Industrie du futur
Transformations du travail

Le cas de la Cobotique

Flore Barcellini, Professeure des Universités en ergonomie
Centre de Recherche sur le Travail et le Développement
flore.barcellini@cnam.fr

Objectifs

- La transition vers des usines du futur : une opportunité pour penser un travail du futur ?
  - Un diagnostic centré sur le travail et ses transformations du programme “Industrie du futur”

- Propositions de l’ergonomie pour penser le travail du futur
  - Accompagnement des transformations du travail
  - Le cas de la cobotique
    - Projet ANR ICARO (2011- 2014) – « Industrial Cooperative Assistant RObotics » - Conception d’un démonstrateur « réellement coopératif »
    - Projet ANR HECTTOR (2018 – 2021) – « L’Humain Engagé par la Cobotisation dans les Transformations du Travail et des ORganisations dans les usines du futur »

Objectifs

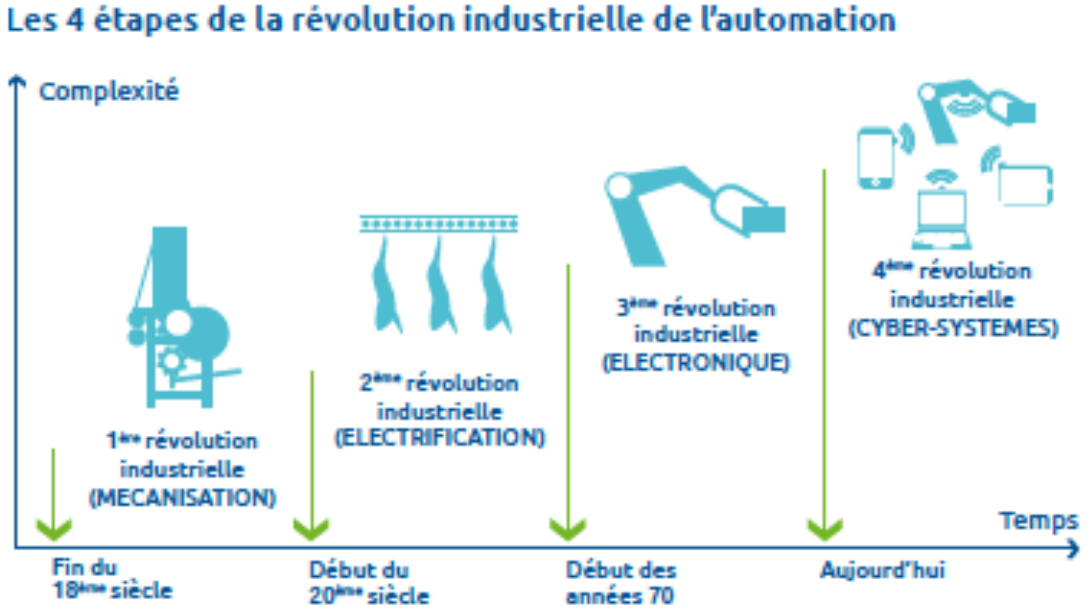
- La transition vers des usines du futur : une opportunité pour penser un travail du futur ?
  - Un diagnostic centré sur le travail et ses transformations du programme “Industrie du futur”

- Propositions de l’ergonomie pour penser le travail du futur
  - Accompagnement des transformations du travail
  - Le cas de la cobotique
    - Projet ANR ICARO (2011- 2014) – « Industrial Cooperative Assistant RObotics » - Conception d’un démonstrateur « réellement coopératif »
    - Projet ANR HECTTOR (2018 – 2021) – « L’Humain Engagé par la Cobotisation dans les Transformations du Travail et des ORganisations dans les usines du futur »

« Industrie du Futur »

Cadrage

- Une volonté politique de modernisation de l'outil productif français… (plan 2013 « usine du futur »)
- Dans une perspective principalement technocentrée
  - Renvoyant à une collection de technologies « hétérogènes » (cobotique et exosquelette, fabrication additive, big data & cloud, internet des objets & RFID, réalité augmentée et réalité virtuelle…)



FIM

« Industrie du Futur »

Cadrage

- Une volonté politique de modernisation de l'outil productif français… (plan 2013 « usine du futur »)
- Dans une perspective principalement technocentrée
  - Renvoyant à une collection de technologies « hétérogènes » (cobotique et exosquelette, fabrication additive, big data & cloud, internet des objets & RFID, réalité augmentée et réalité virtuelle…)
- Mais aussi… à travers la transformation des organisations, des modes de conception …(programme 2015 « industrie du futur » nouveaux objectifs et élargissement)
- Dans un contexte de transitions environnementales, énergétiques, sociétales au niveau mondial

« Industrie du Futur »

Cadrage

- Une inscription dans un mouvement mondial de soutien aux transformations de l'industrie*

- Renvoyant à des objectifs proches
  - Développement de l'offre technologique au travers de politique de financement de la recherche
  - Modernisation de l'industrie (robotique et numérique)
  - Adaptation des compétences et formation

*Bidet-Mayer, 2016

« Industrie du Futur » *Usine du futur*

- Un discours fort sur la place de l'humain dans les usines du futur

« *L'usine du futur sera plus agile et flexible, moins coûteuse et plus respectueuse de ses travailleurs et de l'environnement, grâce à un fort niveau d'automatisation et une intégration numérique de l'ensemble de la chaîne de production* » (*La Fabrique de l'Industrie (2016), p.1*)

« *L'usine du futur sera une usine innovante, compétitive, performante, sûre et attractive,[…] une usine propre, silencieuse, impliquée dans son écosystème industriel, économe en matières premières et en énergie, une usine centrée sur l'humain, pour mieux prendre en compte les attentes des collaborateurs tout au long de leur vie active et mieux attirer les talents dont elle a besoin, une usine qui affranchit, grâce à l'automatisation et la robotique collaborative, l'homme des tâches pénibles ou répétitives pour mettre ses fonctions cognitives au service de la qualité, de l'innovation et du déploiement du changement agile* » (*FIM, p.7*)

« *L'Usine du Futur est construite autour de l'homme et de ses savoir-faire. Elle privilégie le bien-être des salariés, l'évolution de leurs compétences et leur collaboration au projet de l'entreprise. Elle doit attirer les talents (…). Son organisation permet de cultiver l'efficacité et la créativité de ses salariés, qui sont d'ailleurs incités à développer en continu leurs talents et capacités. Leurs implications et contributions à la prise de décisions sont encouragées* » *(FIM, p.55)*

« Industrie du Futur » *Objectifs et moyens*

- La place de l'humain « attrapée » par les questions de formation
- Peu de représentation des sciences du travail, des sciences de gestion

« Industrie du Futur » *Objectifs et moyens*

- Soutenir le développement technologique ➔ Financement R&D, chaires techniques
- « Accompagner » les PME/PMI ➔ Diagnostics personnalisés portés par les régions (15000 entreprises « sensibilisées », 2000 « accompagnées ») , avantages fiscaux, prêts BPI
- « Préparer l'Homme » ➔ Formation initiale

