

# CONCEPTION DE SYSTÈMES DE PRODUCTION RECONFIGURABLES/FLEXIBLES

XAVIER DELORME – MINES SAINT-ÉTIENNE  
ALEXANDRE DOLGUI – IMT ATLANTIQUE

# SOMMAIRE

## 1. INTÉRÊT DES SYSTÈMES RECONFIGURABLES/FLEXIBLES

- 1.1 Évolution de marchés
- 1.2 Caractéristiques d'un système de production reconfigurable
- 1.3 Architecture d'un système de production reconfigurable

## 2. CONCEPTION DE LIGNE D'USINAGE

- 2.1 Exemple de configuration d'une ligne d'usinage
- 2.2 Aide à la décision pour la conception et la reconfiguration

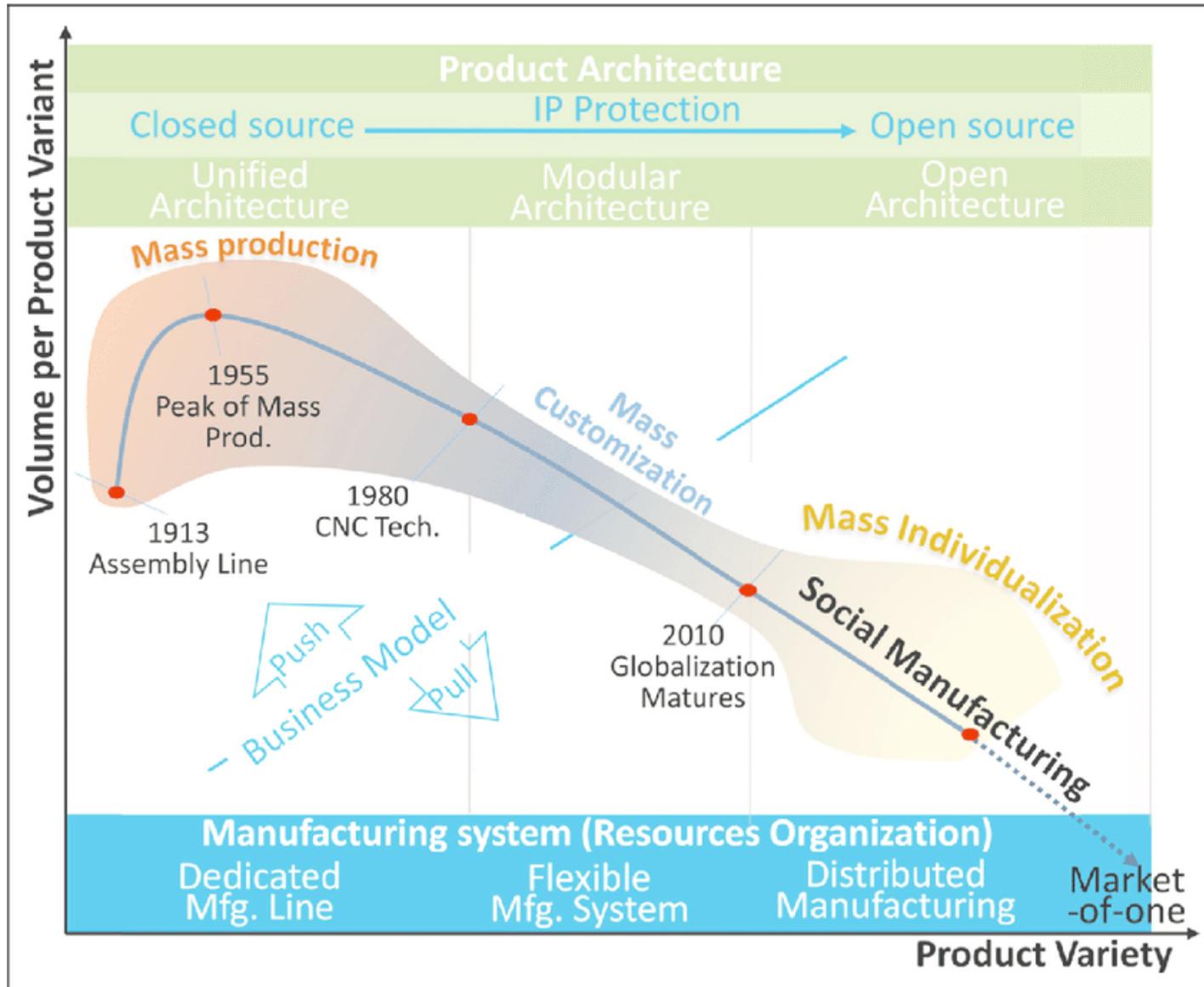
## 3. CONCEPTION DE LIGNE D'ASSEMBLAGE

- 3.1 Exemple de configuration d'une ligne d'assemblage
- 3.2 Aide à la décision pour l'affectation d'opérateurs polyvalents
- 3.3 Aide à la décision pour la prise en compte de l'ergonomie dès la conception

