

Usine du futur : designs de lignes d'assemblage pour une constellation de satellites

GDR GLP - GT IE

4 juin 2024

Anouck Chan Thomas Polacsek

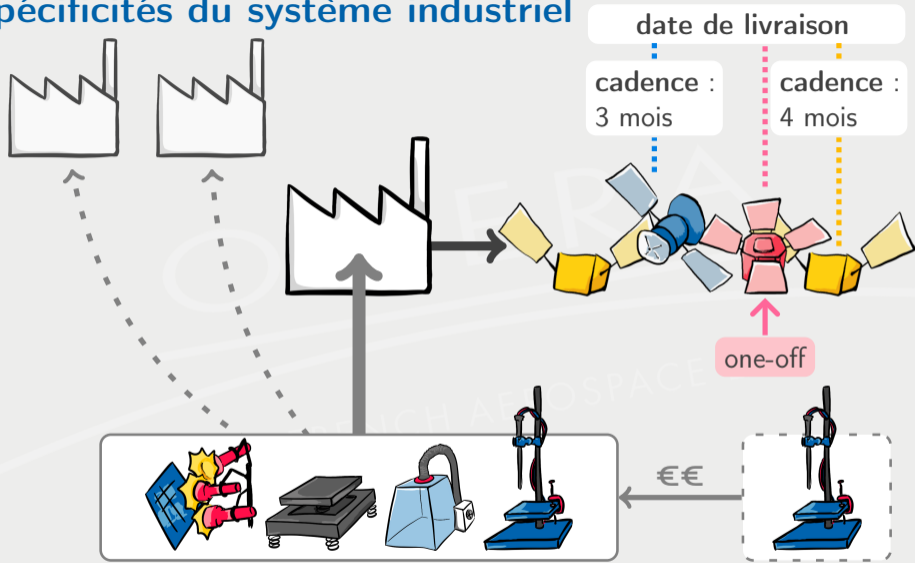
firstname.lastname@onera.fr

Comment **concevoir des lignes d'assemblage**
pour une **constellation de satellites** ?

Plan

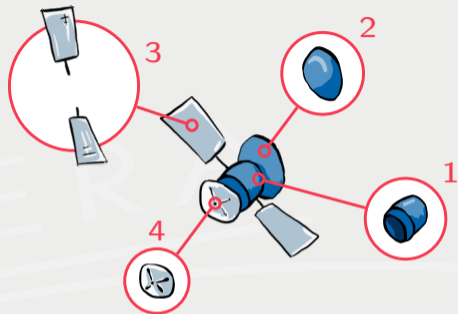
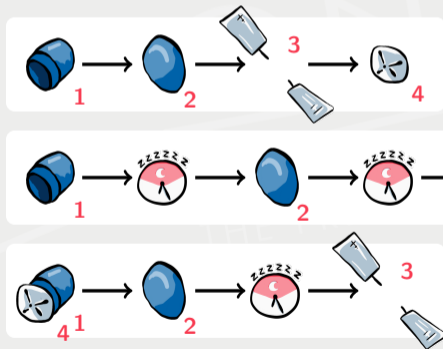
- 1 - Contexte industriel**
- 2 - Conception d'une nouvelle ligne d'assemblage
- 3 - Une meilleure ligne d'assemblage
- 4 - Conclusion et perspective