➔ *Quels modèles sous-tendent ces diagnostics ? Quelle articulation entre vision prospective et stratégique des entreprises et apports des technologies ?*

➔ *Quid de la formation continue professionnelle dans un contexte de vieillissement de la population au travail?*

➔ *Quels modèles d'accompagnement des transitions et des transformations du travail ?*

« Industrie du Futur » *Objectifs et moyens*

- « Transformer des organisations et des modes de conception »
  - Le Lean Management présenté comme « l'outil de l'excellence opérationnelle *au cœur de la démarche* » (*FIM, p. 39*) ➔ une organisation du travail « du passé » à dépasser ?
  - Une mise en avant de la collaboration, de « l'innovation collaborative »
  - Une organisation flexible liée au « renouvellement permanent des ressources humaines » au travers de la formation continue

➔ *Quelles alternatives au Lean management comme modèle d'organisation « du futur » ?*

➔ *Quels modèles d'organisation du futur laissant la place à la collaboration effective dans les entreprises ?*

Objectifs

- La transition vers des usines du futur
  - Une opportunité de développement pour les opérateur.trice.s et les organisations
  - Un risque potentiel pour la santé des opérateurs.trices et la performance des entreprises lié à « un impensé » des transformations du travail, des modes d'accompagnement des transitions vers un travail du futur

- Penser le travail du futur
  - Dépasser les écueils "classiques" de la conduite du changement sans prise en compte du travail
  - Penser le travail du futur en portant une vision de « ce qu'il devrait/pourrait » être

Conduite du changement

Eceuils

Une vision « techno-centrée » de la conduite du changement

Manque de pilotage politique et systémique des projets et absence de vision prospective

Faible collaboration réelle dans les projets

➔ Prédominance de logique de pilotage, faible collaboration réelle

Prédominance des logiques techniques et économiques

➔ Peu de prise en compte des conséquences organisationnelles, RH, formation, santé

Absence de prise en compte du travail et des opérateurs.trices

➔ Adaptations couteuses aux conséquences des décisions techniques sur leur travail

Un risque de rigidification du travail

Prise en compte d'une vision théorique du travail dans la conduite du changement

➔ Absence de prises en compte des dimensions cognitives et collectives du travail

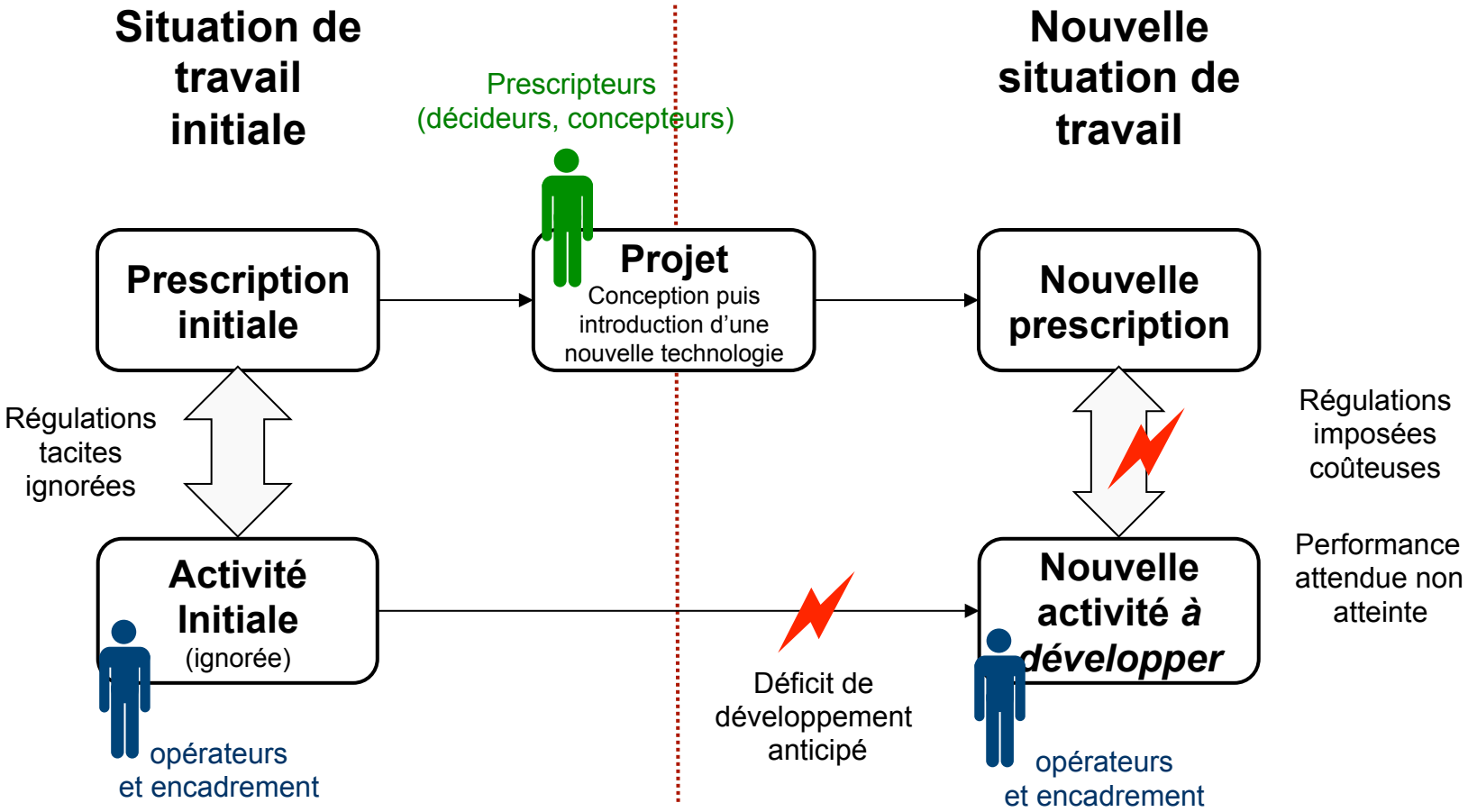
Sur-estimation des possibilités de remplacement de l'Humain par la technologie