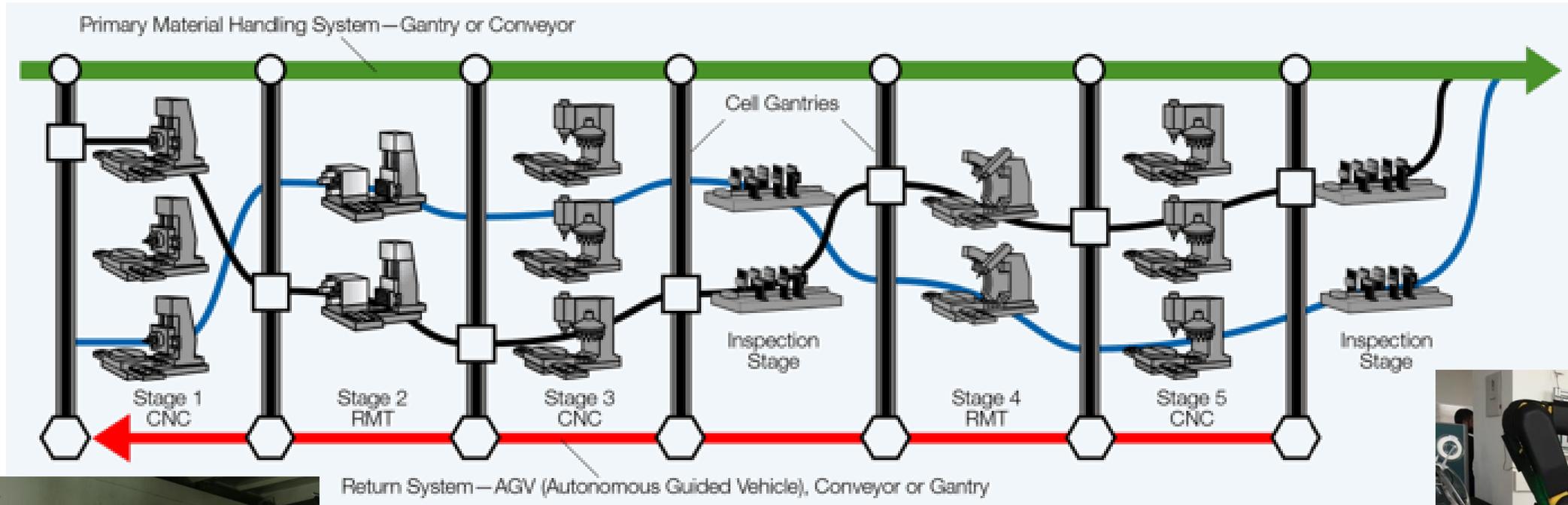
## 4. PERSPECTIVES ET FUTURS ENJEUX

# • INTÉRÊT DES SYSTÈMES RECONFIGURABLES/FLEXIBLES

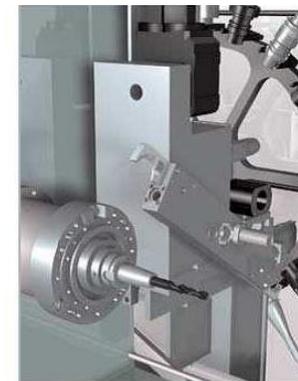
Évolution de marchés



- **Scalabilité** : le système adapte la capacité de production aux évolutions de la demande en maintenant la productivité
- **Personnalisation** : le système physique ainsi que le système de contrôle sont personnalisés
- **Convertibilité** : une évolution rapide du système est possible en cas de changement de produit
- **Modularité** : les différentes composantes sont modulables (architecture, machines, logiciels, etc)
- **Intégrabilité** : les règles d'intégration des différents modules doivent être établis
- **Diagnosticabilité** : les pannes machines ainsi que leurs causes sont identifiées