Spécificités du système industriel





Spécificités du système industriel

Construction des satellites



Problématique

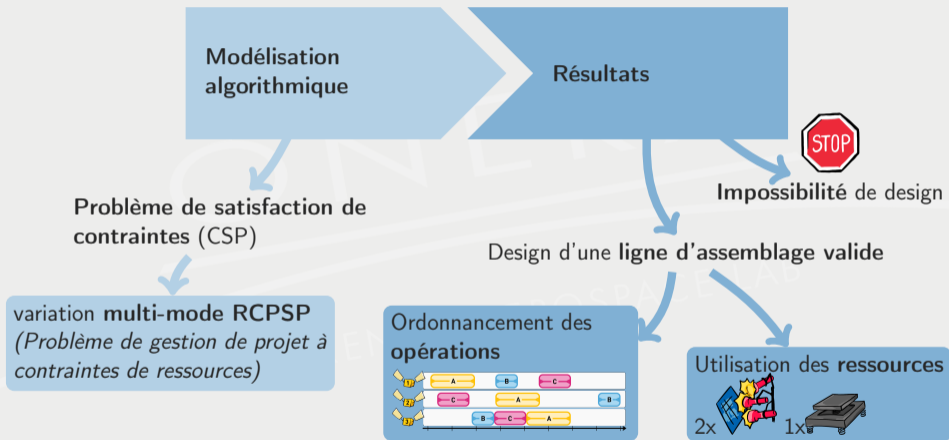
Pouvons-nous concevoir une **nouvelle ligne d'assemblage** ?

-  avec les moyens du système industriel
-  qui respecte les contraintes de construction des satellites

- 1 - Contexte industriel
- 2 - Conception d'une nouvelle ligne d'assemblage
 - *Méthode*
 - *Application*
- 3 - Une meilleure ligne d'assemblage
- 4 - Conclusion et perspective

Conception d'une nouvelle ligne d'assemblage

Méthode



Conception d'une nouvelle ligne d'assemblage

Spécificités de la ligne d'assemblage

- les **opérations** pour construire les satellites doivent
 - utiliser les bonnes **ressources**
 - avoir la bonne **durée**
 - respecter les relations de **précédences**
- les **ressources** modélisées doivent
 - avoir les bonnes **compétences**
 - avoir les **capacités** adéquates
 - respecter les **quantités** désirées
- les **satellites** construits doivent
 - être en **quantité** adéquate
 - respecter les **échéances**
- *le **temps de calcul** est dans l'ordre du mois*

Conception d'une nouvelle ligne d'assemblage

Données

Production

- 11 satellites (instruments)
- 3 catégories de satellites
- entre 40 et 90 opérations par satellite
- 147 machines au total, 89 pour la ligne d'assemblage

Caractéristiques temporelles

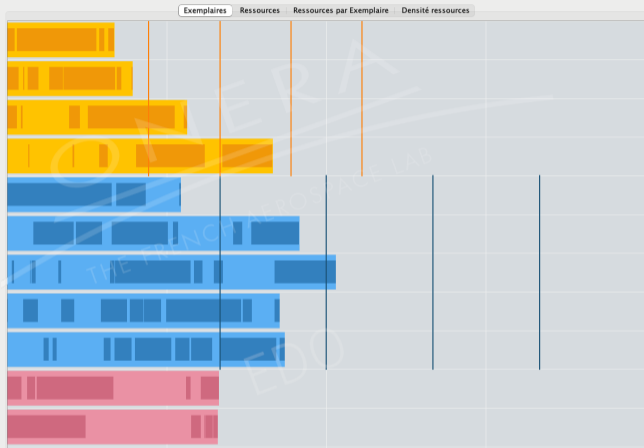
- horizon 18 mois (2943 h)
- shift journalier entre 6h et 12h

Outils

- solveur : CP Optimizer 20.1

Conception d'une nouvelle ligne d'assemblage



Résultat - opérations



temps de resolution : ~ 29min
makespan : 2021h (~ 5 mois et 18 jours)