Risque d'obsolescence des compétences

Conduite du changement

Écueils

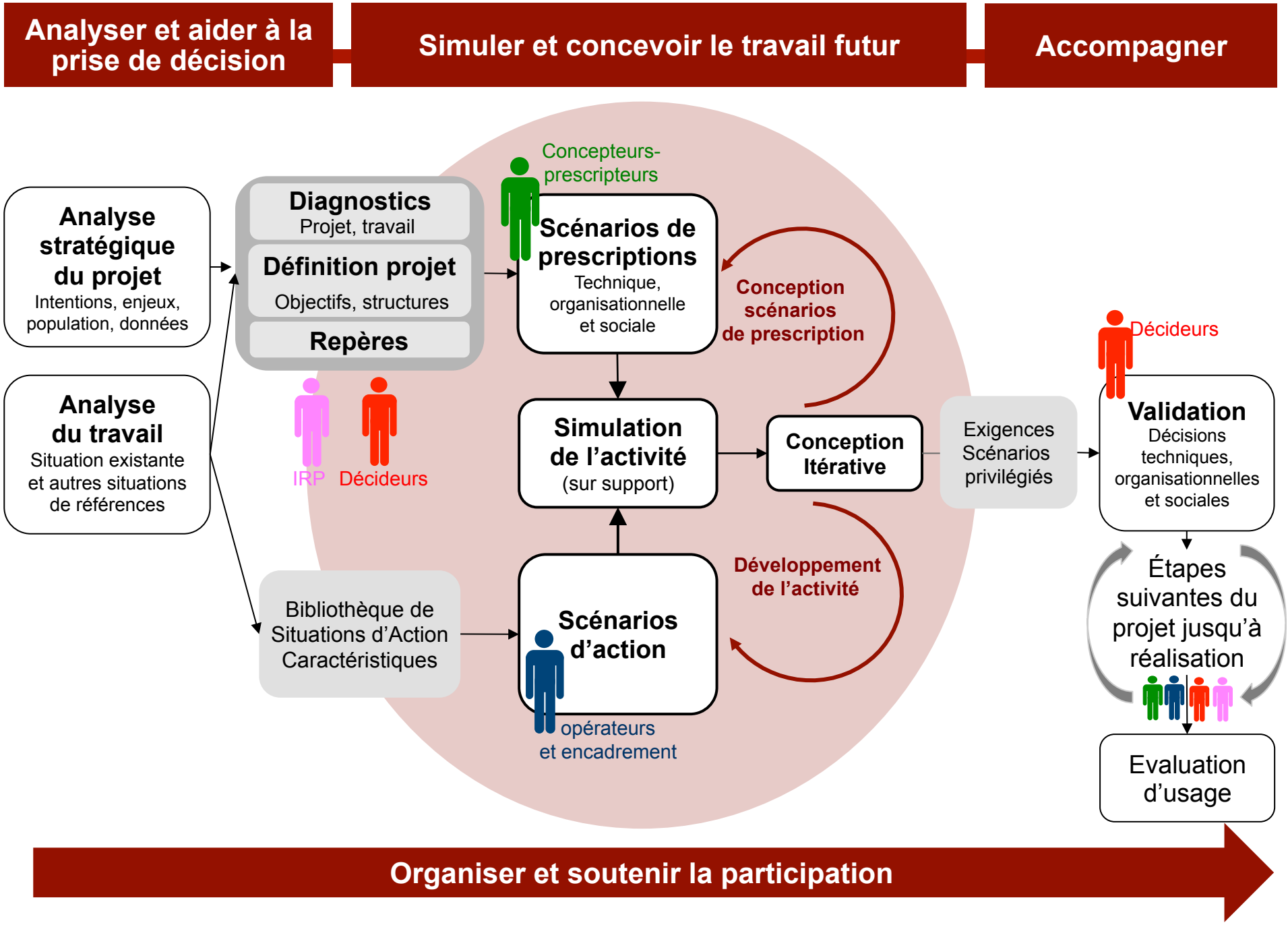
Un risque pour la santé des opérateurs.trices et pour la santé des entreprises



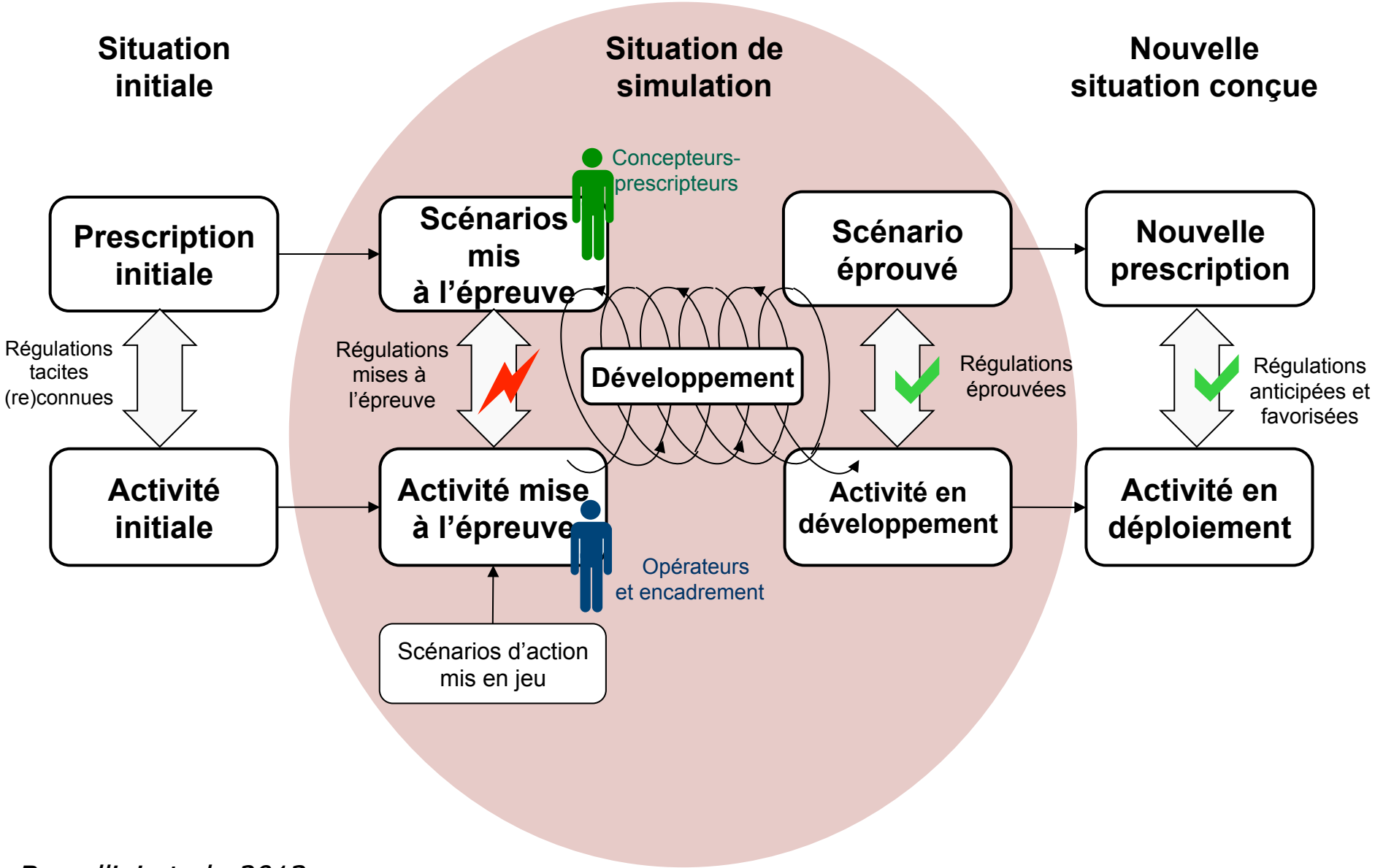
Barcellini et al., 2013

Penser le travail futur

- Par la mise en œuvre de démarche située d'accompagnement des transformations du travail
  - Enrichir les diagnostics "Industrie du Futur" par les questions du travail
  - Poser et mettre en discussion des diagnostics ergonomiques pour produire des connaissances sur le travail présent
  - Mise en place de méthodes de collaboration effectives
  - Accompagner les entreprises pour pérenniser les démarches de transformations