Machine reconfigurable

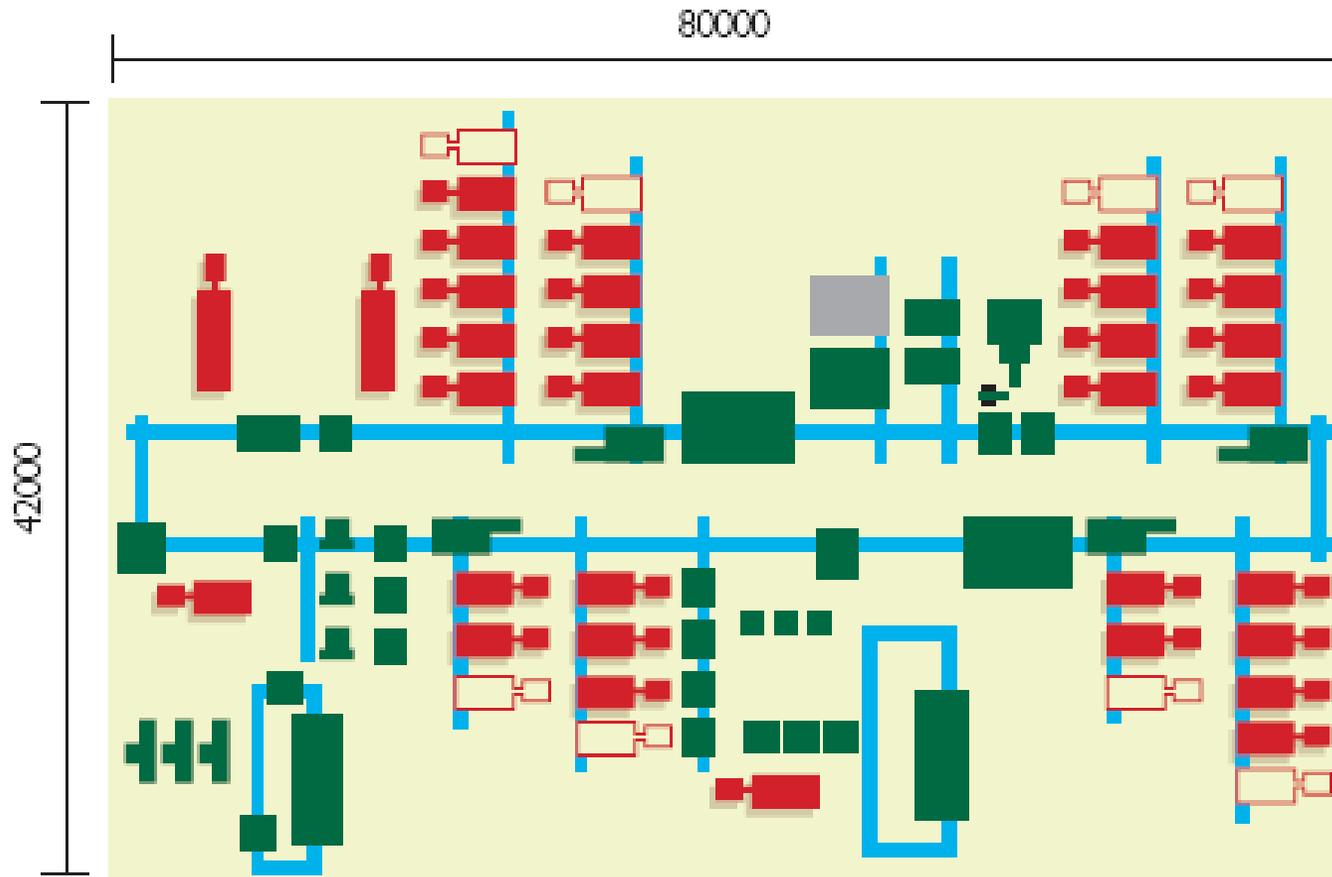


Machine CNC



Cobot Bosch  
(ITm'Factory, UIMM et Mines Saint-Etienne)

