

# Robotique collaborative : quels enjeux en termes de santé et sécurité au travail ?

**Préventica Bordeaux 2018**

Le 3 Octobre 2018

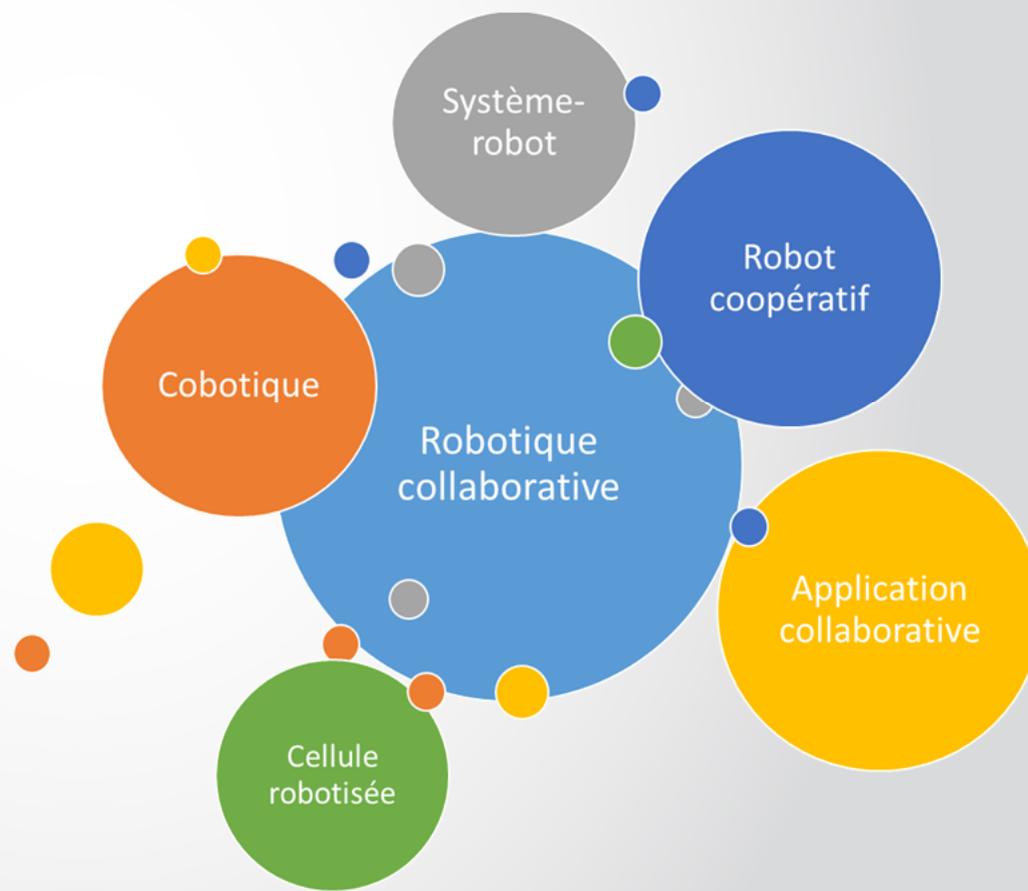
*Jean-Christophe BLAISE*  
*Resp. labo INRS/IET/SETA*