Analyser et aider à la prise de décision
Simuler et concevoir le travail futur
Accompagner
Analyse stratégique du projet
Intentions, enjeux, population, données
Analyse du travail
Situation existante et autres situations de références
Diagnostics
Projet, travail
Définition projet
Objectifs, structures
Repères
IRP
Décideurs
Concepteurs-prescripteurs
Scénarios de prescriptions
Technique, organisationnelle et sociale
Conception scénarios de prescription
Simulation de l'activité
(sur support)
Conception Itérative
Exigences Scénarios privilégiés
Bibliothèque de Situations d'Action Caractéristiques
Scénarios d'action
opérateurs et encadrement
Développement de l'activité
Décideurs
Validation
Décisions techniques, organisationnelles et sociales
Étapes suivantes du projet jusqu'à réalisation
Evaluation d'usage
Organiser et soutenir la participation

Penser le travail futur *Intervention*



Barcellini et al., 2013

Objectifs

- La transition vers des usines du futur : une opportunité pour penser un travail du futur ?
  - Un diagnostic centré sur le travail et ses transformations du programme “Industrie du futur”

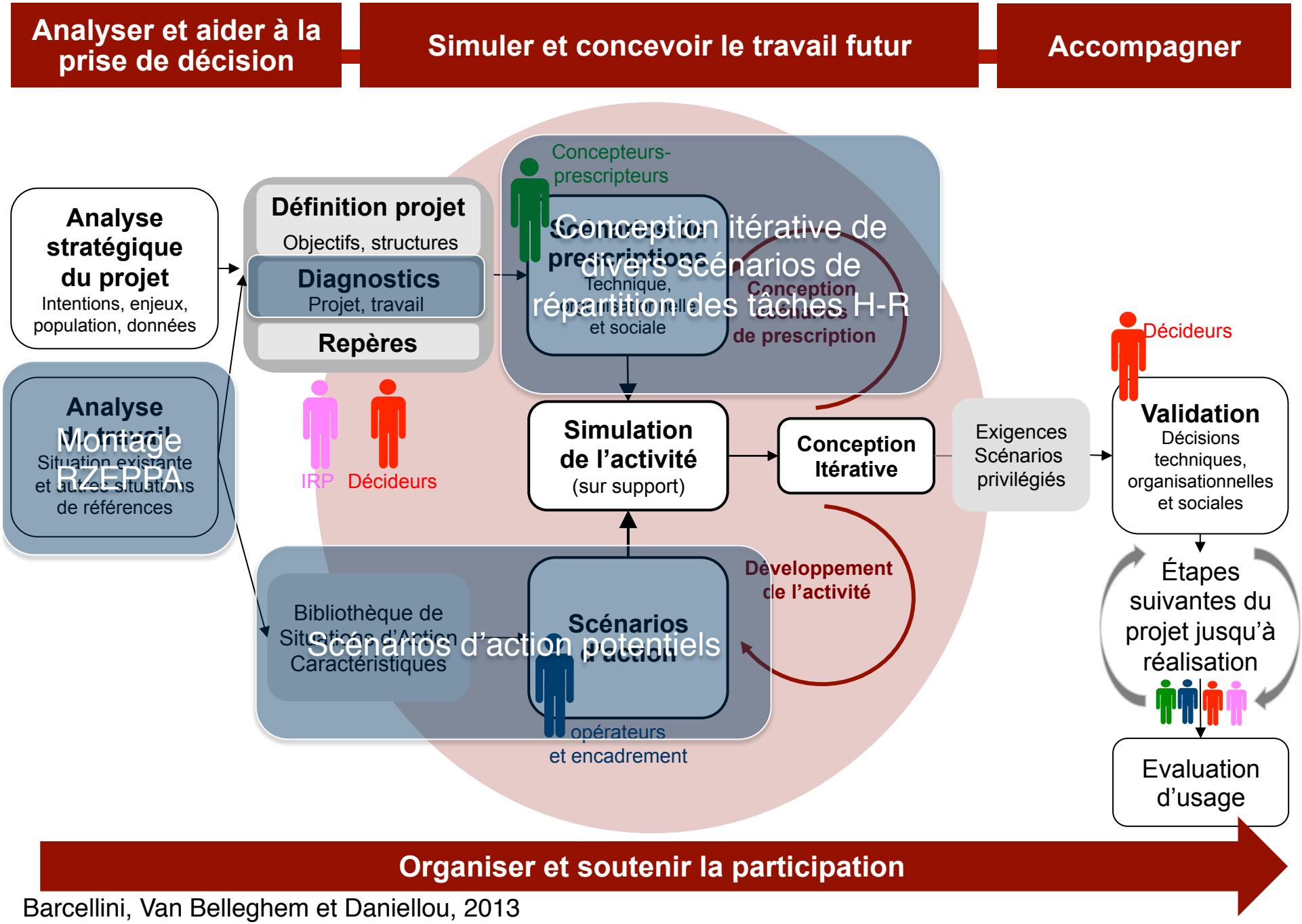
- Propositions de l’ergonomie
  - Accompagnement des transformations du travail
  - Le cas de la cobotique
    - Projet ANR ICARO (2011- 2014) – « Industrial Cooperative Assistant RObotics » - Conception d’un démonstrateur « réellement coopératif »
    - Projet ANR HECTTOR (2018 – 2021) – « L’Humain Engagé par la Cobotisation dans les Transformations du Travail et des ORganisations dans les usines du futur »
      - Focalisation sur les PMEs

Contexte

Agence Nationale de la Recherche
ANR

- Participation à la conception d'une technologie de robotique coopérative visant le maintien dans l'emploi
  - Opportunité perçue liée à l'introduction d'un co-bot ➔ Baisse de la pénibilité physique (sollicitation bio-mécanique) à un poste
- Projet de recherche d'innovation industrielle
  - Assistance aux concepteurs-chercheurs dans la conception d'un démonstrateur (travail réalisé par Corinne Grosse)
  - Projet d'industrialisation à moyen terme

