



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

ONERA

THE FRENCH AEROSPACE LAB

Exigences et conception globale d'un produit aérospatial et de son système industriel

Journées du GDR GPL 2023

Juin 2023

Anouck Chan Anthony Fernandes Pires Thomas Polacsek Stéphanie Roussel

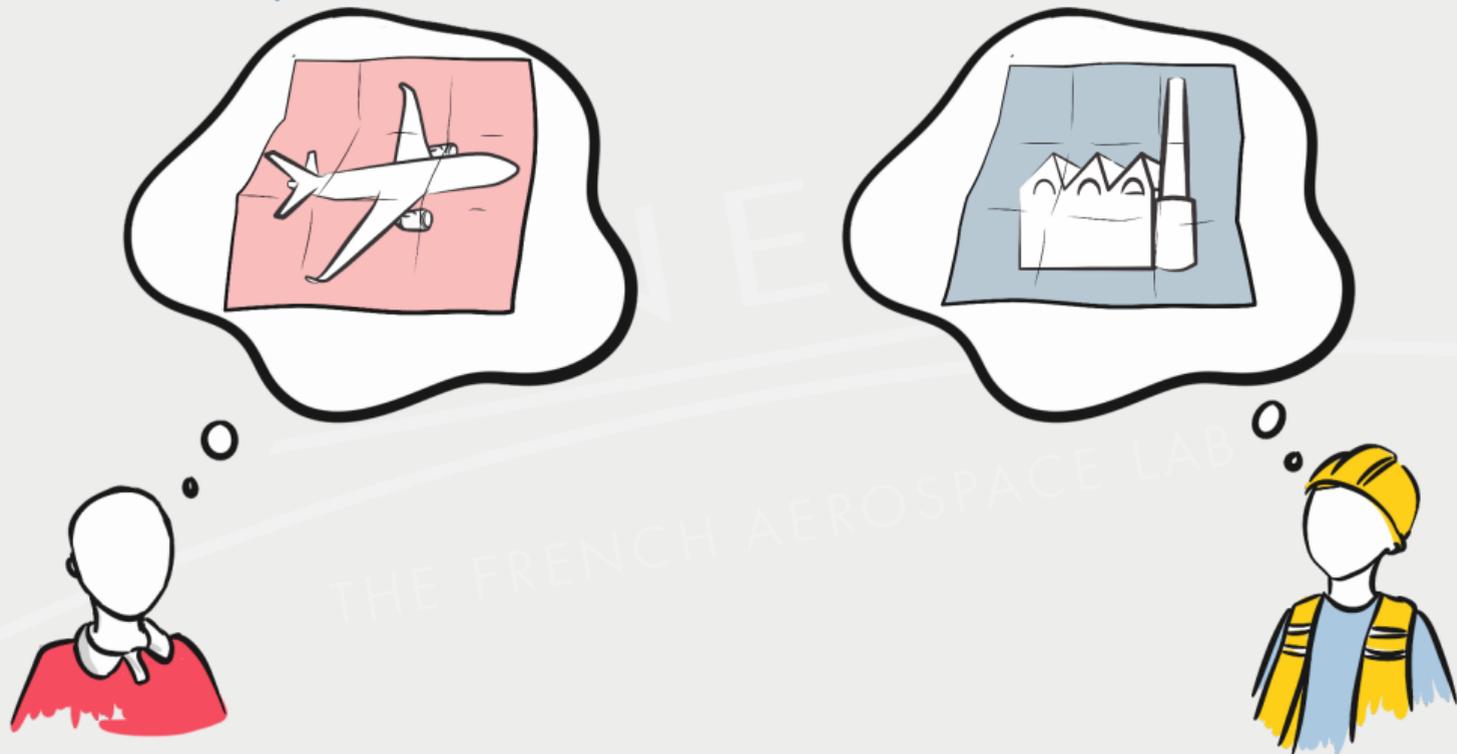
firstname.lastname@onera.fr

ONERA

Ce document est la propriété de l'ONERA. Il ne peut être communiqué à des tiers et/ou reproduit sans l'autorisation préalable écrite de l'ONERA, et son contenu ne peut être divulgué. This document and the information contained herein is proprietary information of ONERA and shall not be disclosed or reproduced without the prior authorisation of ONERA. GEN-F178-4 (GEN-SCI-029)