*Jean-Jacques ATAIN-KOUADIO*  
*Expert INRS/HT/EPAP*

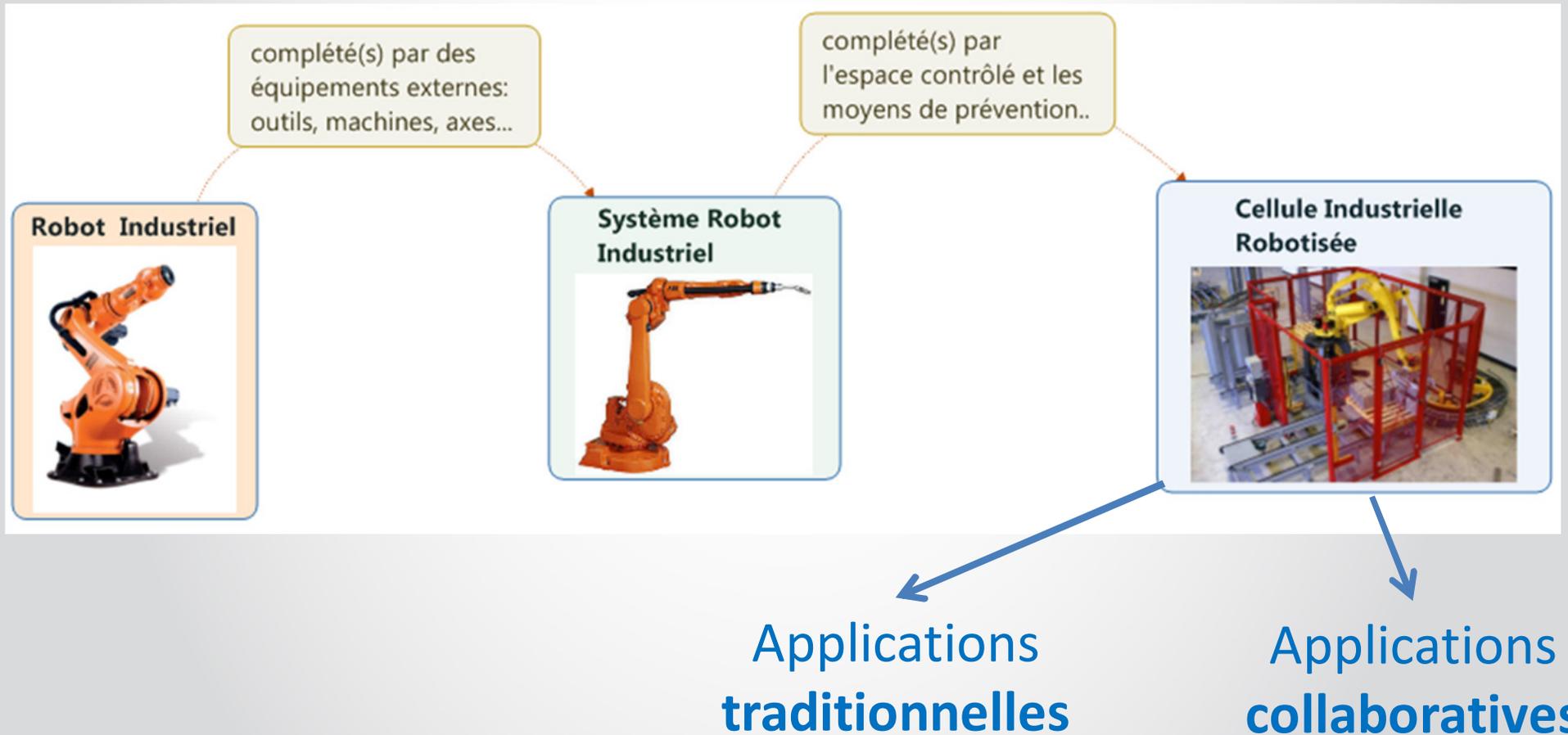
# SOMMAIRE

- Qu'est-ce que la robotique collaborative ?
- Quelles sont les attentes des entreprises ?
- Quels enjeux en matière de santé et sécurité ?
- Quels moyens de prévention ?

# Une terminologie variée



# Du robot à la cellule industrielle robotisée



# Vers des applications collaboratives

- Combiner les actions de l'homme et du robot

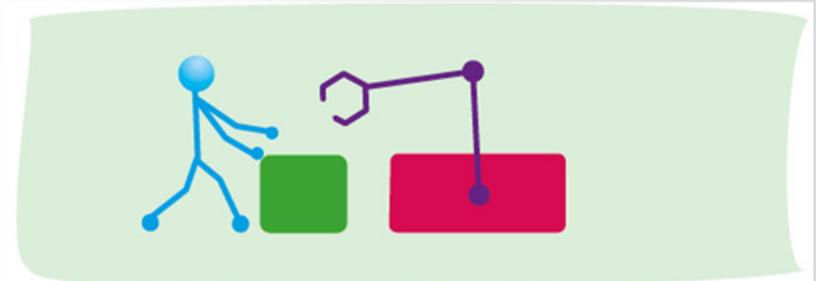


- Homme : tâches nécessitant de la **précision**
- Robot : tâches **contraignantes** et **répétitives**

# Différentes collaborations Homme - Robot

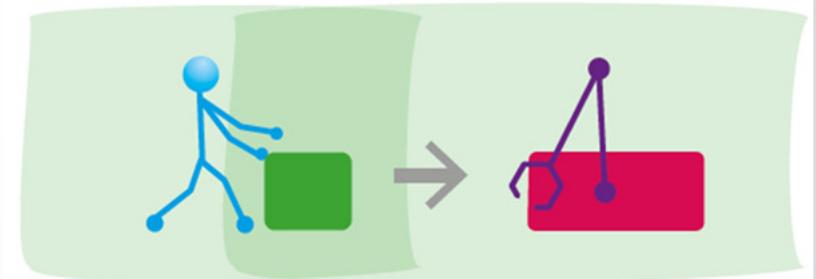
## Collaboration directe

L'opérateur et le robot travaillent simultanément à la réalisation d'une même pièce.



## Collaboration indirecte

L'opérateur et le robot travaillent sur une même pièce, mais leurs actions sont alternées.



## Partage d'espace de travail

L'opérateur et le robot effectuent des tâches distinctes pour lesquelles ils peuvent être amenés à partager leur espace de travail.



## Du rêve...

- Les espoirs portés dans le cadre de l'industrie du futur :
  - Automatiser les tâches à faible valeur ajoutée, répétitives, pénibles
  - Recentrer l'opérateur sur des tâches à forte valeur ajoutée
  - Favoriser la flexibilité
  - Faciliter la reconfiguration

## ... à la réalité

- Les attentes exprimées \* par les entreprises :

### Expression du besoin de coactivité

Faciliter la réalisation des opérations de maintenance (entretien, nettoyage, surveillance)	+++
Faciliter la réalisation des opérations liées au process à proximité du robot (chargement / déchargement, prélèvement, opération manuelle...)	++
Réduire l'occupation au sol de la cellule (passage plus aisé, intégration du robot sur une ligne existante)	++
Réduire les TMS	+
Pallier des problèmes techniques (préhension...)	+
Vitrine technologique	+
Faciliter la réalisation d'opérations de réglages	+
Améliorer la mobilité et la réutilisation du robot	+