# CONCEPTION DE LIGNE D'USINAGE

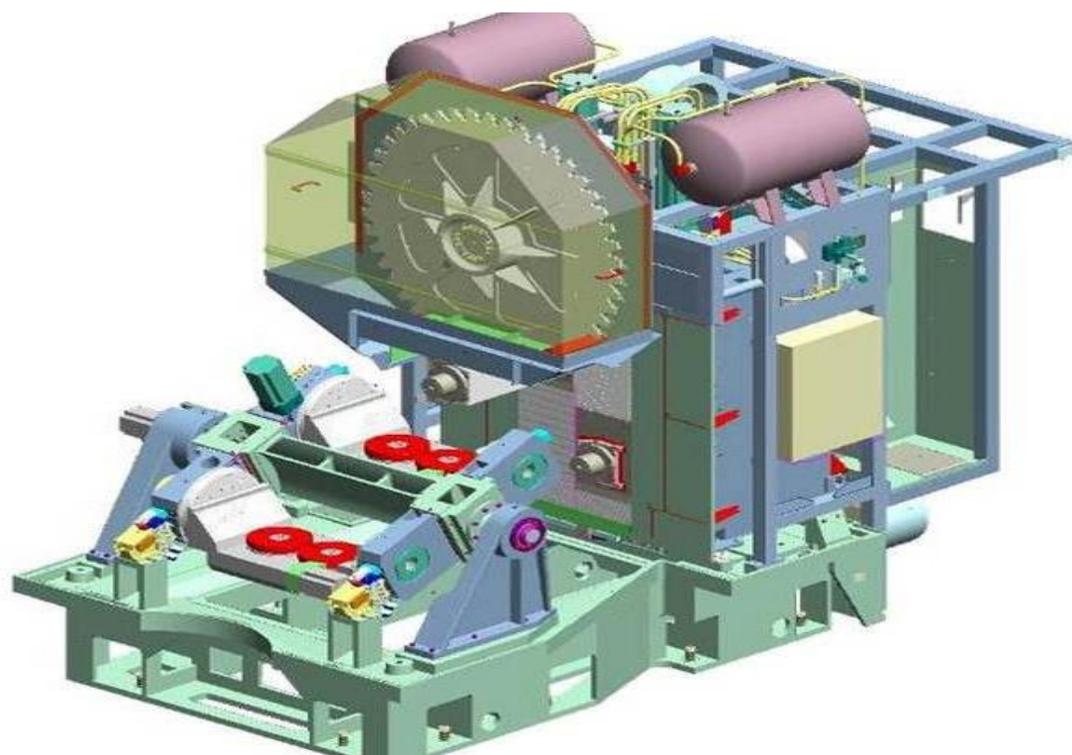


*Schéma de ligne défini par PCI SCEMM*

## Usinage de culasses

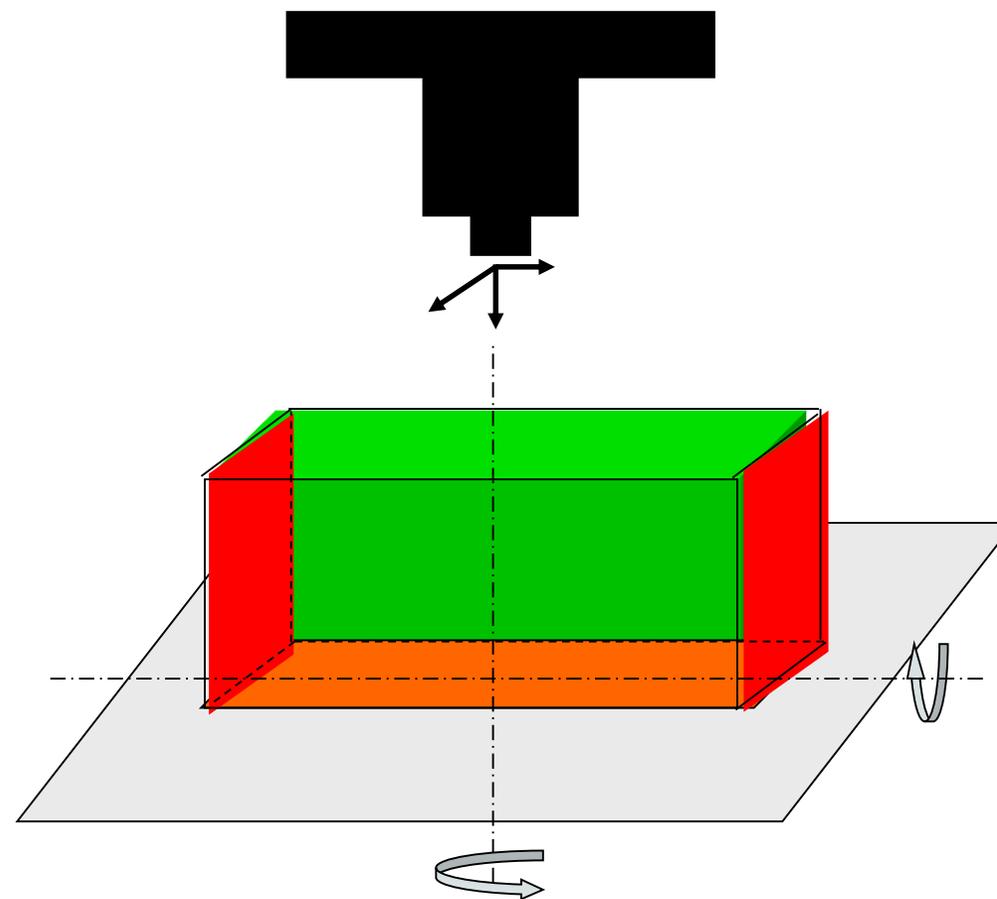
- Ligne complète d'usinage de culasses en aluminium
- Cadence : 1250 culasses/jour avec 32 modules Météor
- Pour assurer la flexibilité, la pièce est fixée sur un adaptateur