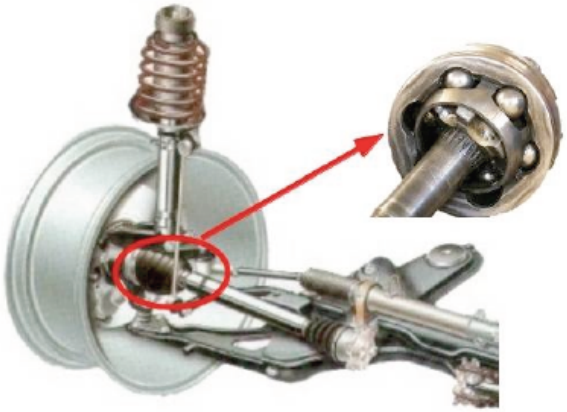
AIRBUS GROUP · PSA PEUGEOT CITROËN · tecnalia · SIEMENS · le cnam · LAAS-CNRS · LIRMM

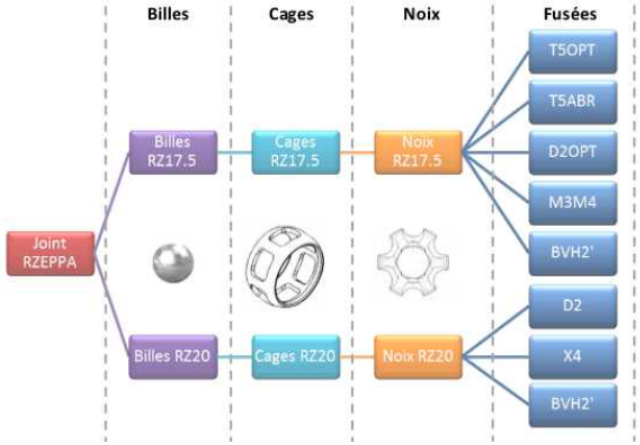


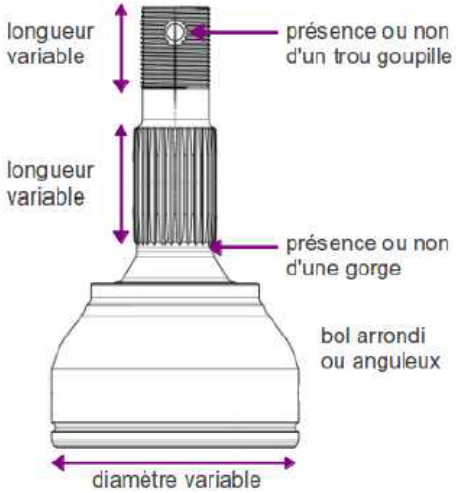
Barcellini, Van Belleghem et Daniellou, 2013

ICARO

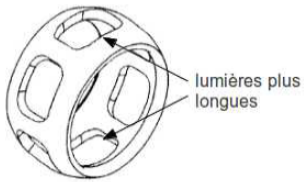
- Caractéristiques des monteurs – joint RZEPPA
  - Population vieillissante, inaptitudes (25%), TMS
  - Novices, experts, monteurs occasionnels
  - Travail posté, astreintes sonores, thermiques
  - Poste non cyclé avec objectifs de production journaliers ➔ travail répétitif
- Variabilité des joints







Cage 20



4 lumières de mêmes tailles
2 lumières plus longues

Cage 17,5

6 lumières de mêmes tailles

ICARO

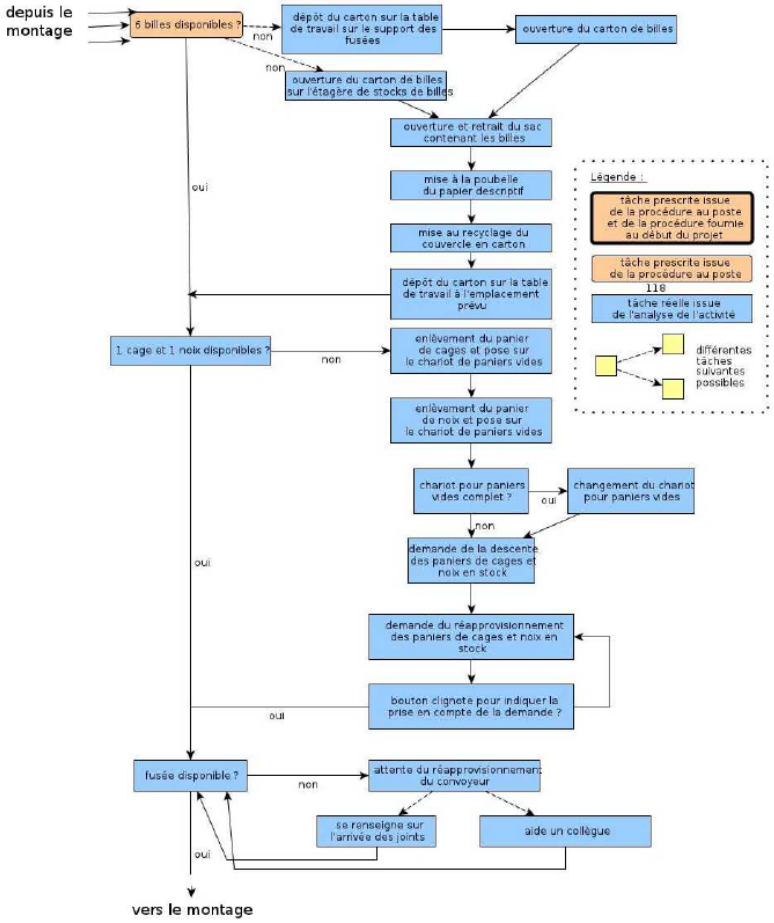
- Poste

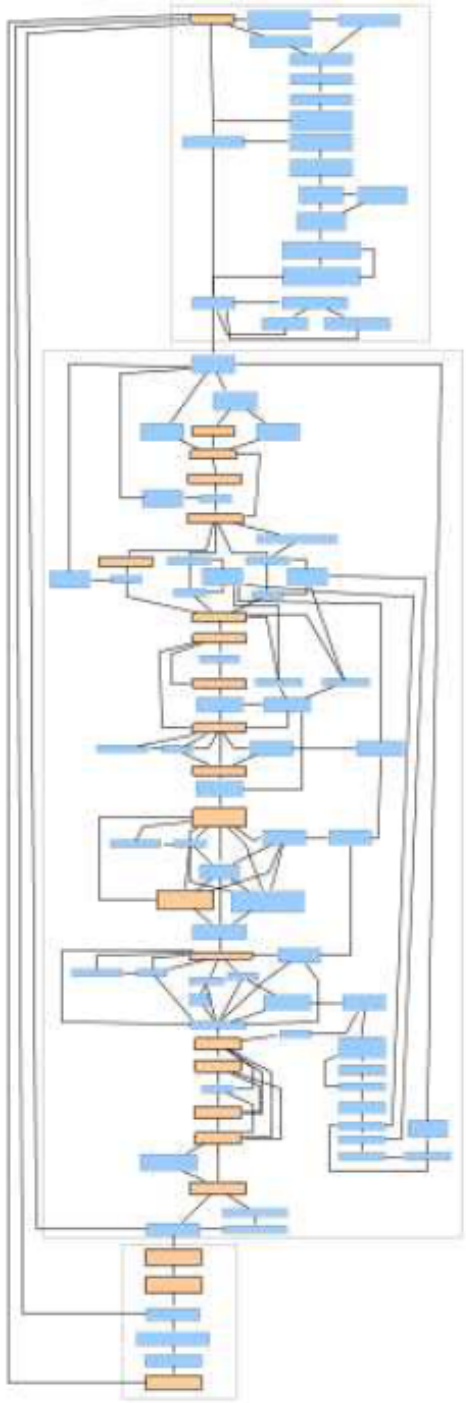
étagère pour les défauts
étagère pour les cartons de billes en stock
poubelle pour l'emballage des billes
chariot pour les paniers de cages et noix vides
éclairage individuel
poste de montage
contenant pour les joints montés

