

Pilotage d'une ligne d'assemblage en environnement incertain

C. Nguyen

Directeur de thèse: C. Caux
Co-encadrant: S. Durieux
Institut Pascal, IFMA, Clermont-Ferrand

Contexte Industriel



▼ Buts de la ligne H&DL:

- Diminuer les frais de démarrage des nouveaux produits,
- Monter les premier véhicules Hybrid dans un process pré-industriel,
- Valider les solutions produits/process pour améliorer la performance des lignes d'assemblage "série",
- Monter des véhicules en fin de vie,
- Servir en tant qu'outil de formation des opérateurs,

Contexte Industriel

▼ Cadre:

☐ La ligne:

- Longueur: 130 m,
- Surface: 3680m²,
- Postes de travail: 10,



☐ Autour de la ligne:

- Chaîne tractée,
- Bords de ligne,
- Zone de préparation (cabine, bouclier)



☐ Sur la ligne:

- Véhicules de types différents (gammes, hybrid, fin de série ...),
- Véhicules de niveau de maturité différents (prototypes, pré-série, ...),

Verrous et Problématiques



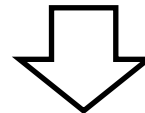
Spécificités de la ligne

Nature de la ligne

- Blocking flowshop de permutation
- Production non-préemptive

Nature des produits

- Mix de maturité (prototype, pré-série...)
- Mix de gammes



Verrous scientifiques

Incertitudes multiples et hétérogènes

Régime non-stationnaire

Performance multicritères et multi-disciplinaires



Problématiques

Piloter la ligne

- Ordonnancement
- Affectation des opérateurs aux postes

Gérer les incertitudes

- Modélisation
- Traitement

Evaluer la performance

- Vision globale de la performance
- Préférences du décideurs

Critères et Objectifs

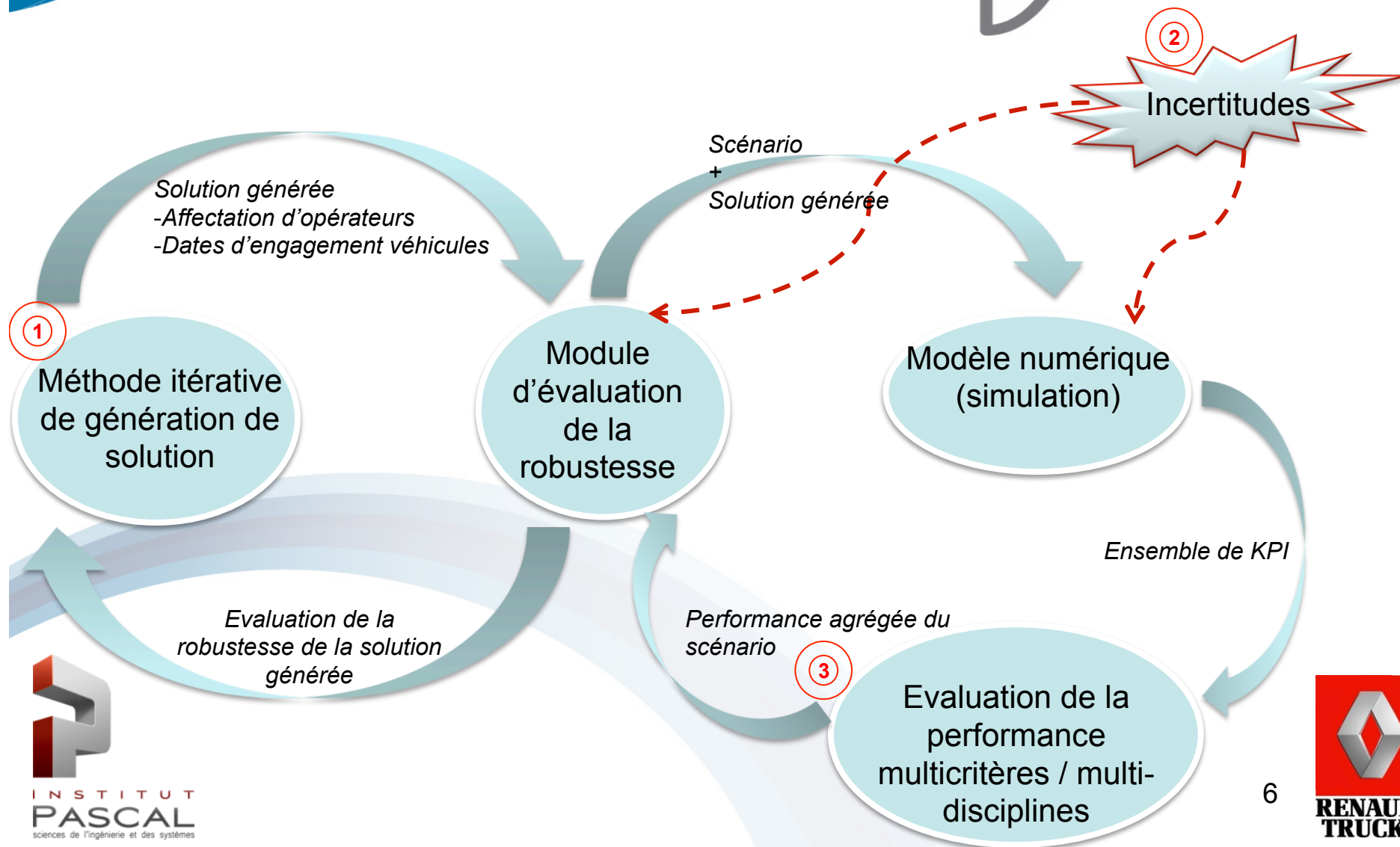


▼ Critères de pilotage:

- Equilibrer la charge de travail des opérateurs,
- Respecter les due dates des véhicules,
- Lisser la charge sur les postes,
- Minimiser les arrêts de ligne,