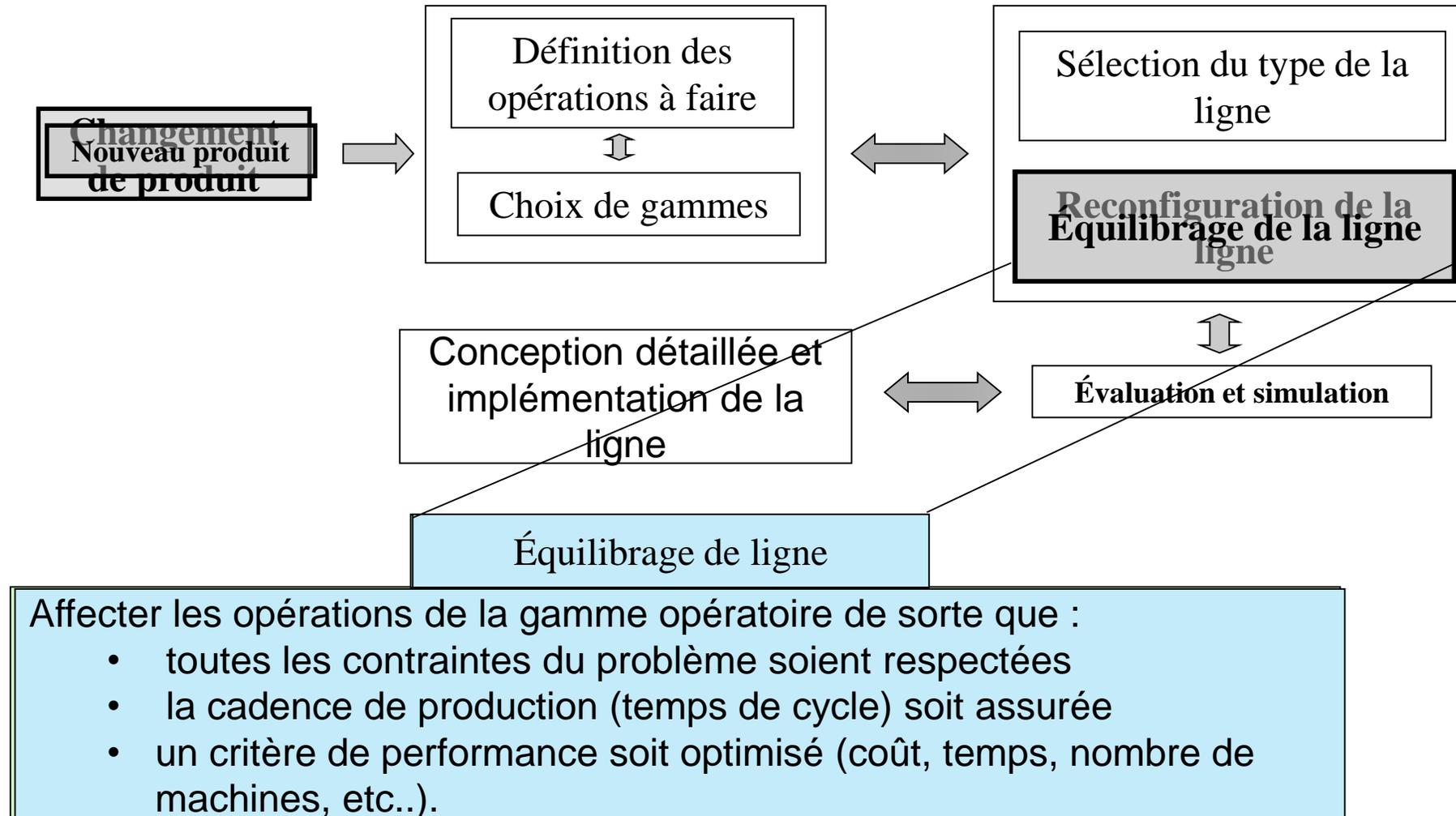




Centres d'usinage avec 4- ou 5- axes

### Contraintes d'accessibilité

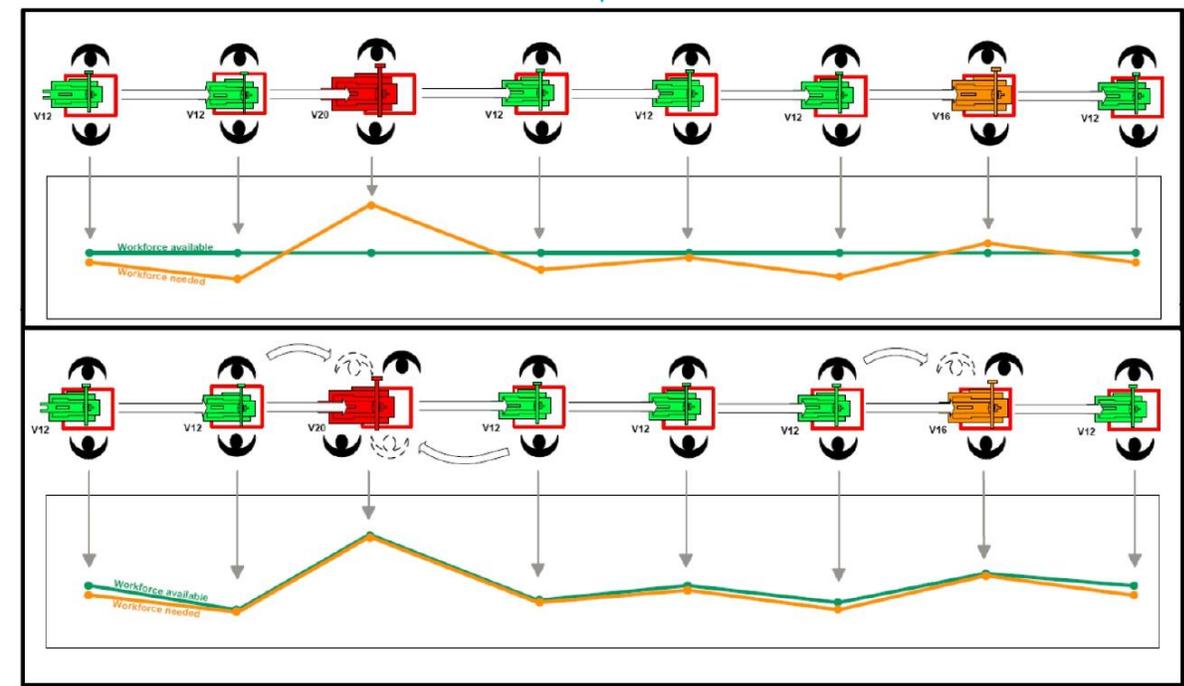
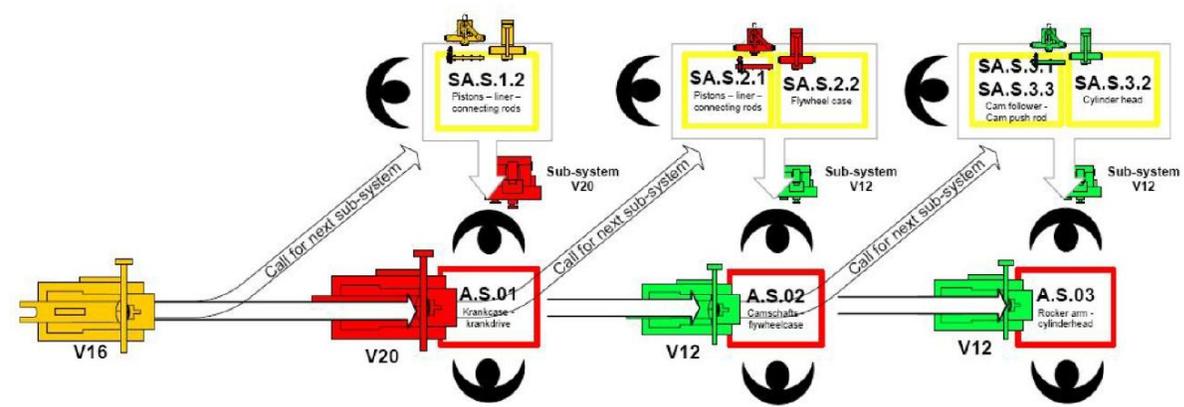




- S. Kovalev, X. Delorme, A. Dolgui, A. Oulamara. Minimizing the number of stations and station activation costs for a production line, *Computers and Operations Research*, vol. 79, 2017, p. 131–139.
- X. Delorme, S. Malyutin, A. Dolgui. A multi-objective approach for design of reconfigurable transfer lines. *IFAC-PapersOnLine*, vol. 49, n° 12, 2016, p. 509–514.
- O. Battaïa, D. Brissaud, A. Dolgui, N. Guschinsky. Variety-oriented design of rotary production systems, *CIRP Annals Manufacturing Technology*, vol. 64, n° 1, 2015, p. 411–414.
- P. Borisovsky, X. Delorme, A. Dolgui. Balancing reconfigurable machining lines via a set partitioning model, *International Journal of Production Research*, vol. 52, n° 13, 2014, p. 4026–4036.

