

Robotique collaborative

Chances et défis pour l'humain

Dr. Baptiste Busch



Plan

- Robotique industrielle et collaborative
 - Introduction à la robotique collaborative et ses applications
 - Les bénéfices de la robotique collaborative
- Collaboration et sécurité
 - Permettre l'interaction
 - Normes liées à la robotique collaborative
- Apprendre au lieu de programmer
 - Apprentissage robotique
 - Impact de la morphologie

Robotique industrielle et collaborative

Robots industriels & collaboratifs



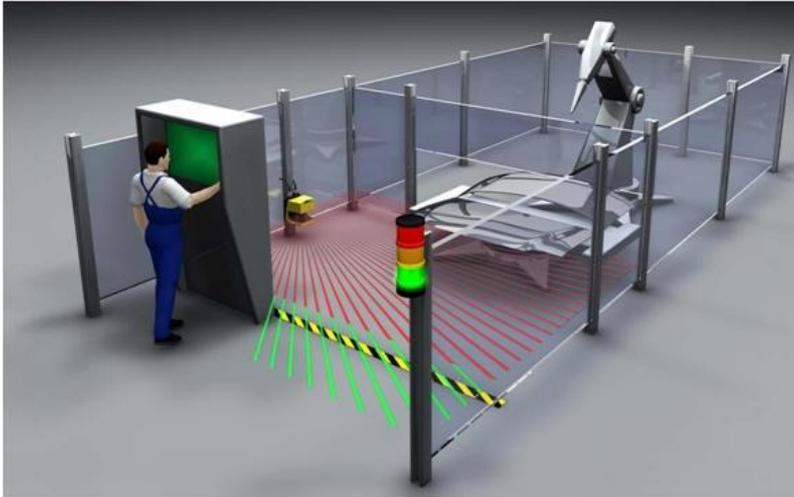
Extract from *The Robot Revolution: The New Age of Manufacturing | Moving Upstream*

Avantages de la robotique collaborative

- Plus de séparations entre humains et robots
 - Gain d'espace
 - Équipe humain-robot plus efficace
 - Travaille sur temps de pause
- Enseigner au lieu de programmer
 - Réduction des coûts
 - Gain de temps
 - Flexibilité dans la production
 - Plus simple de montrer que de programmer
- Supprimer les tâches ingrates
 - Dirty, Dull & Dangerous (3D)
 - Répétitions
 - Charges lourdes

Industrie 4.0 : L'ère de la robotique collaborative

Cohabitation



Iris Electronics, Fraunhofer IPA

Prédéterminé ou sensorisé
(caméra, laser, ...)