Spécificité de conception d'un produit aérospatial

Une double conception



Plan

1 - Contexte

- ▶ *Design et construction d'un avion*
- ▶ *Méthodes de conception d'avions*

2 - Problématique

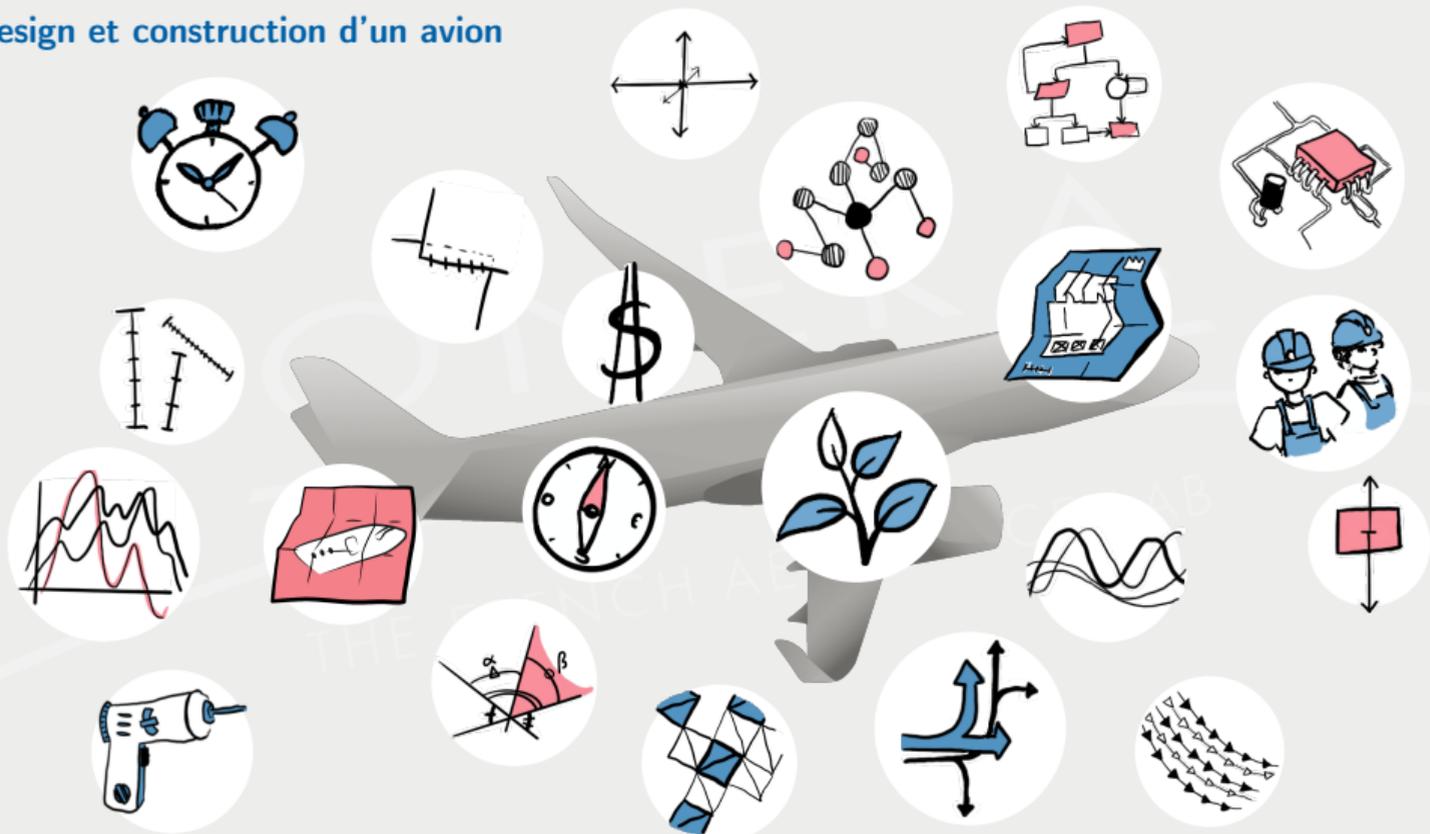
3 - Évaluation d'un design

4 - Modèles de buts

5 - Conclusion

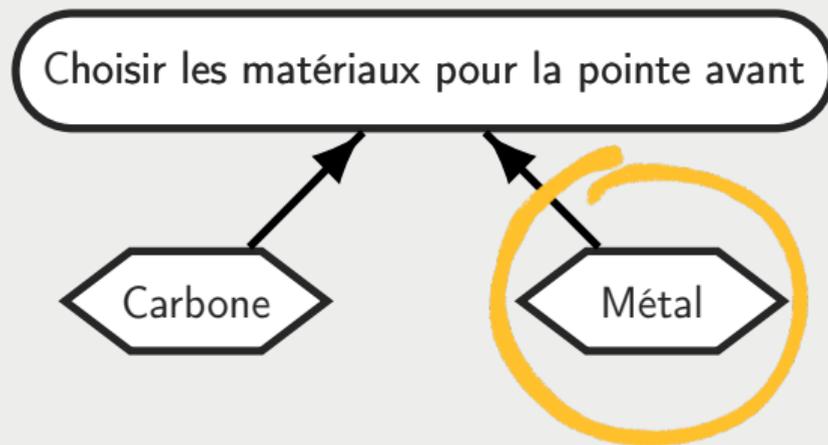
Contexte

Design et construction d'un avion



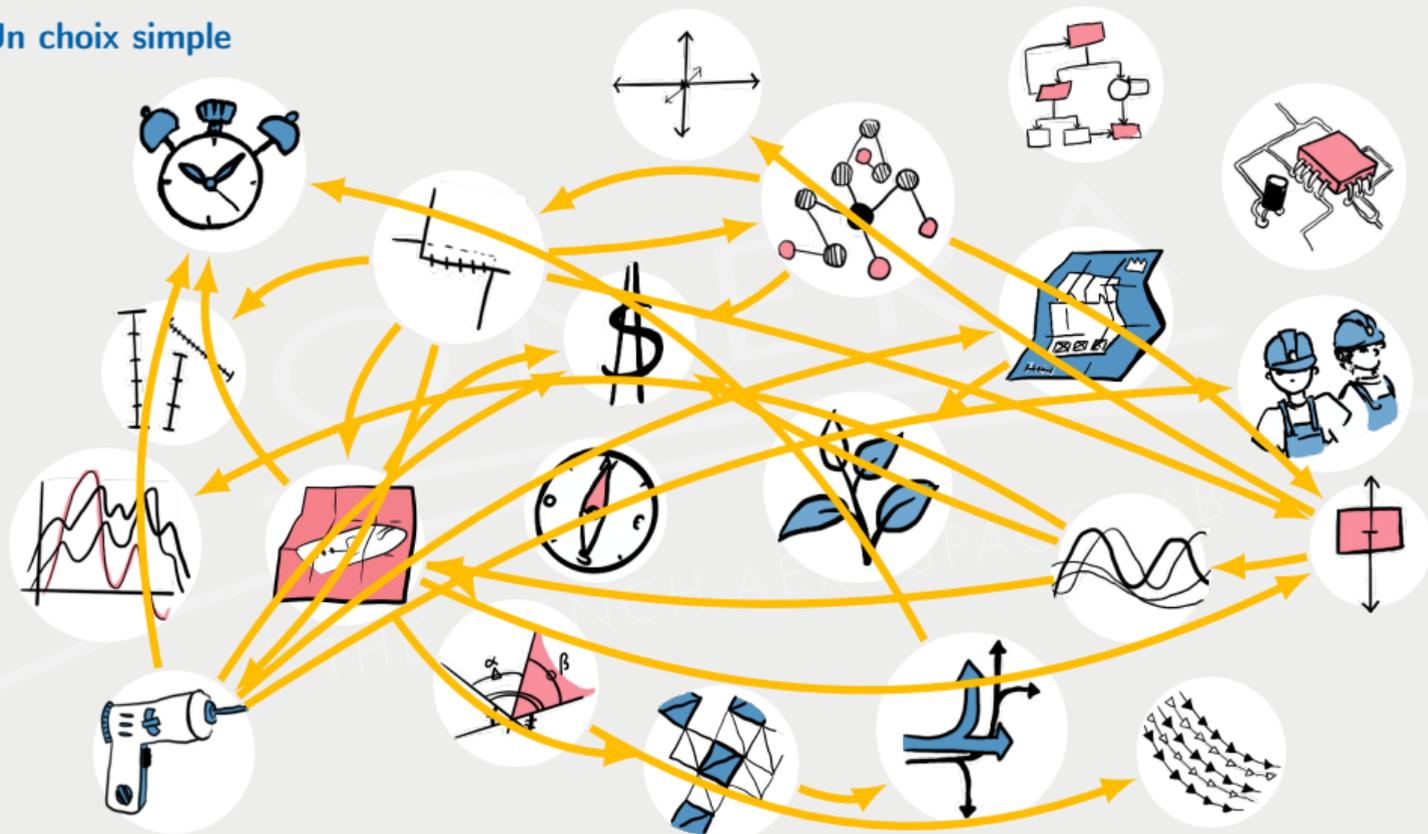
Contexte

Un choix simple



Contexte

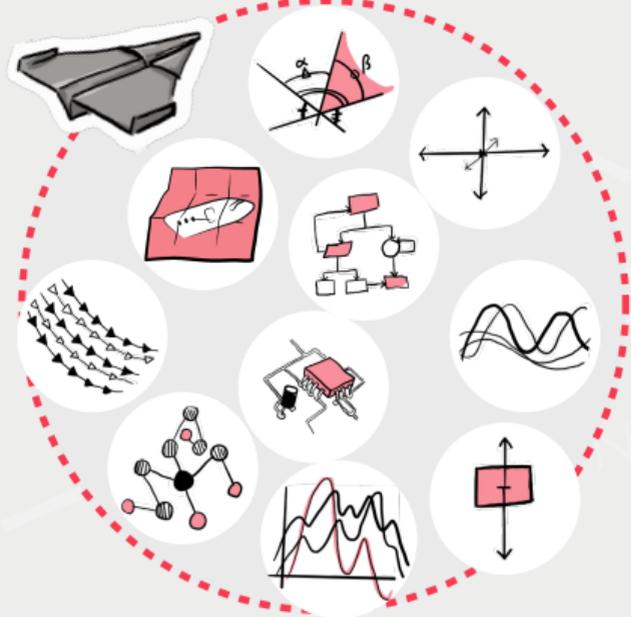
Un choix simple



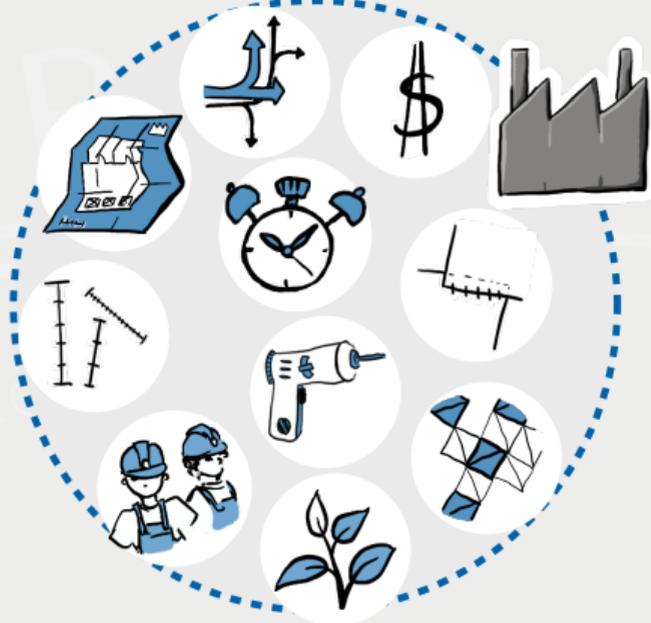
Contexte