\* Enquête publiée en 2017

# Quel type de collaboration est souhaité ?

## Collaboration directe

Travail sur une même pièce, actions simultanées

## Partage d'espace de travail

Travail sur des pièces différentes, absence de tâches communes

## Collaboration indirecte

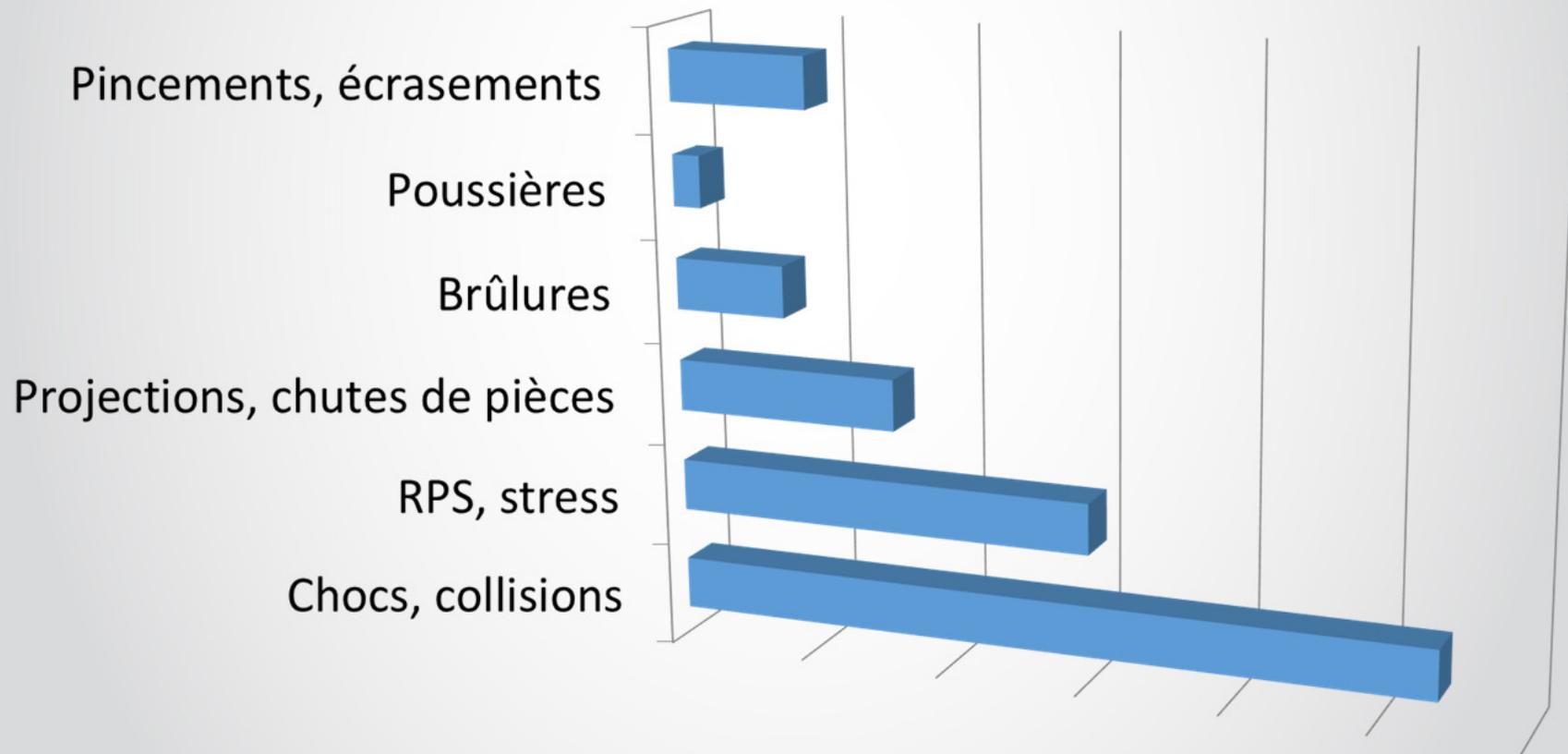
Travail sur une même pièce, actions alternées



# Les limites exprimées par les entreprises

- La vitesse réduite est incompatible avec les temps de cycle
- Les distances de sécurité sont jugées trop importantes
- Les risques d'arrêts intempestifs
- La charge admissible du robot est trop faible

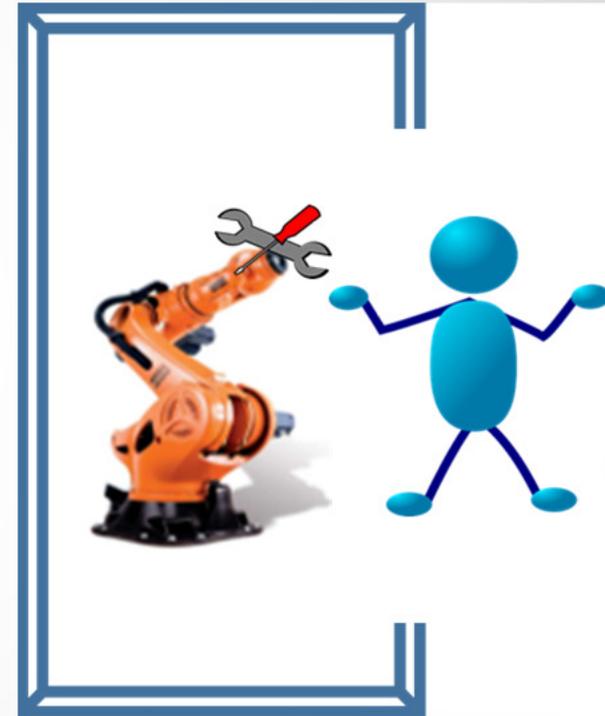
# Les risques identifiés par les entreprises