Coopération / collaboration



EPFL / LASA

Interaction, compliance et apprentissage

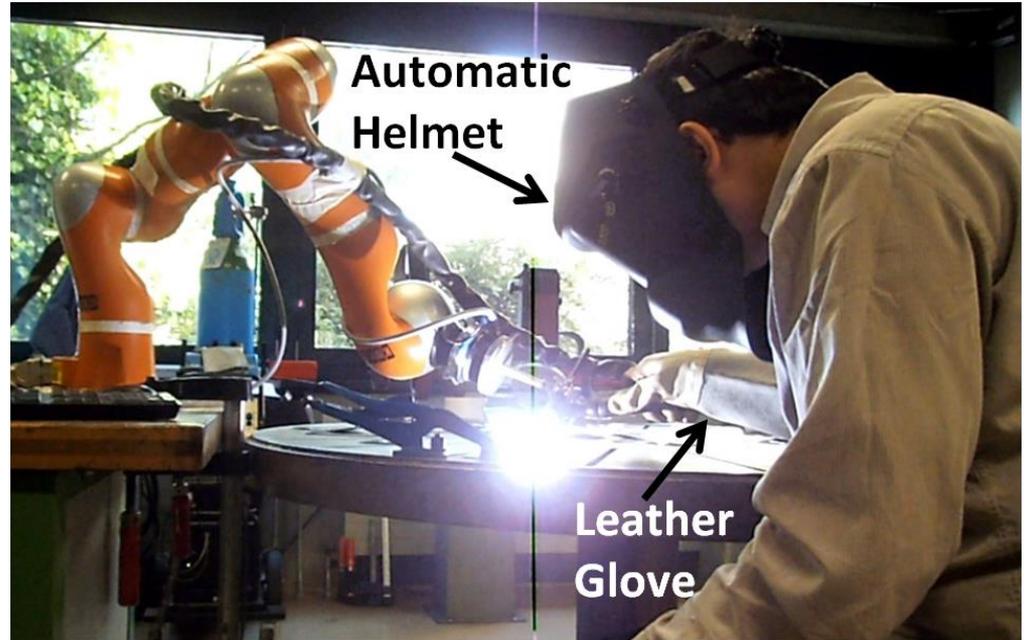
Augmenter au lieu de remplacer

Robot pour soudure à l'arc

- Suit le mouvement indiqué par l'utilisateur
- Réduit les tremblements.

Permet à des novices d'atteindre des performances comparables à des experts.

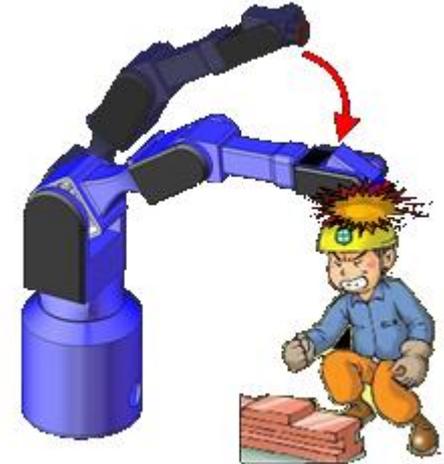
(Erden & Billard, 2015)



Collaboration et sécurité

Dangers liés à la cohabitation / collaboration

- Dangers
 - Mouvements rapides, amples et peu naturels
 - Charges lourdes
 - Outils portés par le robot (lame, arc de soudure, ...)
- Risques
 - Contact involontaires
 - Prise au piège entre deux segments



Intelligent Robotics Lab, Korea Univ

Détection du contact

- Stop au contact
 - Standard le plus répandu
 - Arrêt de la production
 - Empêche le contact volontaire