convoyeur de sortie pour déposer les joints
billes
cages
pièces avec défauts
5 à 6 fusées sur le convoyeur d'entrée
noix
boutons pour mettre à hauteur la table

ICARO

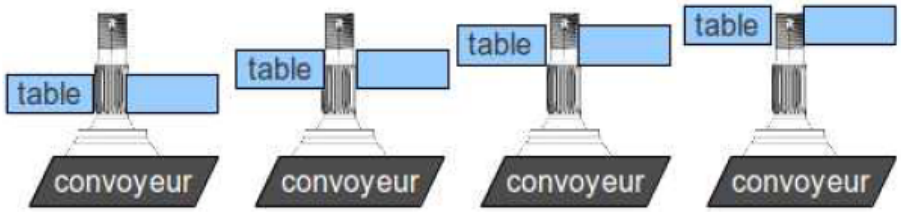
- Tâche prescrite (orange) / activité réelle

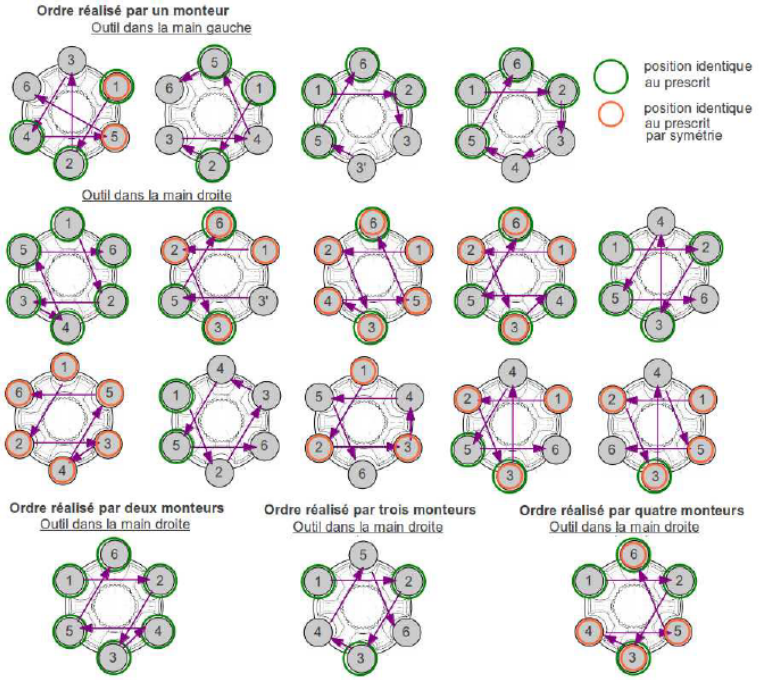




- Tâche prescrite / activité réelle

Diversité des stratégies de montages
(toutes différentes de la gamme prescrite)
➔ Marges de manœuvre à préserver
➔ Enjeux de santé et de performance

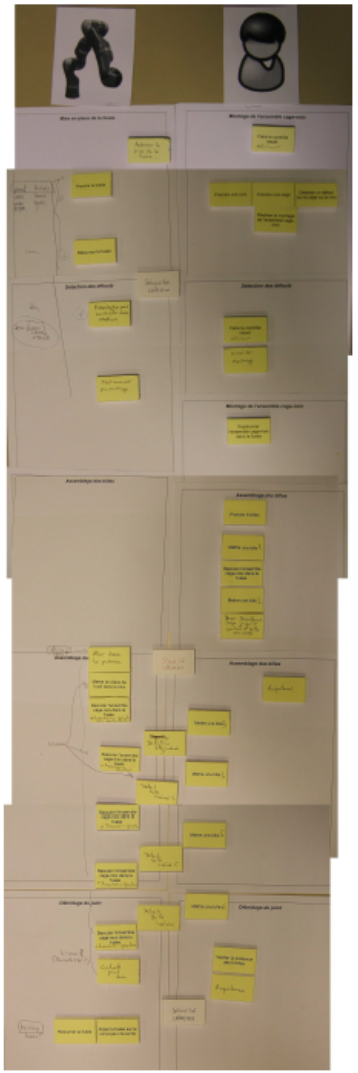




Stratégie de détection de défauts
(détection points durs et démontage) et de contrôle qualité
à soutenir ou à reconstruire
Enjeux de performance