# Gestion des risques pour une cellule robotisée traditionnelle



L'opérateur est protégé par une protection périmétrique physique



Pour qu'un opérateur pénètre dans l'enceinte, il faut supprimer les risques (arrêt des mouvements, du procédé)

# Gestion des risques pour une cellule robotisée collaborative

Besoin de  
collaboration



implique :

- une nécessité d'interaction
- une suppression des barrières physiques

donc

donc

une continuité du procédé /  
des mouvements



une protection vis-à-vis  
des risques par d'autres moyens



# Risques liés à la collaboration : les contacts

**entre les éléments mobiles  
du système robot...**

> bras, articulation, outil,  
pièce en mouvement

+

**... l'ensemble du corps  
humain...**

> tête, tronc, bras, avant-  
bras, main, doigt, cuisse,  
jambe, pied...

+

**... et l'environnement  
du poste de travail**

> mur, colonne, table de  
travail, armoire...



peuvent provoquer :  
**choc, coincement, écrasement, brûlure,  
pincement, coupure, perforation,  
risques psychosociaux, etc.**

# Risques liés à la collaboration : modifications majeures

- Intégrer la robotique collaborative n'est pas neutre :
  - Modifications de l'organisation
    - Réaffectation des différents rôles, peut ne pas être très clair
  - Modifications du collectif
    - Fragilisation du collectif, isolement, ou collectif protecteur ?
  - Modifications du rôle de l'opérateur
    - Acteur mais aussi **superviseur** (gère les incidents, effectue des vérifications qualité ...)
      - Risques liés à l'augmentation de la charge mentale de l'opérateur (surveillance)
  - Modification de l'activité
    - Cognitive (besoin de nouvelles informations à traiter, à surveiller, à comprendre ...)
    - Gestuelle (difficultés liées à la synchronisation de l'opérateur par rapport au robot)



## Risques liés à la collaboration : autres risques du point de vue de l'opérateur

- Perte de sens du travail
- Perte d'expertise
- Difficultés liées à la confiance
- Difficultés liées aux interprétations erronées des actions du robot
- Difficultés liées au manque de connaissances sur le « comportement » du robot
- Difficultés liées la cadence de travail si elle est imposée par le robot (perte des marges de manœuvre, intensification de la situation, TMS)
- Appréhension des contacts (chocs, risques quand robot manipule des outils, générées par le robot en mouvement à côté de l'opérateur)
- ...



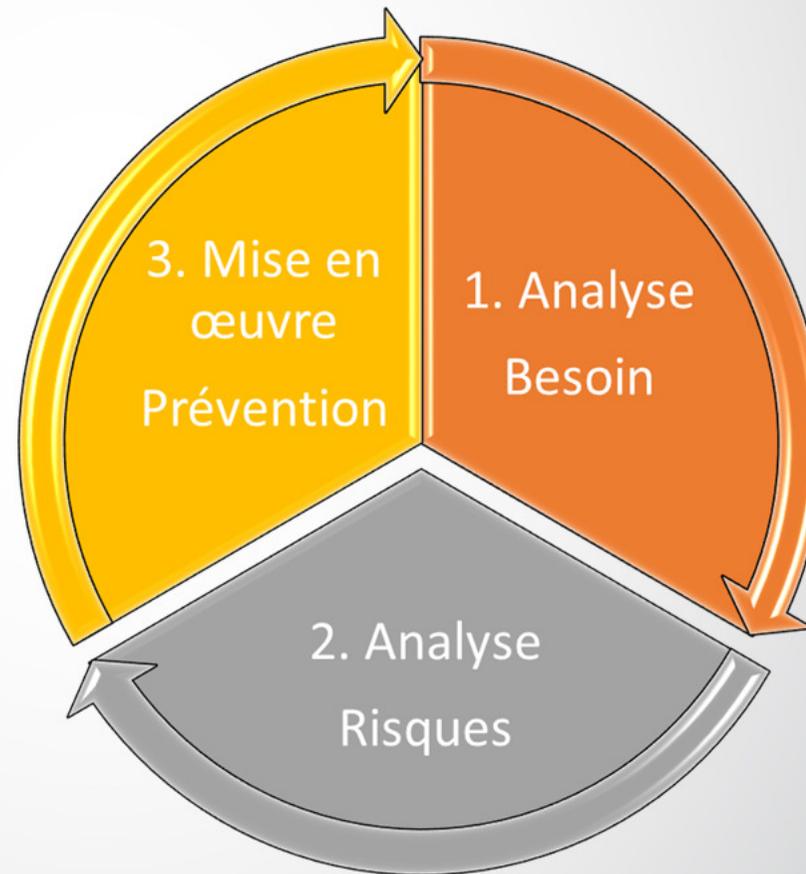
# Le référentiel :