**N'enlève pas le risque
d'être pris au piège**



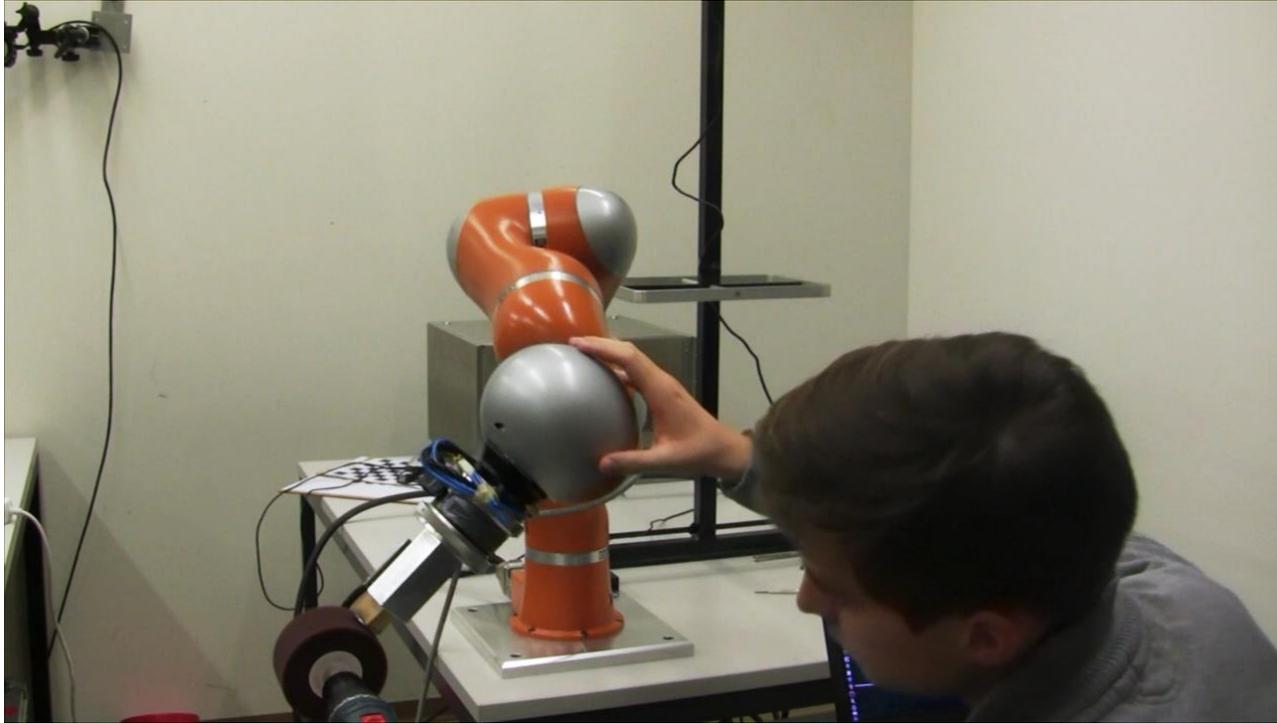
Robots compliants

- Réaction “élastique” au lieu d’arrêt
 - Absorption de la force de contact
 - Permet de repousser le robot
 - Permet le contact volontaire