Design et construction d'un avion

Architectes avion



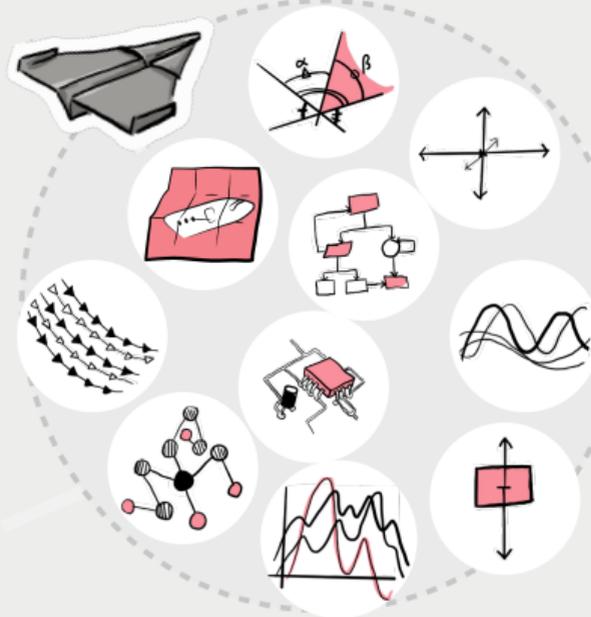
Architectes industriels



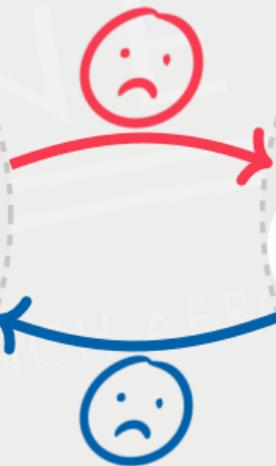
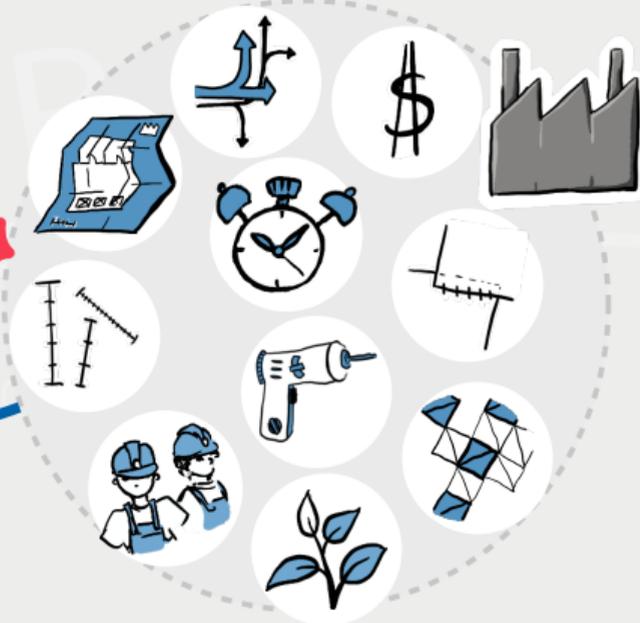
Contexte

Design et construction d'un avion

Architectes avion



Architectes industriels



Conception séquentielle

Un modèle d'**avion est conçu, puis l'usine.**

Processus long, couteux et peu satisfaisant.

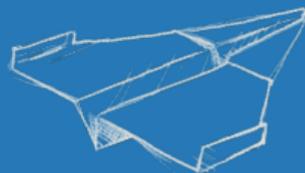
Conception Simultanée [Shenas et Derakhshan, 1994]

- L'**avion** et son **usine** sont conçus **en même temps.**