## la directive « machines » / le code du travail

- Risques liés aux éléments mobiles
  - Les éléments mobiles de la machine doivent être conçus et construits de manière à **éviter les risques de contact** qui pourraient entraîner des accidents ou, lorsque des risques subsistent, être munis de protecteurs ou de dispositifs de protection.
- Ergonomie
  - Dans les conditions prévues d'utilisation, la **gêne**, la **fatigue** et les **contraintes physiques et psychiques** de l'opérateur doivent être réduites au minimum compte tenu des principes ergonomiques...
- Principes d'intégration de la sécurité
  - La machine doit être conçue et construite pour **être apte à assurer sa fonction** et pour qu'on puisse la faire fonctionner, la régler et l'entretenir sans **exposer quiconque à un risque**

# Démarche globale d'analyse et de réduction des risques

Adéquation ?

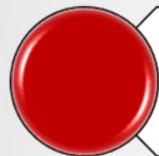


# Définition des besoins de l'application

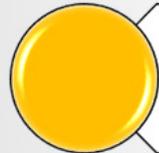
- Comme pour toute machine / application :
  - Quel est le procédé ?
  - Quels sont les risques générés par ce procédé ?
- Pour les besoins spécifiques associés à la collaboration Homme-robot :
  - Quelles sont les interactions prévues entre l'opérateur et le robot/outils/pièce ?

> En quoi la robotique collaborative permet-elle de répondre à ces besoins tout en garantissant la santé/sécurité des opérateurs ?

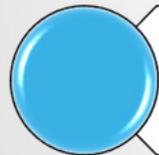
# Les éléments de sécurité pour la collaboration



**1 - Arrêt nominal de sécurité contrôlé**



**2 - Guidage manuel**



**3 - Vitesse et distance de séparation contrôlées**



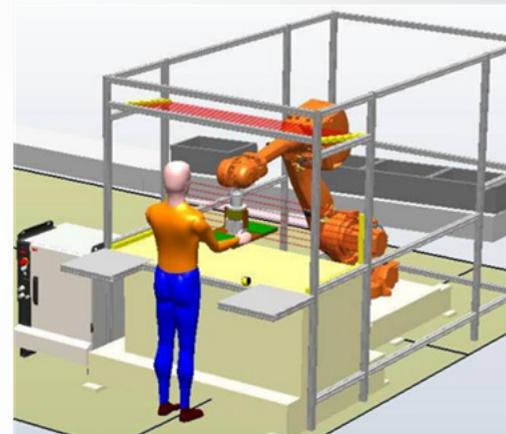
**4 - Limitation de la puissance et de la force du robot**

# 1 - Arrêt nominal de sécurité contrôlé

- Arrêt du robot lorsque l'opérateur se trouve dans l'espace de travail collaboratif
  - arrêt de catégorie 2 (arrêt contrôlé sous alimentation) avec surveillance d'immobilisation sûre
  - Phase de ralentissement possible avant arrêt
- Reprise du fonctionnement du robot lorsque l'opérateur quitte l'espace de travail collaboratif

➤ **Un plus par rapport à la robotique traditionnelle**

Source : ABB



Source : Cermex

## 2 - Guidage manuel

- Le robot est guidé manuellement par l'opérateur
  - Contact permanent entre l'opérateur et le robot
  - Utilisation en production ou en phase d'apprentissage
- Le robot doit :
  - Être équipé d'un dispositif de validation
  - Fonctionner à vitesse réduite (vitesse contrôlée)
    - > En cas de non respect de la vitesse, arrêt de protection du robot

> Pour une assistance physique



Source : Kuka



Source : RB3D

### 3 - Vitesse et distance de séparation contrôlées

- Le robot évolue à une vitesse réduite et doit maintenir une distance minimale de séparation avec l'opérateur (d'une façon dynamique)
- Maintien d'une vitesse déterminée
- Maintien d'une distance de séparation entre le robot et l'opérateur
- En cas de non respect de la vitesse ou de la distance : arrêt de protection du robot



> Solutions techniques de sécurité en cours de développement

## 4 - Limitation de la puissance et de la force du robot par conception ou par commande

- Le robot et l'opérateur sont en collaboration directe avec des contacts potentiels entre eux.
- Ces contacts ne doivent pas être dangereux, le robot évolue à une vitesse réduite.
  - réduction de l'effet
  - surveillance sûre de la force et de la puissance développées par le robot
- En cas de dépassement des valeurs limites, un arrêt de protection doit être enclenché