- Permet l’apprentissage par démonstration



Augmenter au lieu de remplacer



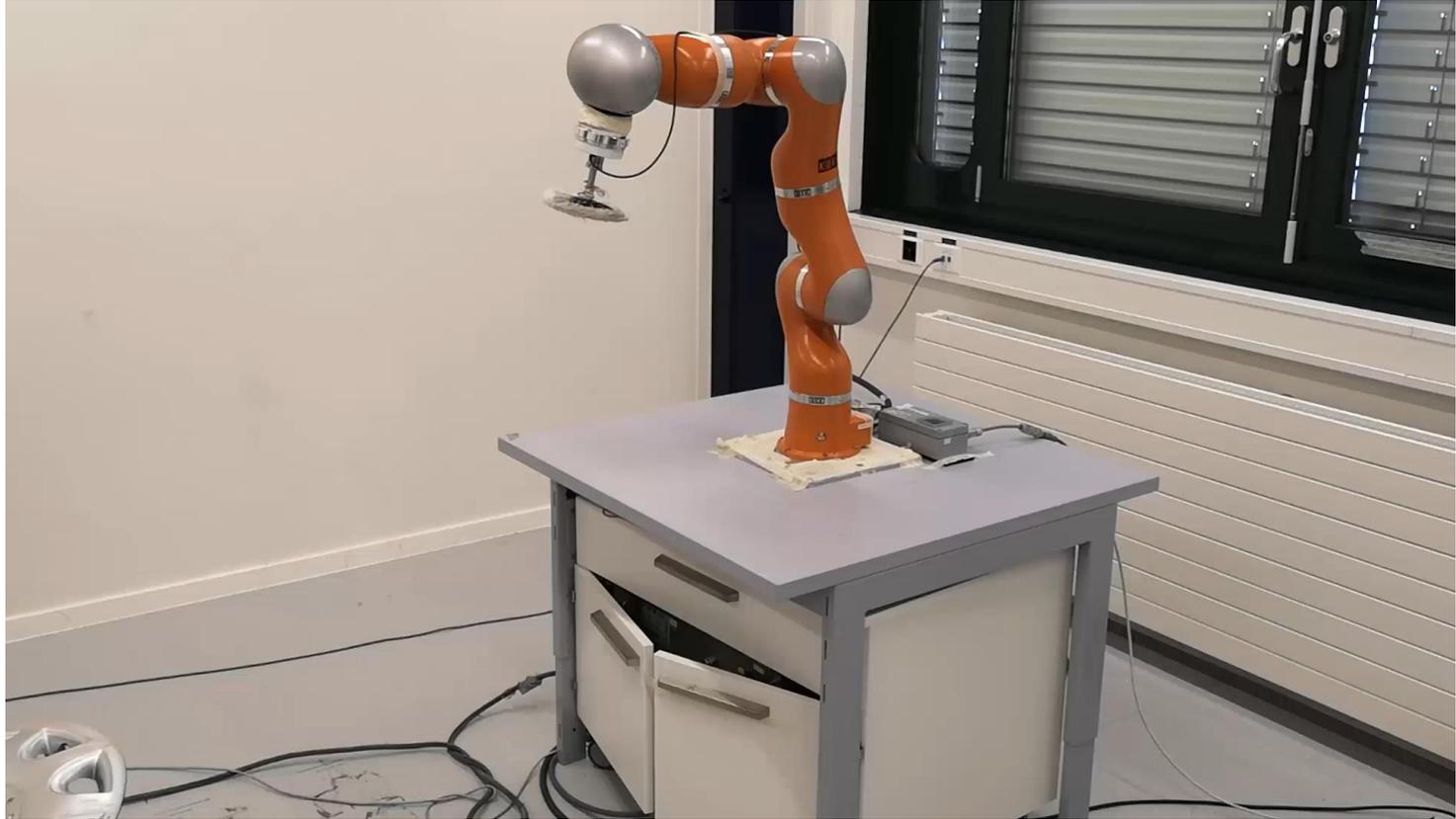
Augmenter au lieu de remplacer



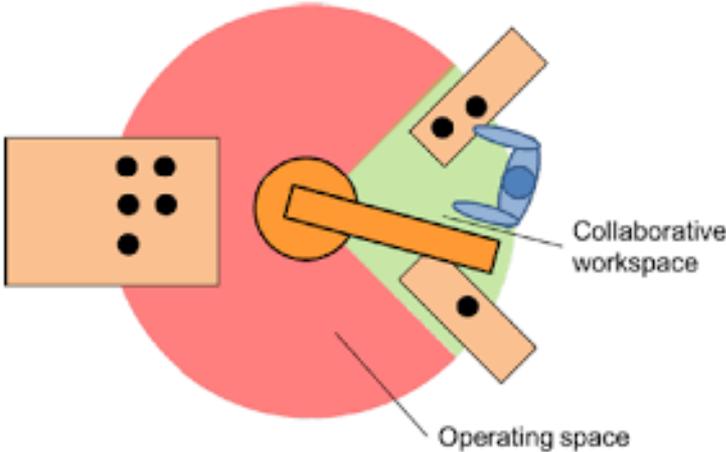
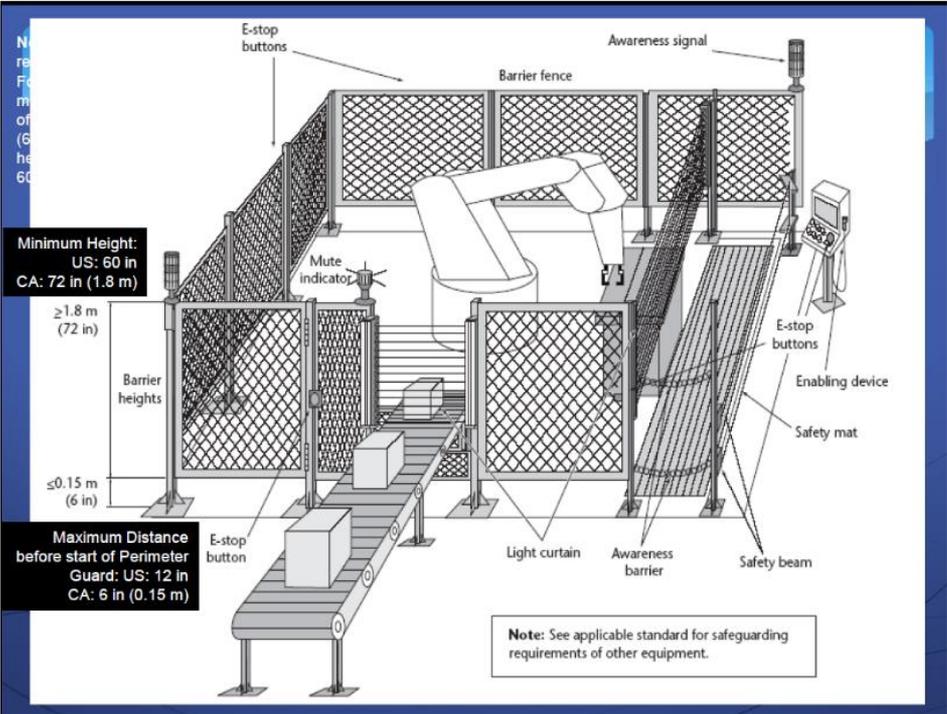
Dynamical System Approach to Task-Adaptation in Physical Human-Robot Interaction