- Les **choix critiques** sont faits aux **étapes précoces** de la conception.

Plan

- 1 - Contexte
- 2 - Problématique**
- 3 - Évaluation d'un design
- 4 - Modèles de buts
- 5 - Conclusion

Problématique



Comment pouvons-nous aider la **conception simultanée**
d'un **produit** aérospatial et de son **système industriel**?



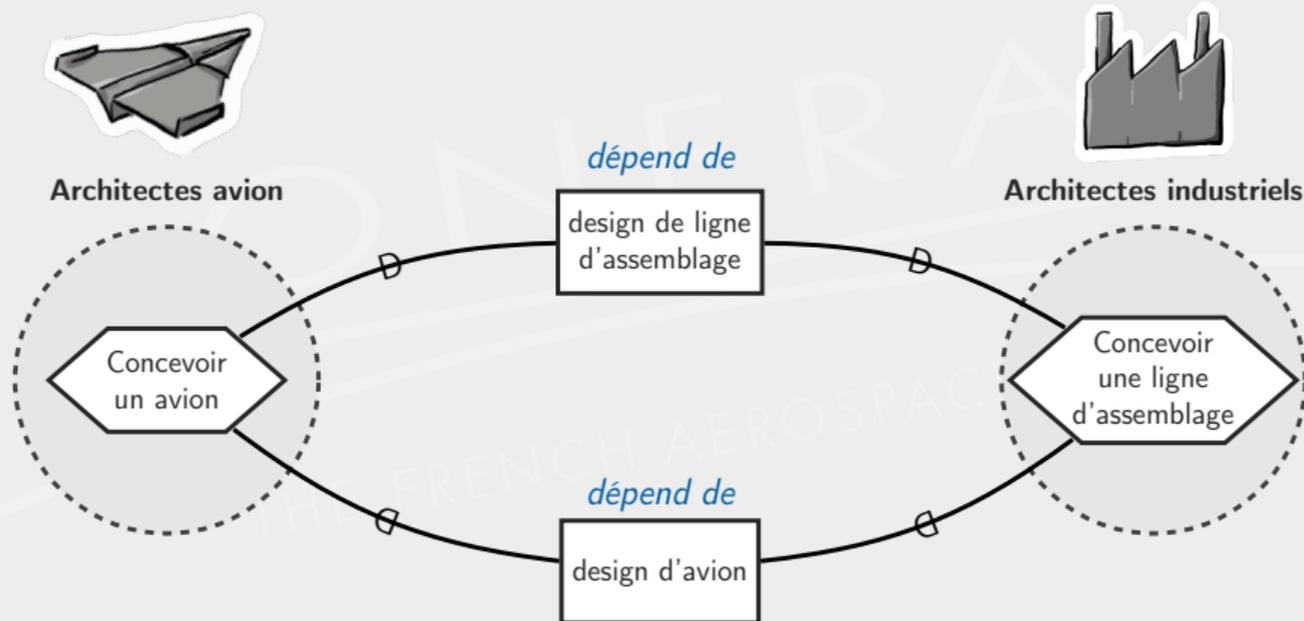
Besoin pour la conception simultanée

- ✈ Capacité d'évaluation de design à haut niveau de description
- ✈ Critères d'évaluation du système design avion/ design usine
- ✈ Capacité d'effectuer des compromis entre les choix de designs