- ⇒ *Fournir des outils d'aide à la décision pour le pilotage de la ligne H&DL*
- ⇒ *Compréhension du système et des mécanisme sous-jacents*

Approche proposée



Génération de solution

Boucle de modification d'affectation

- Y a-t-il modification de l'affectation ?
- Combien et quels opérateurs sont concernés ?
- Quelle est la nouvelle affectation proposée ?

Affectation des opérateurs aux postes

- Tenant compte des compétences
- Tenant compte de la coactivité
- Tenant compte de la charge max

Calcul de la cadence de la chaîne tractée

- Tenant compte des compétences
- Tenant compte des véhicules à assembler
- Tenant compte de l'affectation
- Tenant compte des contraintes de parallélisation des tâches

Boucle de modification d'ordonnancement

- Y a-t-il modification de l'ordonnancement ?
- Combien et quels véhicules sont concernés ?
- Quelle est le nouvel ordonnancement proposé ?

Ordonnancement des véhicules

- Tenant compte de la cadence
- Tenant compte de l'affectation
- Tenant compte des contraintes de blocking flowshop

Solution générée
- Affectation des opérateurs
- Ordonnancement des véhicules

Incertitudes: Modélisation et Traitement



▼ Incertitudes: Problématique globale d'H&DL:

- Plusieurs sources: documentation technique, formation en cours, maturité et erreur de conception, ...
- Plusieurs types: Imprécision, inconsistance, ambiguïté, incomplétude, ...
- Plusieurs terrains d'impact: temps de process, erreur de montage, panne ressources,

▼ Traitement des incertitudes et littérature:

- Scénario *(Zuo 2009)*
- Probabilités *(Balasubramanian 2002)*
- Réseaux bayésiens *(Leray 1998)*
- Probabilité estimée *(Wang 2010)*
- Probabilités imprécises *(Delgado 2011)*
- Logique et sous-ensembles flous *(Zadeh 1965, Masmoudi 2010)*
- Fonctions de croyance *(Shafer 1976)*
- ...