Mahdi Khoramshahi, Jose R. Medina, and Aude Billard

Augmenter au lieu de remplacer



De la cellule robotique à l'espace collaboratif



ISO TS 15066 / 2016

Certification norme 15066

Les robots collaboratifs **doivent inclure** au moins une des fonctionnalités suivantes:

- Arrêt contrôlé nominal:
 - Arrêt à tout moment
 - Par dispositifs de protections
 - Sans actions de l'opérateur
- Contrôle de la vitesse:
 - Dynamique en fonction de la distance avec l'opérateur
 - Arrêt si trop près
- Guidage manuel:
 - Contrôle à distance par un opérateur
 - Via un dispositif d'activation et de command en vitesse réduite
- Contrôle de la force:
 - Arrêt si dépassement d'un certain seuil
 - Impact régulé en fonction des parties exposées et de la fréquence de contact

Certification des espaces collaboratifs

ISO TS 15066 / 2016
ISO 10218-2/2011

- Certification:
 - Estimation des risques et usage au cas par cas
 - Collaboration entre usager et intégrateur
 - Élimination des dangers
 - Minimisation des risques
- Critères:
 - Ensemble robot - effecteur - outil - tâche certifié collaboratif
 - Guidage manuel sans risque pour l'utilisateur
 - L'utilisateur ne doit pas se trouver sous le robot
 - L'utilisateur doit avoir une vue complète de l'environnement
 - Les mouvements du robot doivent être intuitifs

 La certification du robot seul n'est plus suffisante



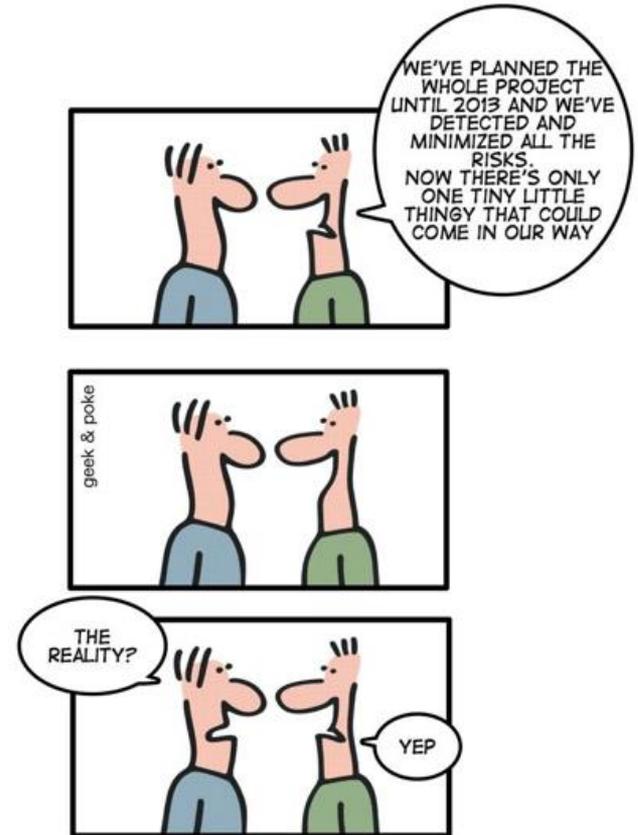
KUKA IIWA + Gripper Schunk

Apprendre au lieu de
programmer

Pourquoi les robots doivent apprendre ?