# CONCEPTION DE LIGNE D'ASSEMBLAGE

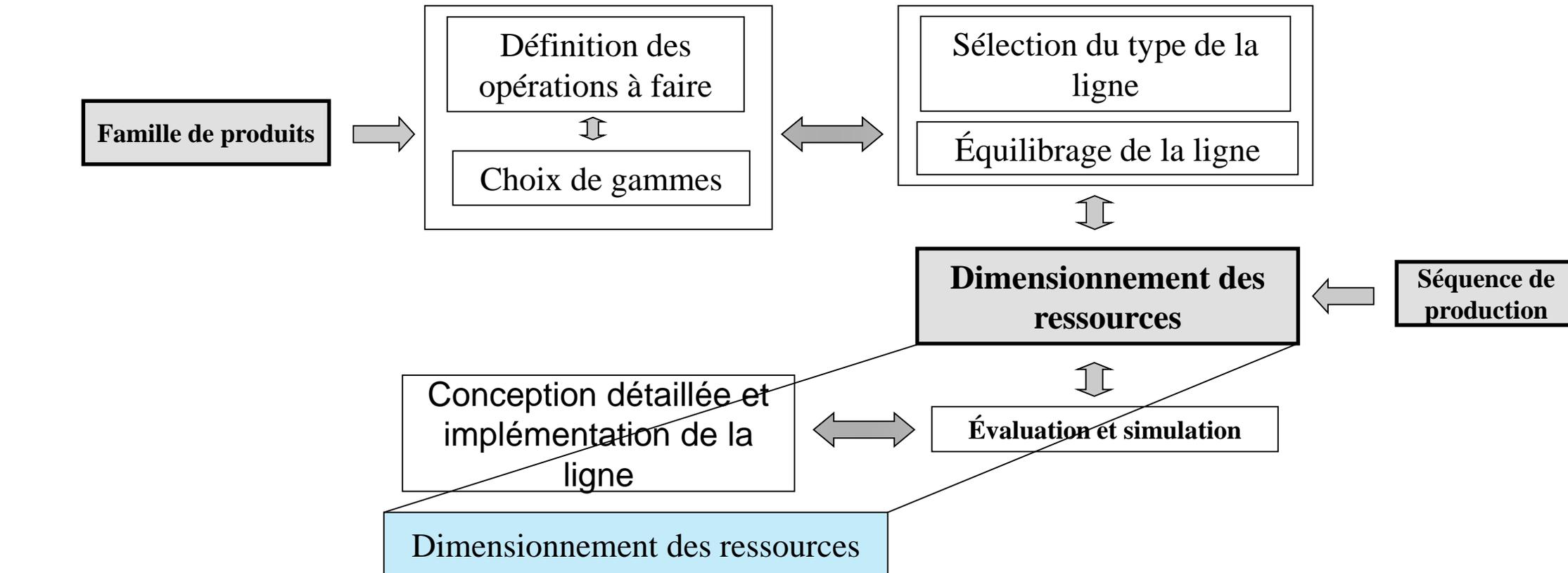
Exemple de configuration d'une ligne d'assemblage (Mbtech Group – groupe Mercedes Benz)