nombre de solutions : 51

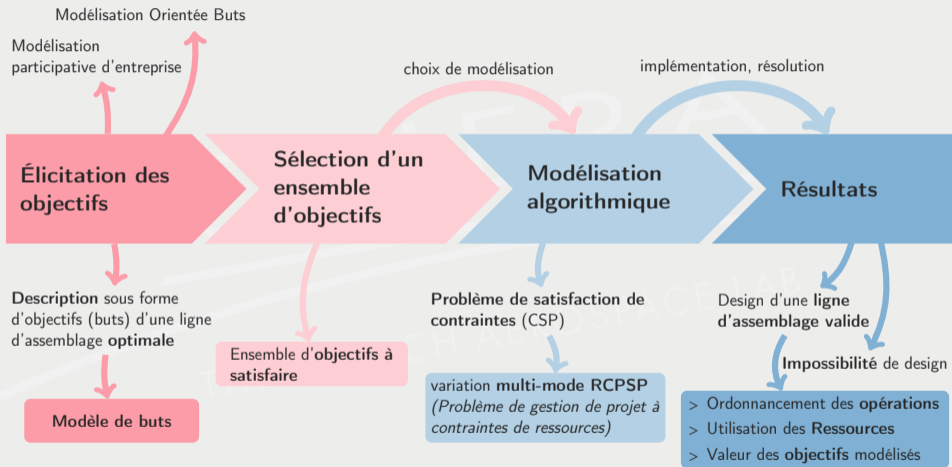
Comment trouver une **meilleure ligne d'assemblage** ?

-  qui satisfasse les spécificités de designs.
-  qui satisfasse les objectifs des industriels

- 1 - Contexte industriel
- 2 - Conception d'une nouvelle ligne d'assemblage
- 3 - Une meilleure ligne d'assemblage**
 - ▶ *Méthode*
 - ▶ *Élicitation d'objectifs*
 - ▶ *Applications*
 - ▶ *Enrichissement du modèle de buts*
- 4 - Conclusion et perspective

Une meilleure ligne d'assemblage

Méthode



Une meilleure ligne d'assemblage

Élicitation d'objectifs - modèle simplifié



Une meilleure ligne d'assemblage

Élicitation d'objectifs - objectifs satisfaits



Une meilleure ligne d'assemblage

Élicitation d'objectifs - objectifs satisfaits



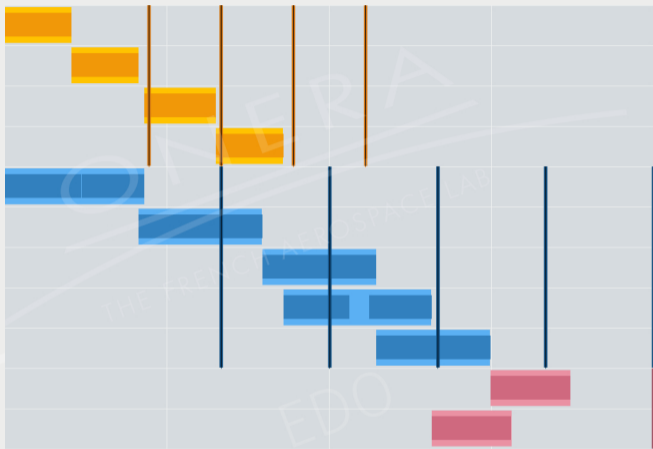
Une meilleure ligne d'assemblage

Selection d'un ensemble d'objectifs



Une meilleure ligne d'assemblage

Résultat - nombre de satellites simultanés



temps de resolution : 90.71s
max satellites simultanés : 2

investissement : 19 machines
temps de travail journalier (shift) : 12h

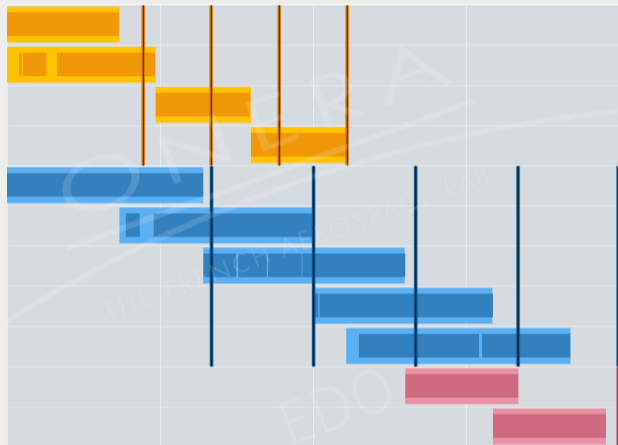
Une meilleure ligne d'assemblage

Selection d'un ensemble d'objectifs



Une meilleure ligne d'assemblage

Résultat - satellites simultanés + temps de travail + investissement



temps de resolution : 408623s (4j 17h)