- 1 - Contexte
- 2 - Problématique
- 3 - Évaluation d'un design**
 - ▶ *Dépendances*
 - ▶ *Expérimentation*
- 4 - Modèles de buts
- 5 - Conclusion

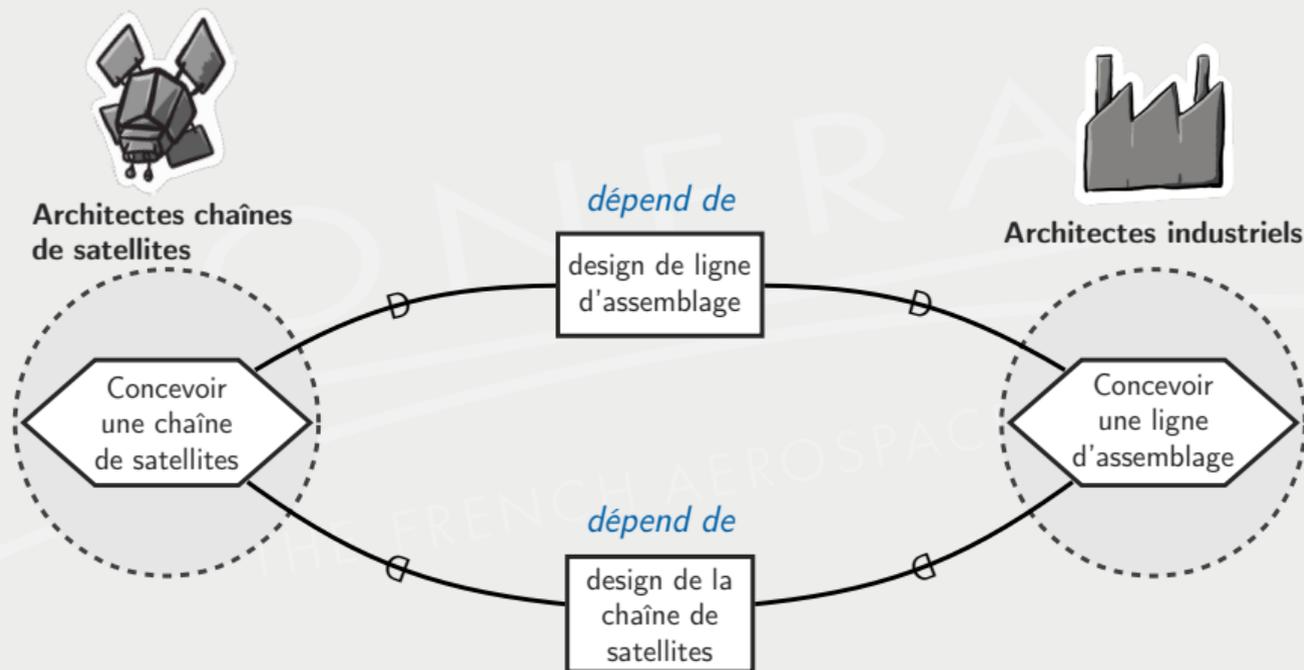
Évaluation d'un design

Dépendances



Évaluation d'un design

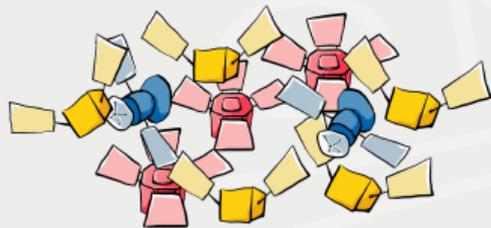
Dépendances



Évaluation d'un design

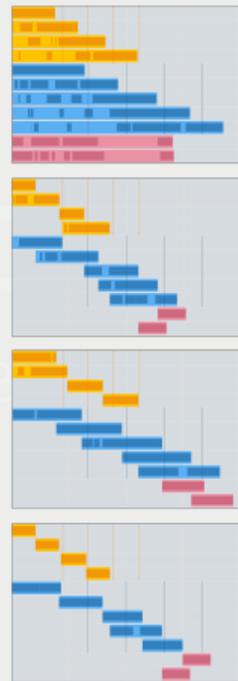
Expérimentation

design de chaîne de satellites



Recherche
opérationnelle

designs de ligne
d'assemblage



Évaluation d'un design

Expérimentation

Données système industriel et satellites réelles

- 3 catégories de satellites

	Début cadence	Cadence	Exemplaires	Activités
jaune 	4 mois	2 mois	4	41
bleu 	6 mois	3 mois	5	46
	Échéance			
rose 	18 mois		2	89

Évaluation d'un design

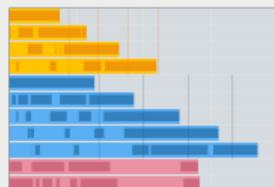
Expérimentation

- 40 types de ressources
 - 147 ressources
- caractéristiques temporelles
 - 43,6 semaines en un an
 - 5 jours dans une semaine
 - shift journalier entre 6h et 12h