- Incertitude du monde réel
 - En perpétuel changement
 - En contact avec l'incertitude humaine

- Besoin de réagir **rapidement** et de manière **appropriée**
 - Détection des fautes
 - Apprentissage des solutions
 - Généralisation



Certaines tâches sont plus complexes que d'autres



Presque 100% autonome



Encore des années de recherche

Le diable est dans les détails

- Différents outils pour la même tâche



- Différentes manières de faire pour le même outil



Notre monde est pensé pour l'Homme

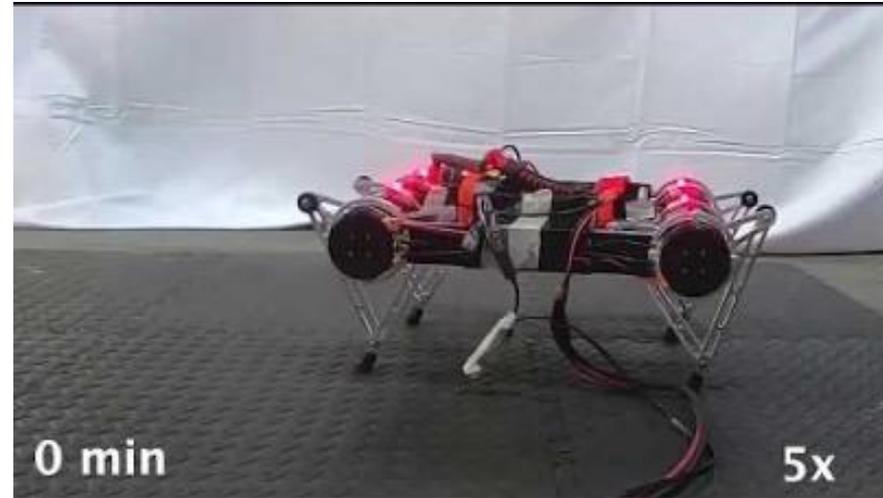
- Les ustensiles, outils, objets divers sont faits pour la taille et force de la main
- La taille des objets (e.g. portes, marches d'escaliers, meubles, ...) est pensée pour un corps humain d'une hauteur typique



Différents types d'apprentissage

Apprentissage par renforcement

- Inspiré de l'apprentissage humain
- Principe de la carotte et du bâton
- Généralise bien mais peut être long
- Problème lorsque la récompense est difficile à obtenir (sparse reward)



Différents types d'apprentissage

Apprentissage par démonstration

- Apprends d'une démonstration experte
- Principe de l'imitation
- Difficultés pour générer suffisamment de démonstrations (~15-20 sont nécessaires)



Que l'on peut combiner



Interfaces humains-robots

- Téléopération
 - Pratique mais vue partielle
 - Difficile d'avoir un retour de force
- Kinesthétique
 - Prise en main du robot
 - Les différences de morphologie peuvent impacter
- Interface cerveau-machine
 - Bruitée
 - Difficile à interpréter



Le corps des robots n'est pas adapté

- Les grippers robotique ne sont pas adaptés aux tâches humaines

- Les mains robotisées existent mais sont souvent:
 - trop grandes
 - trop puissantes
 - difficiles à contrôler



Robotiq



Allegro (Simlab)

Le corps des robots n'est pas adapté



PR2

Impact de la morphologie

- Les différences entre humains et robots rend l'apprentissage par démonstration difficile



Dans le milieu agricole

Applications dans le milieu agricole



Applications dans le milieu agricole



Applications dans le milieu agricole



Questions ?