraie réponse aux TMS et aux difficultés de recrutement
2. Mais la cobotique à un coût : développement et usage (on conserve l'opérateur)
3. Le développement de réponses cobotiques est toujours un peu spécifique (pas de solution miracle)
4. L'automatisation agile via la robotique collaborative peut être une réponse très pertinente : grande flexibilité, facilité de mise en œuvre, peu de besoin de compétences spécifiques
5. Usage de l'IA : avancée majeure en vision par ordinateur mais encore beaucoup de recherche pour arriver à un usage robotique avec une robustesse industrielle
6. Il faut mener les projets de R&D à 3 : le labo, le end user et le techno provider



list



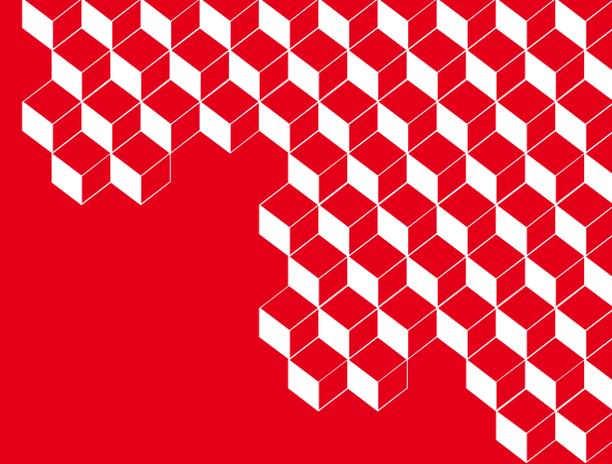
Merci

Questions?





list



Yann PERROT

yann.perrot@cea.fr

06 70 02 40 15