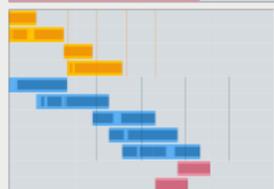
Outils

- Modélisation par **programmation par contraintes**
- Solveur : **CP Optimizer 20.1**

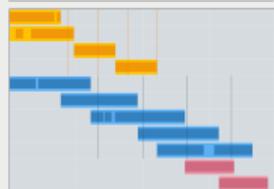
Évaluation d'un design



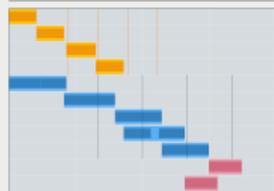
shift = 7h
machines = 86
exemplaires simultanés = 11



shift = 12h
machines = 69
exemplaires simultanés = 3



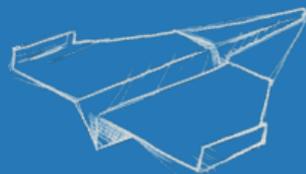
shift = 8h
machines = 86
exemplaires simultanés = 3



shift = 12h
machines = 86
exemplaires simultanés = 2

[Chan et al., 2023b]

Évaluation d'un design



Quels sont les **critères d'évaluation** d'un design avion
et d'un design d'usine ?

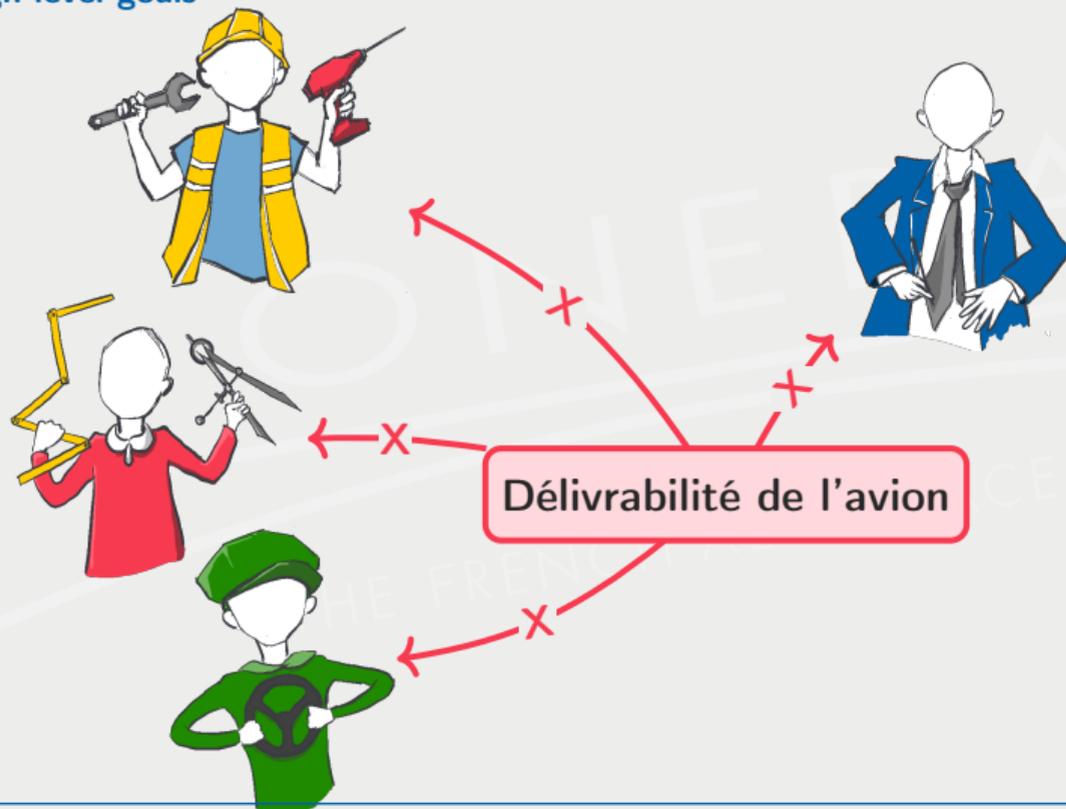
Comment les éliciter?



- 1 - Contexte
- 2 - Problématique
- 3 - Évaluation d'un design
- 4 - Modèles de buts**
 - ▶ *High-level goals*
 - ▶ *Application industrielle*
 - ▶ *Application industrielle*
- 5 - Conclusion