Source : Kuka MRK

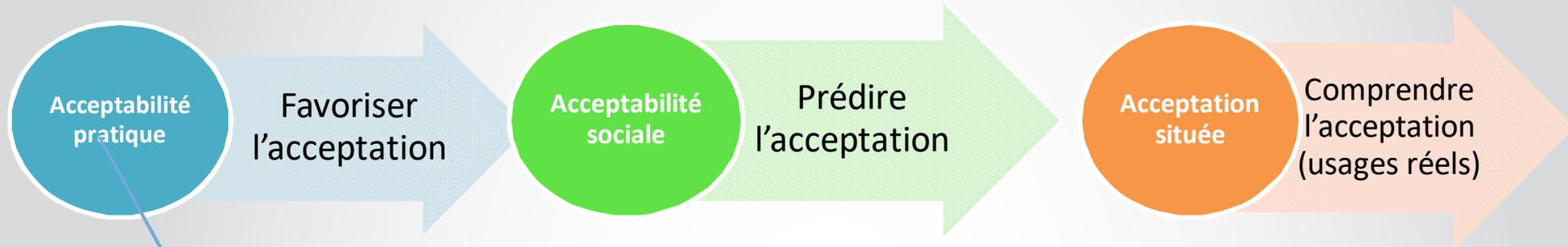
> **Analyse de risque décisive sur la faisabilité à mettre en œuvre ce principe de collaboration**

> **Détermination des valeurs limites conformément à ISO/TS15066**

# Eléments de prévention

- L'introduction de nouvelles technologies en milieu professionnel n'est jamais « neutre »
  - Reconfigurations des organisations, des tâches, des rôles, des modes opératoires ...
- 2 points incontournables en termes de prévention
  - La question de leur « acceptation par les utilisateurs »
    - Valeur ajoutée et utilisation simple
  - La question de leur « déploiement »

# Processus d'acceptation

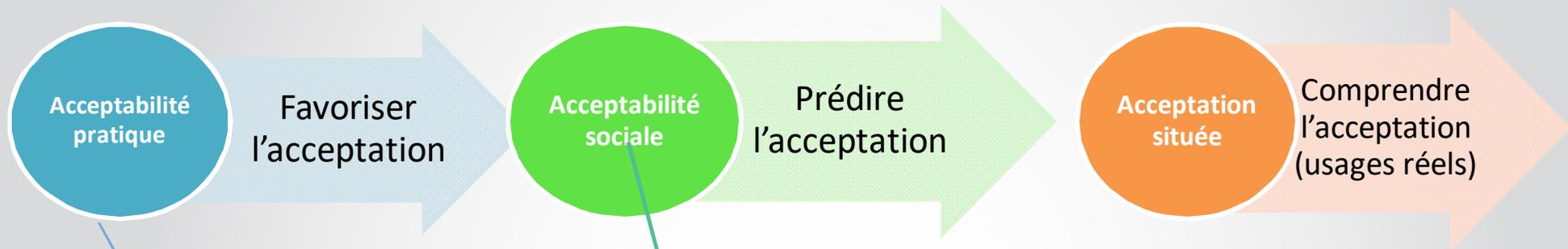


Concevoir des dispositifs ergonomiques



Source : RB3D

# Processus d'acceptation

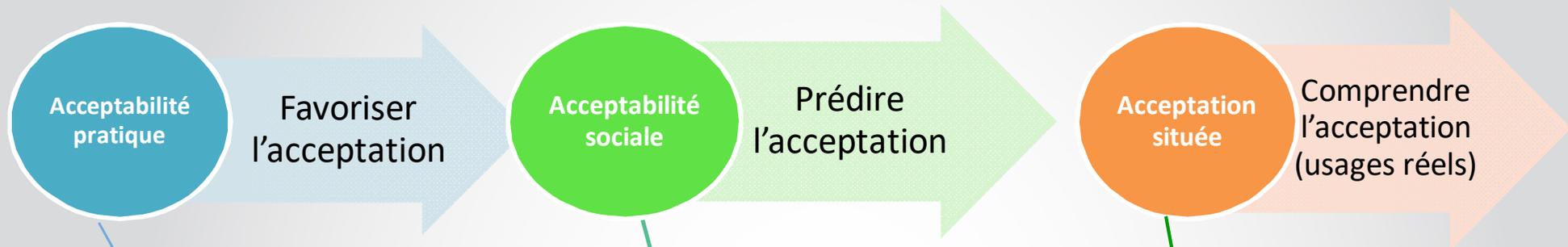


Concevoir des dispositifs ergonomiques

Représentation subjective de la technologie par ses potentiels utilisateurs



# Processus d'acceptation



Concevoir des dispositifs ergonomiques



Représentation subjective de la technologie par ses potentiels utilisateurs

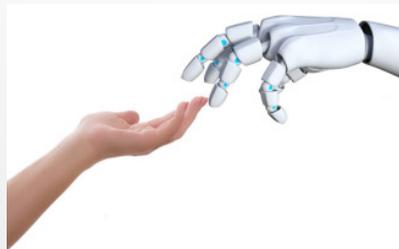


Construction sociale de l'usage et des pratiques associées



# Risques liés à la collaboration : acceptation

- Deux questions centrales
  - Une plus value pour l'opérateur ?
    - Pour être accepté, l'opérateur doit trouver un intérêt
  - Est-ce facile de travailler avec le robot ?
    - Pour être accepté, l'interaction opérateur/robot doit être facile