max satellites simultanés : 3

investissement : 1 machine

temps de travail journalier (shift) : 8h

Une meilleure ligne d'assemblage

Ensemble des buts évalués



Une meilleure ligne d'assemblage

Enrichissement du modèle de buts



Plan

- 1 - Contexte industriel
- 2 - Conception d'une nouvelle ligne d'assemblage
- 3 - Une meilleure ligne d'assemblage
- 4 - **Conclusion et perspective**
 - ▶ *Perspectives*
 - ▶ *Bibliographie*

- ✋ Identifier les **conflits** entre les objectifs et les besoins de **négociations**
- ✋ Identifier des combinaisons d'objectifs
 - pouvant être calculées avec des outils sur étagère
 - nécessitant le **développement d'outils spécifiques**
- ✋ Poursuivre l'**élicitation et l'évaluation** des objectifs de performance
 - méthodes de Recherche Opérationnelle
 - méthodes de Modélisation d'Exigences Orientée But (GORE)
 - approches d'Analyse de Sensibilité

Bibliographie

Élicitation des objectifs

Sélection d'un ensemble d'objectifs

Modélisation algorithmique

Résultats

- Chan, A., Fernandes-Pires, A., Polacsek, T. : *Eliciting and assigning goals to the right actors : an experiment*. In : Conceptual Modeling - 41th International Conference, ER 2022, October 17-20, 2022, Proceedings (10 2022), https://doi.org/10.1007/978-3-031-17995-2_29
- Chan, A., Polacsek, T. : *Stroke management : Defining and assigning goals to stakeholders*. In : ER Forum and PhD Symposium, 42st International Conference on Conceptual Modeling (ER 2023) (2023), https://ceur-ws.org/Vol-3618/forum_paper_16.pdf
- Chan, A., Fernandes-Pires, A., Polacsek, T., Roussel, S., Bouissière, F., Cuiller, C., Dereux, P. : *Goal modelling : Design and manufacturing in aeronautics*. In : Research Challenges in Information Science : - 17th International Conference, RCIS, May 23-26, 2023, Proceedings (5 2023), https://doi.org/10.1007/978-3-031-33080-3_1
- Chan, A., Polacsek, T., Roussel, S. : *Exploring goal relationships in satellite assembly line design*. In : Digital Business and Intelligent Systems - 15th International Baltic Conference, Baltic DB&IS 2024 (07 2024) à paraître
- Chan, A., Roussel, S., Polacsek, T. : *Assembly line performance analysis based on aircraft preliminary design : a scheduling approach*. In : International Workshop on Project Management and Scheduling (PMS) (03 2022), <https://hal.science/hal-03771512>
- Chan, A., Polacsek, T., Roussel, S. : *Dimensionnement d'une chaîne d'assemblage de satellites avec plusieurs cadences sous contraintes de régularité*. In : 24ème congrès annuel de la société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF) (02 2023), <https://roadef2023.sciencesconf.org/434684>
- Le, D.A., Roussel, S., Lecoutre, C., Chan, A. : *High multiplicity RCPSP with hierarchical activities and learning effect*. In : 25ème congrès annuel de la société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF) (03 2024), <https://roadef2024.sciencesconf.org/512560>
- Le, D.A., Roussel, S., Chan, A., Lecoutre, C. : *Learning effect and compound activities in high multiplicity RCPSP*. In : International Conference on Principles and Practice of Constraint Programming, CP (08 2024) à paraître

Récapitulatif

- 1 - Contexte industriel**
- 2 - Conception d'une nouvelle ligne d'assemblage**
 - *Méthode*
 - *Application*
- 3 - Une meilleure ligne d'assemblage**
 - *Méthode*
 - *Élicitation d'objectifs*
 - *Applications*
 - *Enrichissement du modèle de buts*
- 4 - Conclusion et perspective**
 - *Perspectives*
 - *Bibliographie*