Modèles de buts

High-level goals

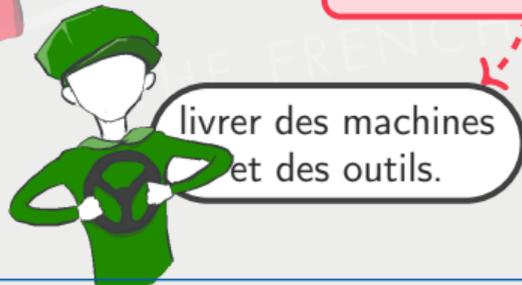


Modèles de buts

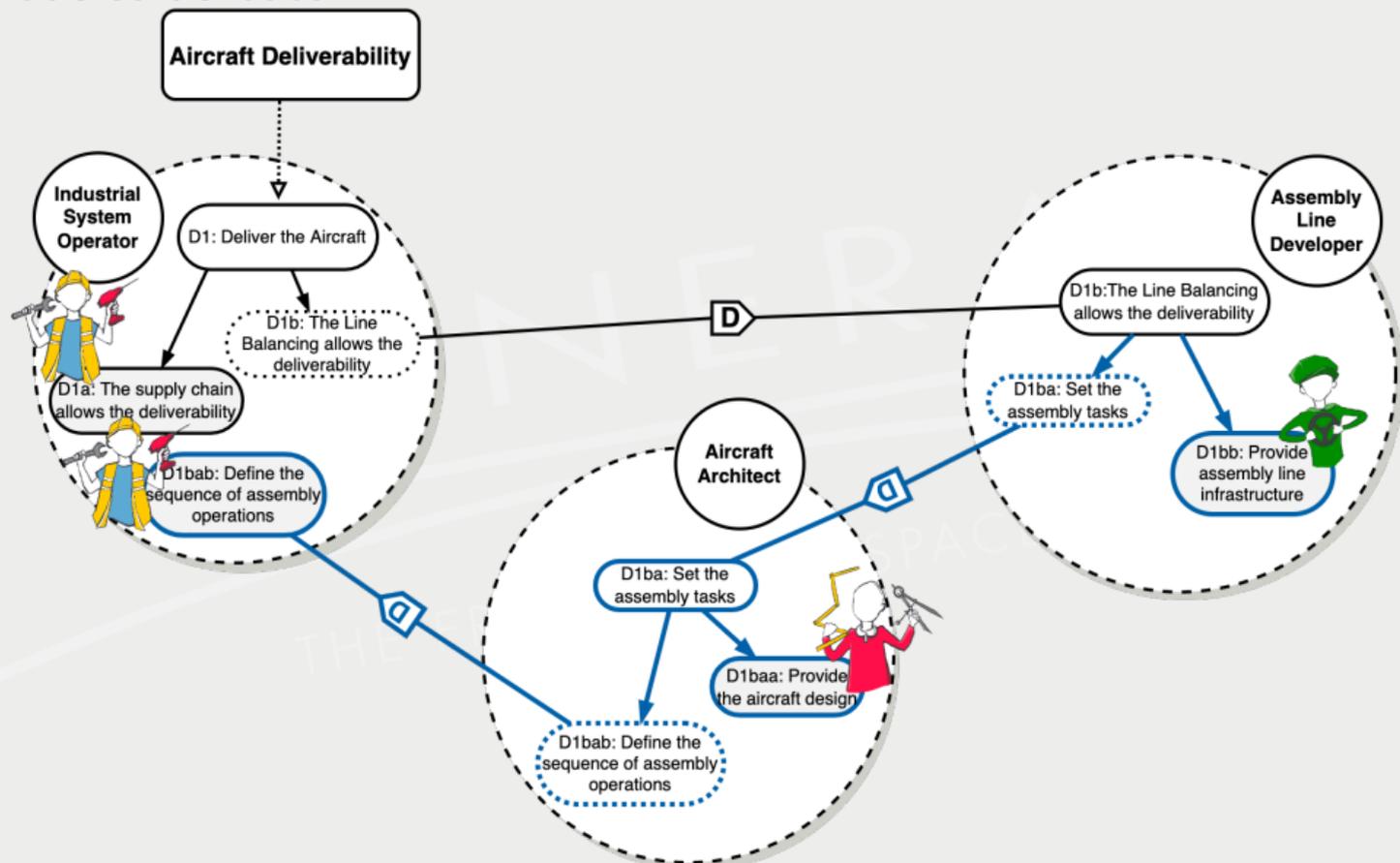
High-level goals



Délivrabilité de l'avion



Modèles de buts



Modèles de buts

Application industrielle

Organisation : Avionneur

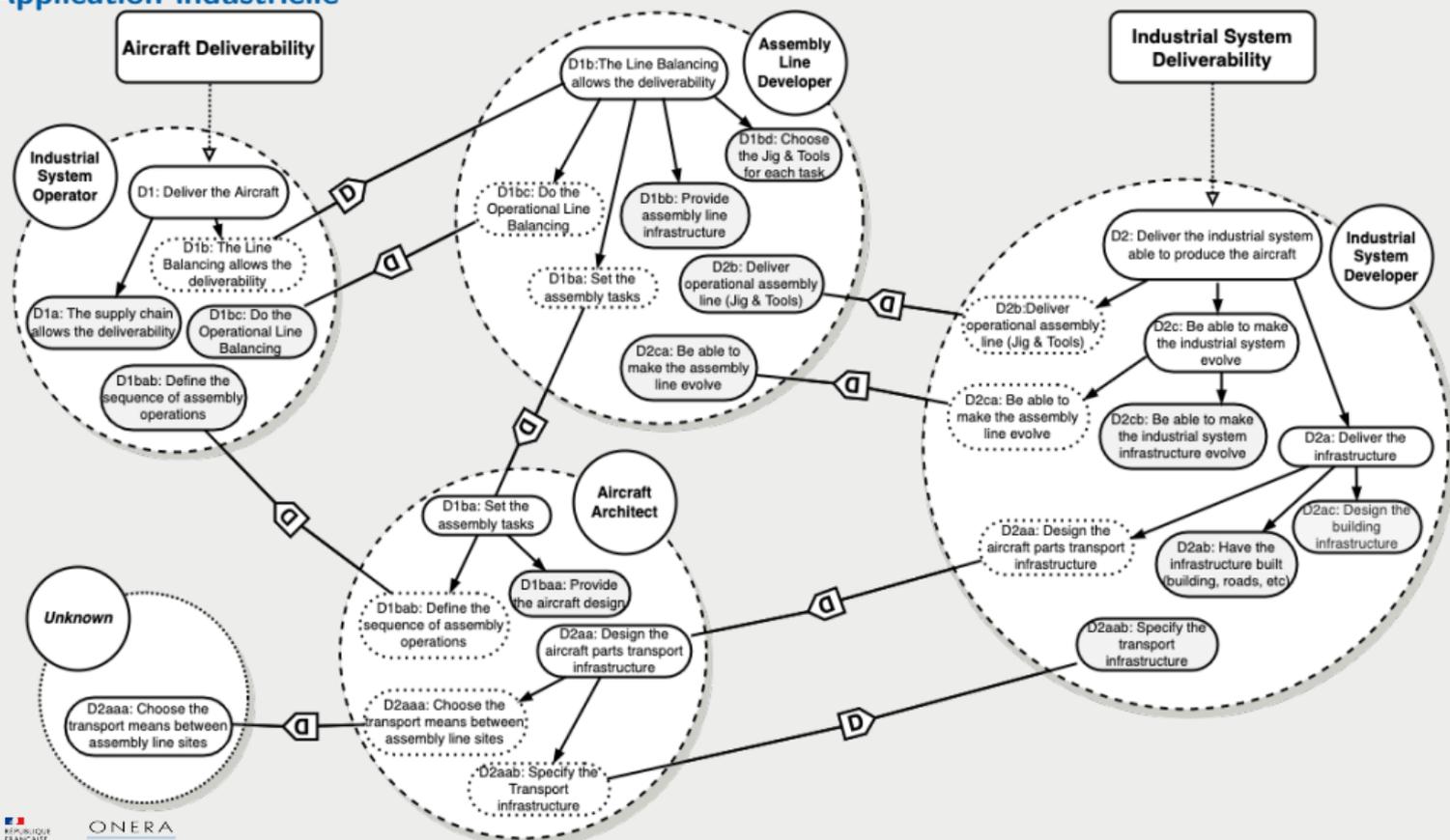
- ✈ Possède des **High-level goals**
- ✈ Ingénieurs en design d'**avion** et design du **système industriel**