# Le déploiement

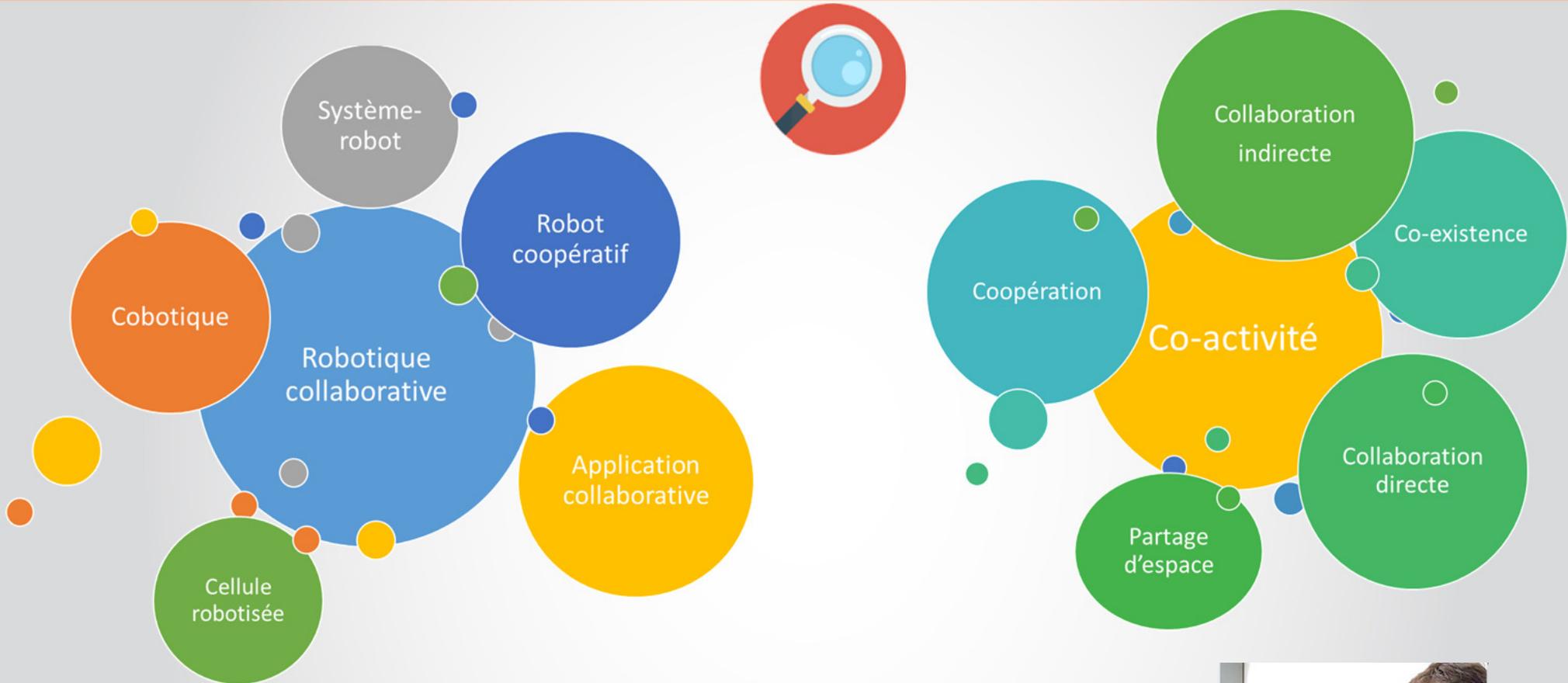
- Impliquer le plus en amont possible les futurs utilisateurs dans la réflexion
  - Identifier et décrire les tâches bénéficiant de la robotique collaborative
  - Anticiper les modifications (organisation, collectif, rôle des utilisateurs et leur activité)
  - Anticiper et communiquer sur la répartition des tâches entre le système robotisé e les utilisateurs
  - Communiquer sur les avantages (suppression des tâches répétitives sans valeur ajoutée) et les éventuels points bloquants (craintes de travailler avec une machine, peur de perte d'emploi etc ..)
  - ...