APIs + Webservices

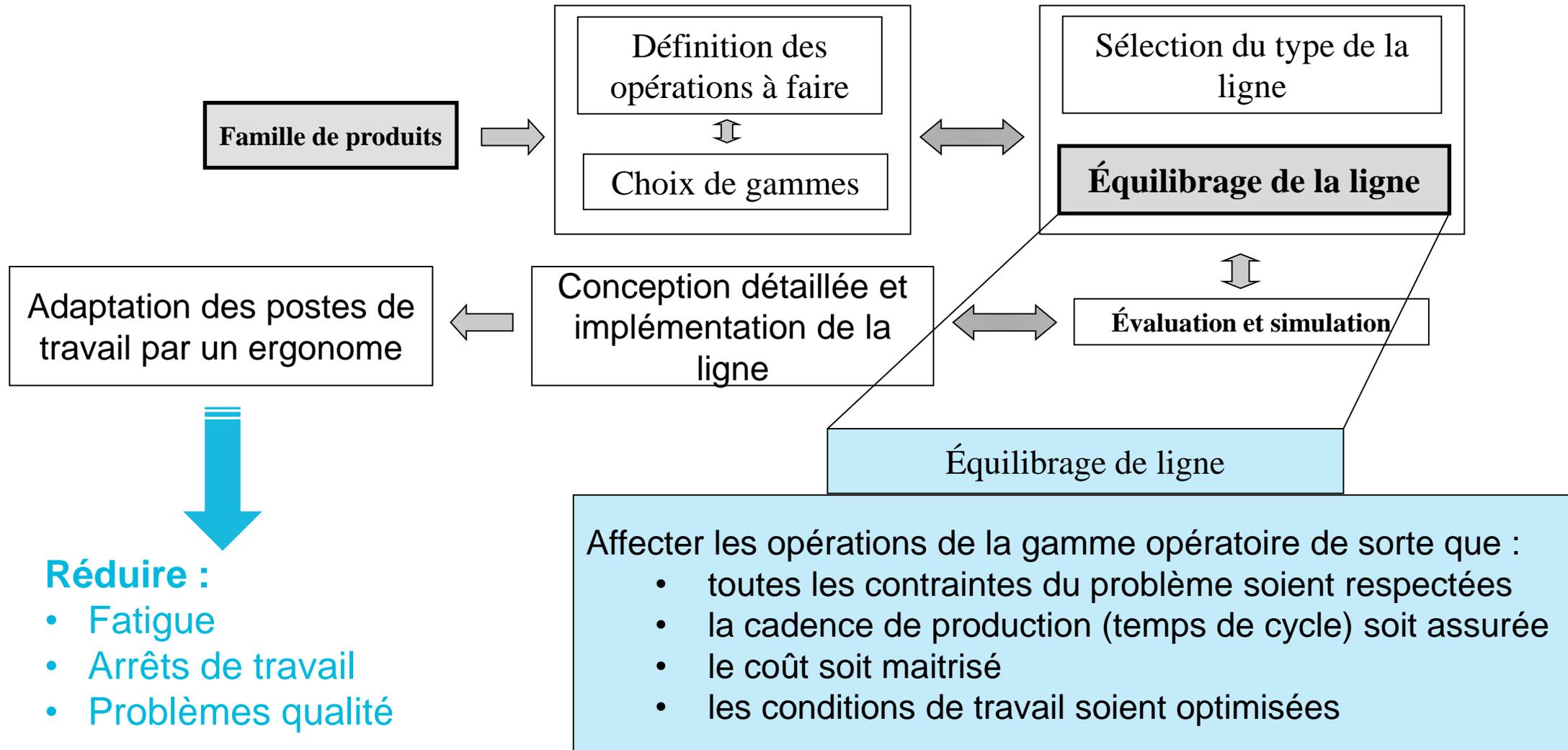
Semantic Backend + Semantic Search

# Projet européen AmePLM



Affecter des opérateurs ou des cobots aux postes de travail de sorte que :

- la cadence de production soit assurée pour chaque type de produit et chaque cycle de production
- les déplacements des opérateurs/cobots au cours des cycles de production soient pris en compte
- un critère de performance soit optimisé (coût, nombre d'opérateurs, etc..).



## Quelques références

- X. Delorme, A. Dolgui, S. Kovalev, M.Y. Kovalyov. Minimizing the number of workers in a paced mixed-model assembly line, *European Journal of Operational Research* , vol. 272, n°1, 2019, p. 188–194.
- M.-A. Abdous, X. Delorme, D. Battini, F. Sgarbossa, S. Berger-Douce. Multi-objective optimization of assembly lines with workers fatigue consideration. *IFAC-PapersOnLine*, vol. 51, n° 11, 2018, pp.698–703.
- D. Battini, X. Delorme, A. Dolgui, A. Persona, F. Sgarbossa. Ergonomics in assembly line balancing based on energy expenditure: A multi-objective model, *International Journal of Production Research*, vol. 54, n°3, 2016, p. 824–845.
- O. Battaïa, X. Delorme, A. Dolgui, J. Hagemann, A. Horlemann, S. Kovalev, S. Malyutin. Workforce minimization for a mixed-model assembly line in the automotive industry, *International Journal of Production Economics* , vol. 170, part B, 2015, p. 489–500.

# PERSPECTIVES ET FUTURS ENJEUX

- **Nouveaux modes de production** : fabrication additive, cobots, cloud manufacturing, ...
- **Nouveaux modèles économiques** : personnalisation, servicisation
- **Nouveaux indicateurs de performance** : réactivité, empreinte environnementale, énergie, ...
- **Plus de données mais plus d'incertitudes** : digital mockup, digital twins
- **Systemes plus autonomes** (intelligence artificielle, cloud manufacturing)