Incertitudes: Modélisation et Traitement



Proposition d'un cadre conceptuel

- Travaux effectués avec K. Schemeleva dans le but de fournir un outil permettant selon le cas considéré de qualifier les incertitudes et de s'orienter vers les méthodologies de modélisation les plus pertinentes:

Identification des incertitudes

- Proposition d'une typologie

Caractérisation

- Types
- Niveau de connaissance
- Niveau de confiance

Détermination du degré hiérarchique des incertitudes

Choix de la méthode de modélisation

• « Characterizing and Modelling uncertainties in Production systems »
Accepté INCOM'12

• « Human error probabilities computation for manufacturing system simulation using CREAM »
Soumis MOSIM'12

Evaluation de Performance



▼ Système de pilotage par indicateurs

- ❑ Cadres d'analyse (*Neely et al. 2002*)
- ❑ Référentiels: ASLOG, SCOR
- ❑ Méthodes sectorisées: ABC, EVA, TQM, Navigateur Skandia
- ❑ Méthodes généralistes: GIMSI, ECOGRAI, Balanced Scorecard (*Kaplan et Norton 1996*)

▼ Aspect multi-critères de la décision

- ❑ Agrégation: Goal programming, MAUT, UTA (*Fishburn 1970, Berrah et al. 2004, Clivillé et al. 2007*)
- ❑ Préférences et notion de surclassement (Electre, Promethee, Macbeth, AHP) (*Roy 1968, Brans et Mareschal 2005, Bana e Costa et al. 1993*)

Evaluation de Performance



Approche proposée

- ❑ Méthode par agrégation pour un ensemble d'indicateurs à la fois de types, d'échelles et de secteurs différents (rebut, absentéisme, niveau de formation, taux de rendement ...),
- ❑ Utilisation des plans d'expériences pour éliciter le raisonnement de l'expert,
- ❑ Utilisation de la méthode MACBETH pour traduire un ordre total qualitatif (*Bana e Costa et Vansnick, 1994*), (*Clivillé et al. 2007*)