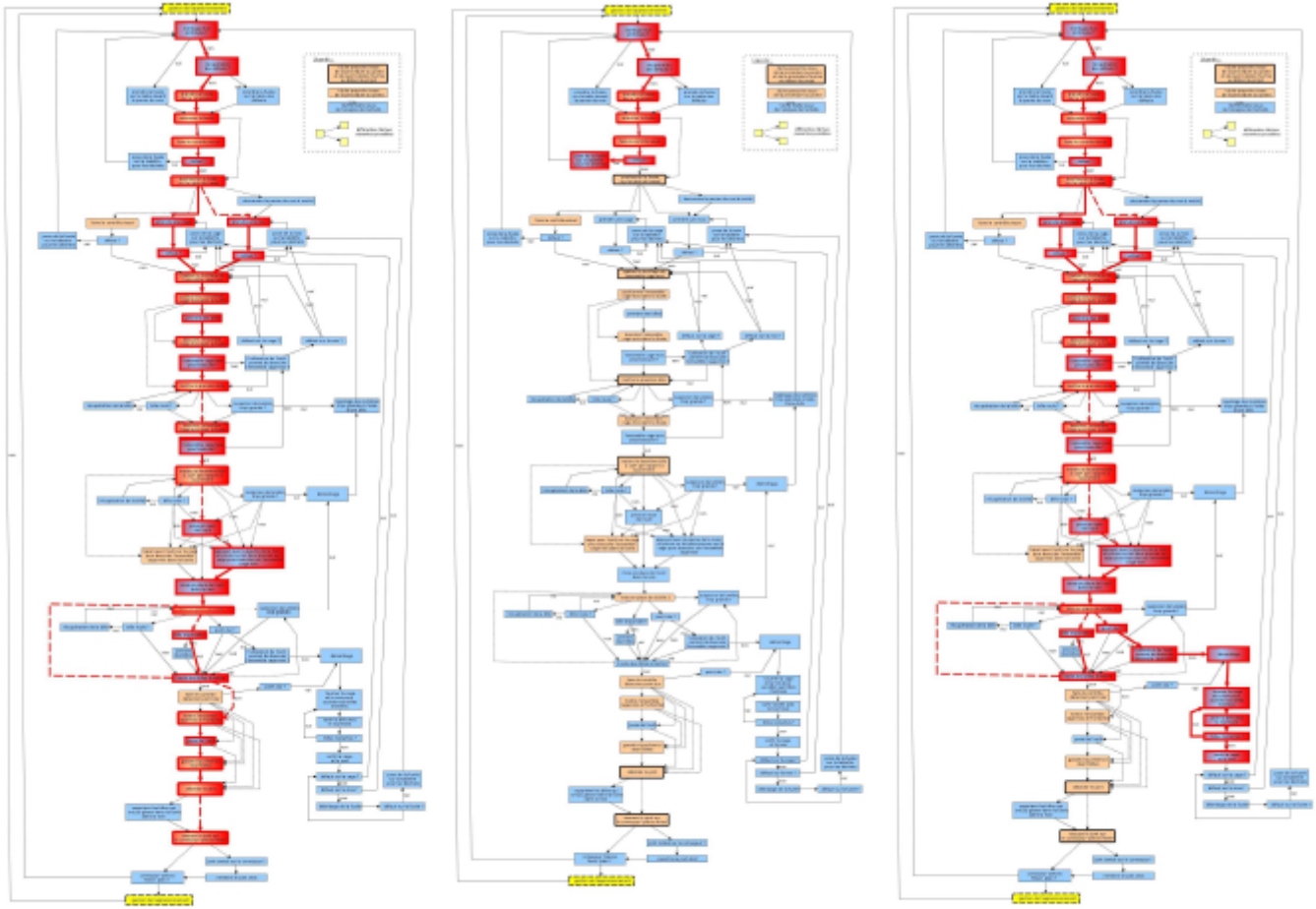
ICARO

- Conception itérative de scénarios de répartition des tâches coopératives Humains - Robots



ICARO

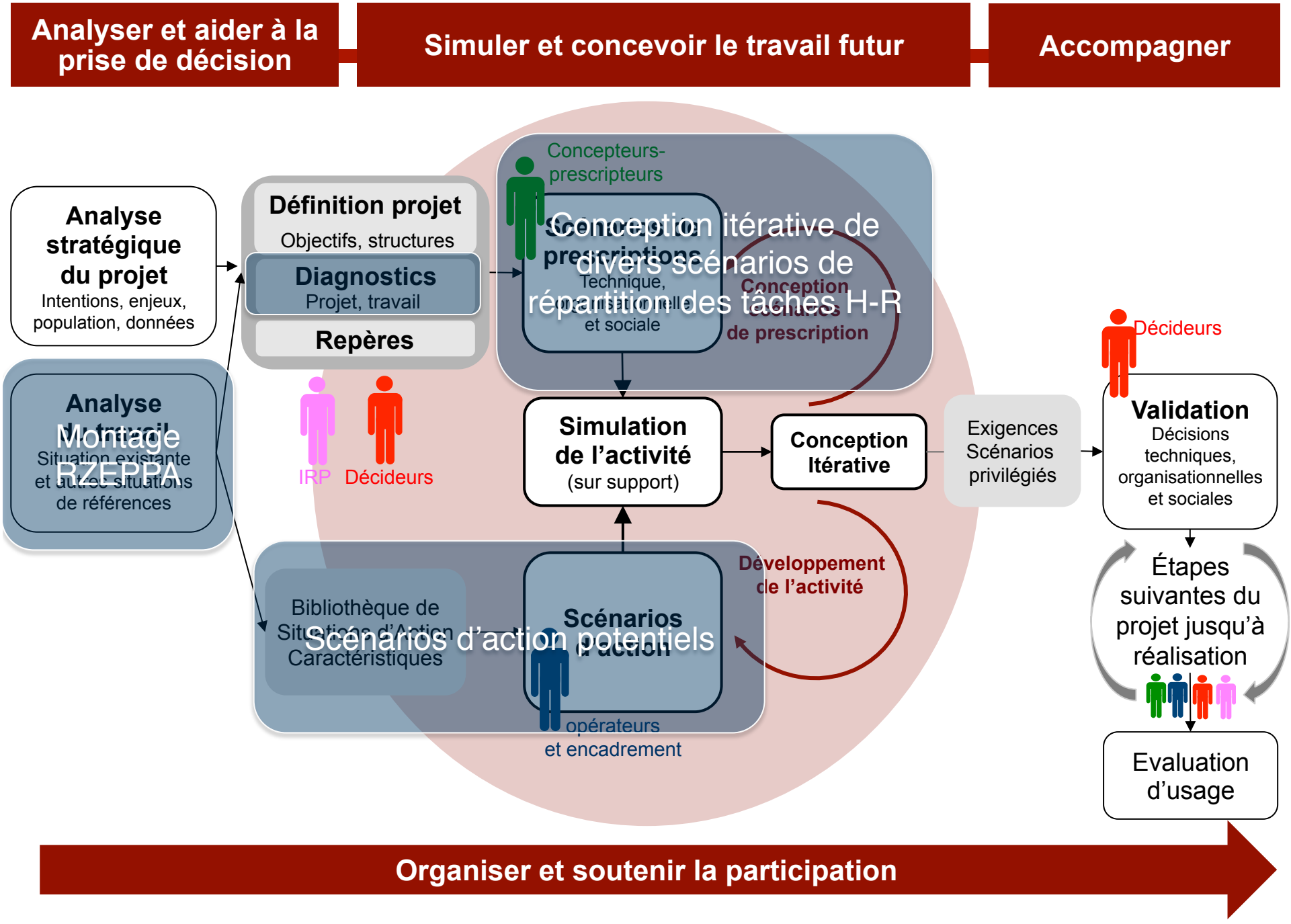
- Scénarios d'action potentiels



Montage standard

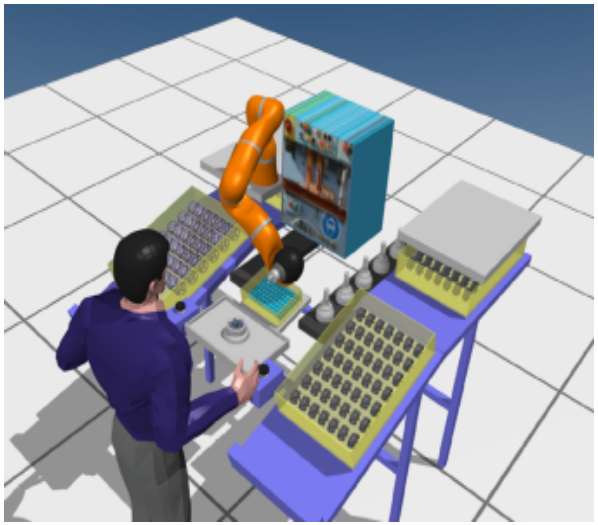
Fusée avec défaut

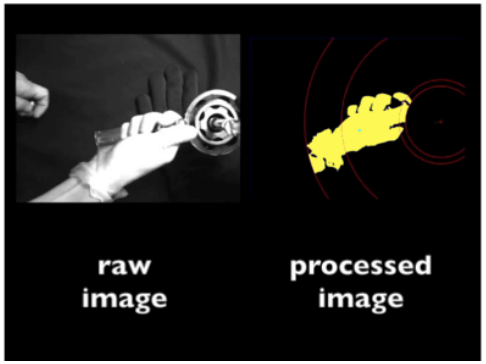
Démontage lors de l'assemblage des billes