**Approche pluridisciplinaire**



30

# Familiarisation et apprentissage

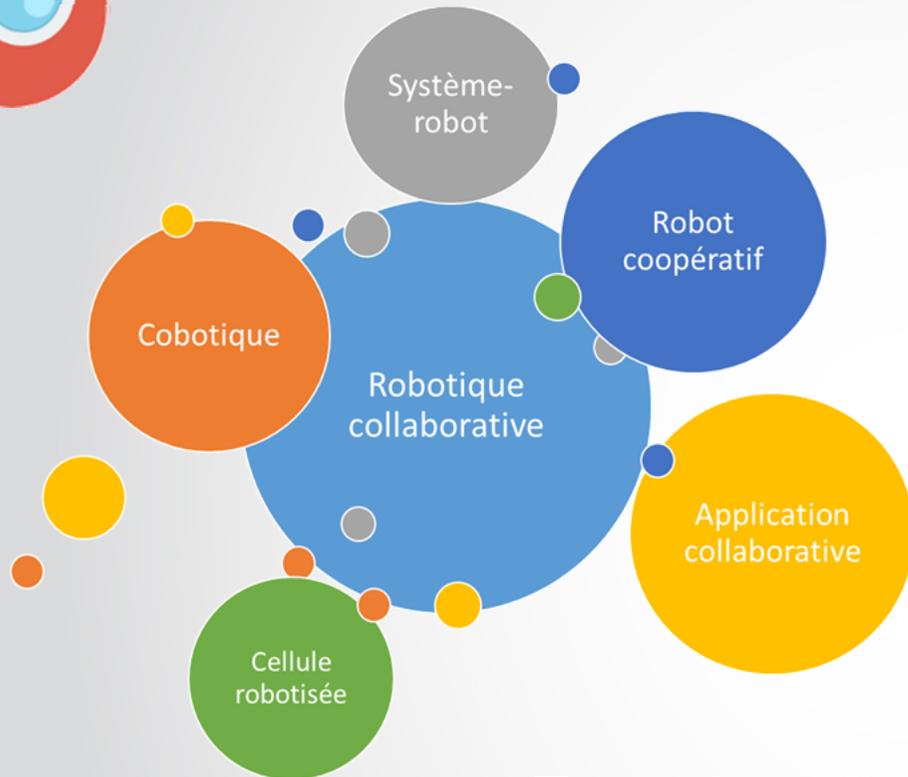


Source : RB3D



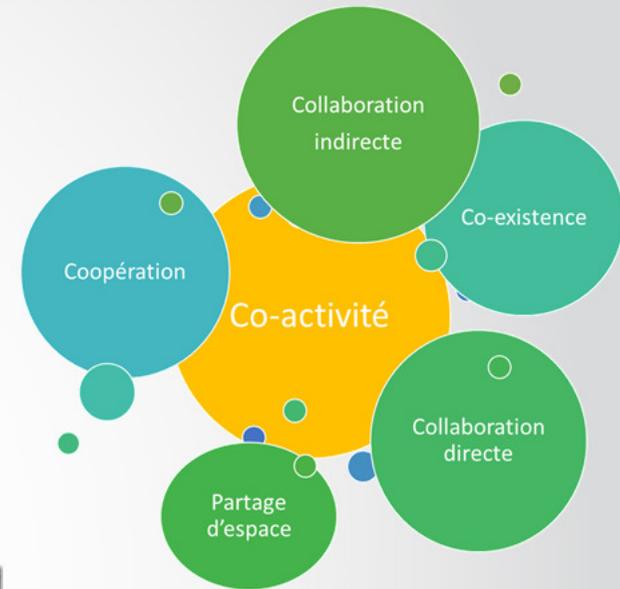
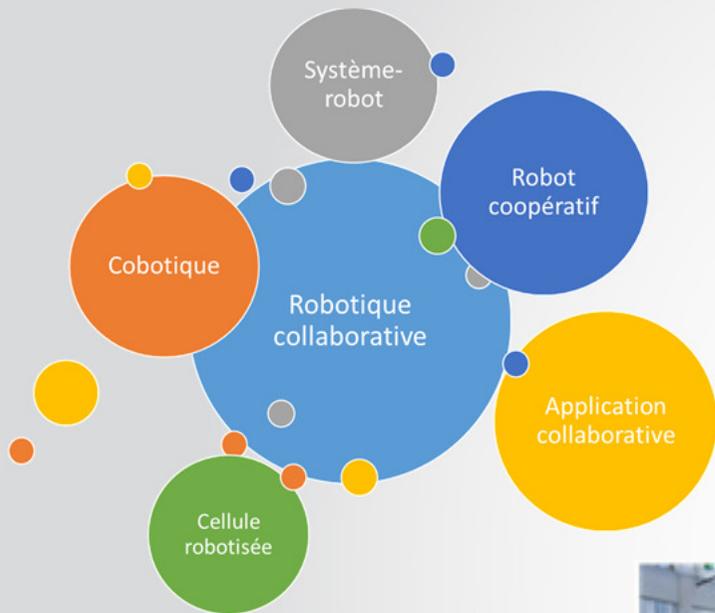
Source : Kuka

# Familiarisation et apprentissage



- Favoriser l'apprentissage (Système robotisé – Tâche – environnement)
- Identifier de nouveaux repères
- Inventer l'usage

# Familiarisation et apprentissage



Le temps d'appropriation varie en fonction de facteurs liés au système robotisé collaboratif, à la tâche à effectuer et à l'environnement de travail

# Amélioration continue

- Même si il y a acceptation, les risques ne disparaissent pas forcément
- Suivi et amélioration continue
  - Sessions d'évaluations de la collaboration homme-robot peuvent être également envisagées
  - Mise en place d'un système de retour d'expériences tant pour les événements négatifs que positifs



# Synthèse



**La mise en œuvre d'une application collaborative doit être précédée par une analyse du besoin**



**L'analyse des risques doit prendre en compte les risques spécifiques**



**L'analyse des risques doit prendre en compte les contraintes ergonomiques**



**Les éléments de sécurité et les besoins fonctionnels doivent être en adéquation**

# Pour en savoir plus

Le dossier Web INRS  
sur la robotique collaborative :

<http://www.inrs.fr/risques/robots-collaboratifs/ce-qu-il-faut-retenir.html>

Le guide de prévention pour  
la mise en œuvre  
d'applications collaboratives robotisées :

[http://travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/guide\\_de\\_prevention\\_25\\_aout\\_2017.pdf](http://travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/guide_de_prevention_25_aout_2017.pdf)



# Merci de votre attention

Pour télécharger cette présentation  
et les ressources bibliographiques sur ce thème :

[www.preventica.com](http://www.preventica.com)

**Bordeaux 2018 / Conférences Carsat**

---

**Retrouvez-nous sur notre Stand Principal E 82**

**et sur notre stand Aide à la Personne C107**