Evaluation de performances élémentaires

Définition de situations et évaluation de l'expert

Elicitation du raisonnement de l'expert

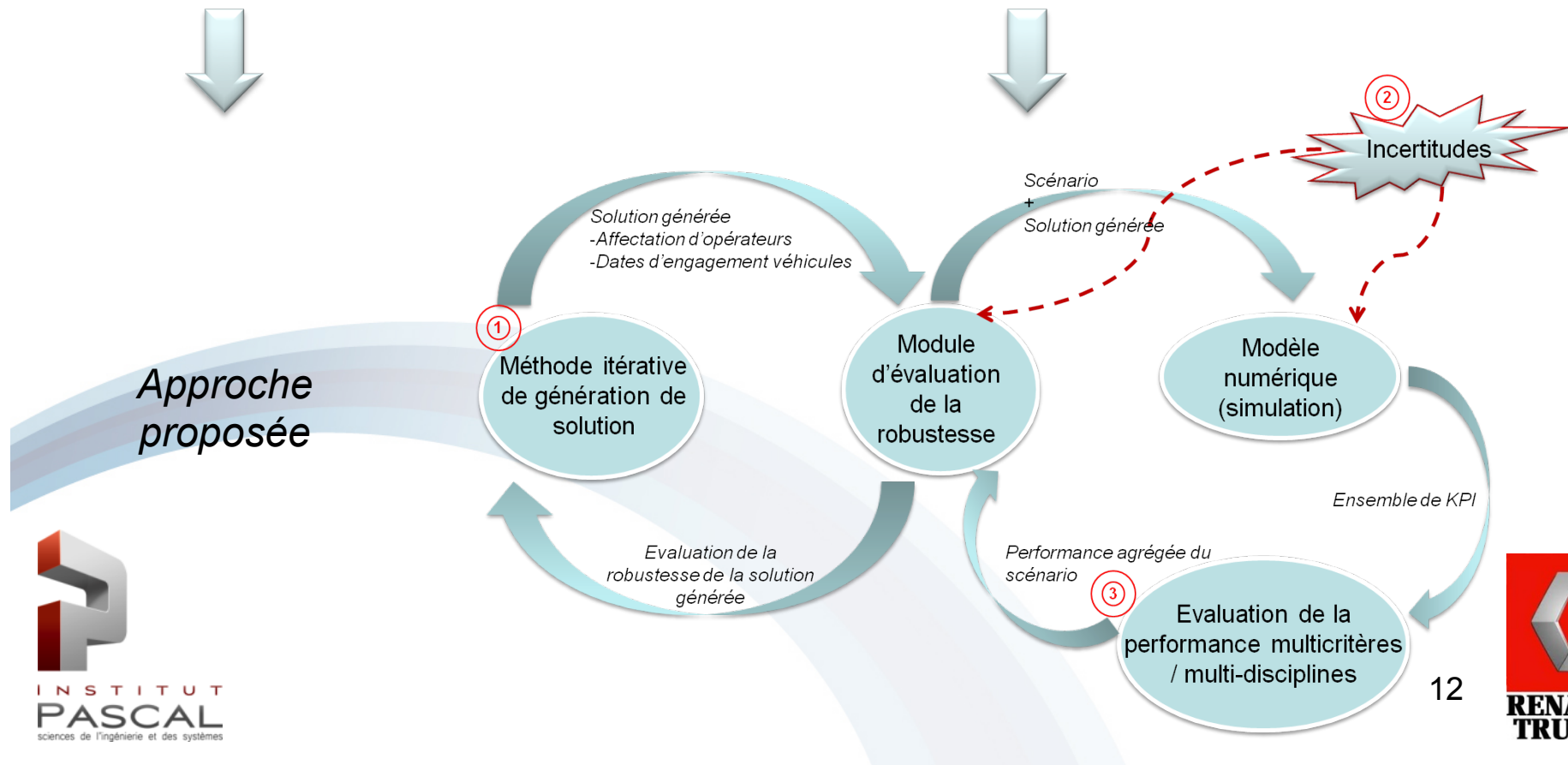
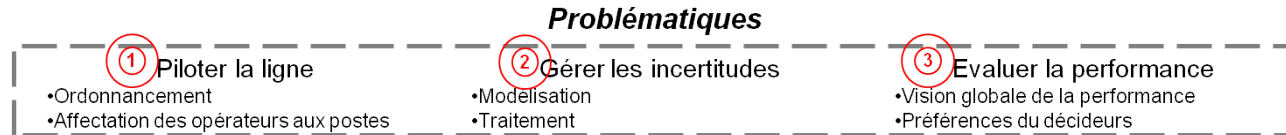
Agrégation et évaluation de la performance

- « Conception d'un système d'évaluation de la performance multicritères basé sur les préférences des décideurs »

Soumis MOSIM'12

Conclusion et Perspectives

Problématiques



Conclusion et Perspectives



Contributions

- ❑ Proposition d'une méthodologie de pilotage couplant l'ordonnancement de produits et l'affectation d'opérateurs sur la ligne,
- ❑ Conception d'un cadre conceptuel autour de la modélisation et du traitement des incertitudes (collaboration avec K. Schemeleva),
- ❑ Proposition d'une approche d'évaluation de la performance multicritères et multi-disciplines basée sur les préférences du décideur.

Perspectives

- ❑ Généraliser la méthodologie proposée à tous systèmes soumis à des incertitudes,
- ❑ Effectuer une analyse de sensibilité du système en fonction de la définition que le décideur accorde à la robustesse,
- ❑ Etudier l'impact des choix de modélisation des incertitudes.