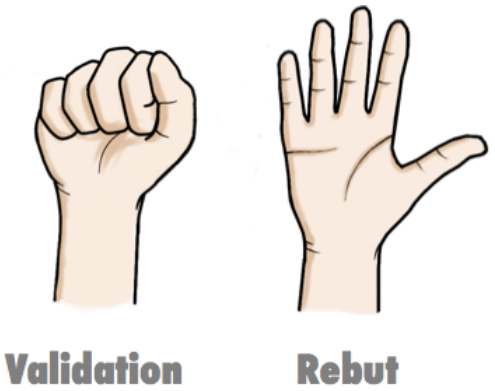

Analyser et aider à la prise de décision
Simuler et concevoir le travail futur
Accompagner
Analyse stratégique du projet
Intentions, enjeux, population, données
Définition projet
Objectifs, structures
Diagnostics
Projet, travail
Repères
Concepteurs-prescripteurs
Technique, organisationnelle et sociale
Conception de prescription
Conception itérative de divers scénarios de répartition des tâches H-R
Analyse du travail
Situation existante et autres situations de références
Montage RZEPPA
IRP
Décideurs
Simulation de l'activité
(sur support)
Conception Itérative
Exigences
Scénarios privilégiés
Décideurs
Validation
Décisions techniques, organisationnelles et sociales
Développement de l'activité
Bibliothèque de Situations d'Action Caractéristiques
Scénarios d'action potentiels
opérateurs et encadrement
Étapes suivantes du projet jusqu'à réalisation
Evaluation d'usage
Organiser et soutenir la participation

ICARO

- Modalités de coordination Humains-Robot
  - Répartition « adaptative » des tâches
  - Déclenchement des tâches, arrêt, simultanéité ou séquentialité







Co-bot détecte le mouvement humain et replanifie sa trajecroire +- fluide

Et ensuite ?

- Présence de cobot en coopération réelle sur des lignes de production?
  - Quel modèle de la coopération ?

- Quel projet d'implantation réel dans les entreprises, notamment PME ? Quel usage organisationnel des cobots?

- Quelles opportunités de développement de l'activité, de la santé et de la performance pour les opérateurs et les organisations?

HECTTOR

Défi 3 « Stimuler le renouveau industriel »
Axe 1 Usine du futur : Hommes – Organisations – Technologies

HECTTOR

L'Humain Engagé par la Cobotisation dans les Transformations du Travail et des ORganisations dans les usines du futur

Coordinatrices scientifiques
Flore Barcellini et Caroline Moricot

Stratégie de recherche

- Inscription de la recherche dans une approche historique et diachronique
  - Au niveau sociétal à travers un diagnostic politique, sociale et technique
    - Cobotique et transformations du travail et de la société
  - De manière située à partir d'expériences réelles de projets de cobotisation dans des PME
    - Recherche-action en accompagnement de ces projets
- Mise en discussion des modèles SHS-SPI

Stratégie de recherche

- Inscription de la recherche dans une approche historique et diachronique
  - Au niveau sociétal à travers un diagnostic politique, sociale et technique
    - Cobotique et transformations du travail et de la société
  - De manière située à partir d'expériences réelles de projets de cobotisation dans des PME
    - Recherche-action en accompagnement de ces projets
- Mise en discussion des modèles SHS-SPI
  - Première question : qu'est-ce qu'un cobot?
    - « Un ensemble d'actionneurs dotés de capteurs permettant de détecter l'opérateur »?
    - Déchargeant les opérateur.trice.s de tâches pénibles ou répétitives
    - « Co ? » Partage d'espace « co-présence » ≠ co-opération ou co-élaboration
    - Notion de système cobotique (Moulières – Seban, 2017)

Retombées

- Politiques et sociétales
  - Comprendre les mutations sociales et du travail

- Sociales, de santé et de gestion des compétences
  - Transformations du travail - « travail bien fait » - préservation/construction de la santé

- Conduite du changement et de management des transitions vers des industries du futur
  - Place faite à l'humain et au travail, méthodes de conduite du changement innovantes

- Modèles de conception des technologies et des process
  - Intégration des enjeux humains et organisationnels en phase amont des projets de conception (cobots et process)

Merci de votre attention

Questions ?

Références

Barcellini, F. (2008). Conception de l'artefact, conception du collectif: dynamique d'un processus de conception ouvert et continu dans une communauté de développement de logiciels libres. Thèse de doctorat, Cnam, 28 novembre 2008.

Barcellini, F. (2015). *Vers le développement d'Interventions Capacitantes en Conduite du Changement : comprendre le travail collectif de conception, agir sur la conception collective du travail*. Thèse d'Habilitation à Diriger des Recherches , Université de Bordeaux, 17 avril 2015.

Barcellini, F., Van Belleghem, L et Daniellou, F. (2013). Les projets de conception comme opportinuté de développement des activites. In P. Falzon (Coord.) "*Ergonomie Constructive*". PUF.

Bidet-Mayer, T. (2016). L'industrie du futur : une compétition mondiale , Paris, Presses des Mines.

FIM (2016). Guide pratique de l'usine du futur : enjeux et panorama de solutions.

Gollac, M.: Guyot, S. et Volkoff, S. (2008). A propos du "travail soutenable". Les apports du séminaire interdisciplinaire "Emploi soutenable, carrières individuelles et protection sociale". Rapport de recherche du Centre sur l'Etude de l'Emploi.

La Fabrique de l'industrie : laboratoire d'idée (2015). *Définir l'usine du Futur*.

Ministère de l'economie et des finances (2015). Industrie du Futur : Réunir la nouvelle France industrielle. Dossier de presse. http://www.economie.gouv.fr/nouvelle-france-industrielle/industrie-du-futur

Projet ANR ICARO Industrial Cooperative Assistant Robot

Projet ECHINE http://www.hesam.eu/blog/2015/06/19/echine/ Emergence d'une communauté HESAM Industrie Nouvelle Efficience

Projet HECTTOR l'Humain Engagé par la Cobotisation dans les Transformations du Travail et des ORganisations dans les usines du futur