Déroulé

- ✈ *Participants*
 - » *experts modèle : 4 chercheurs de ONERA*
 - » *experts domaine : ingénieurs avion et industriel*
- ✈ *Sessions de travail présentielle*
 - » *Présentation de la méthode*
 - » *3 sessions de travail par High-level goal*

Modèles de buts

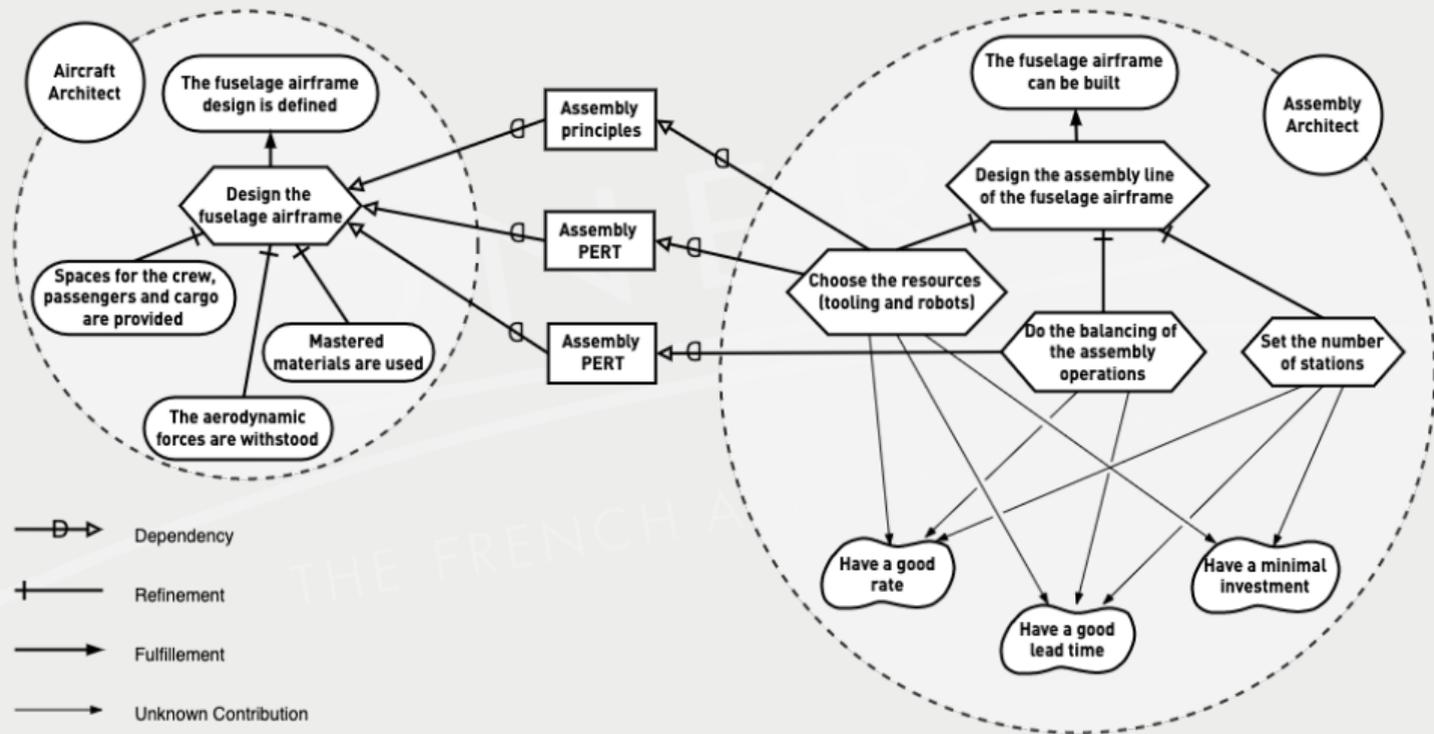
Application industrielle



- 1 - Contexte
- 2 - Problématique
- 3 - Évaluation d'un design
- 4 - Modèles de buts
- 5 - Conclusion**
 - ▶ *Modèle de but et optimisation*
 - ▶ *Perspectives*

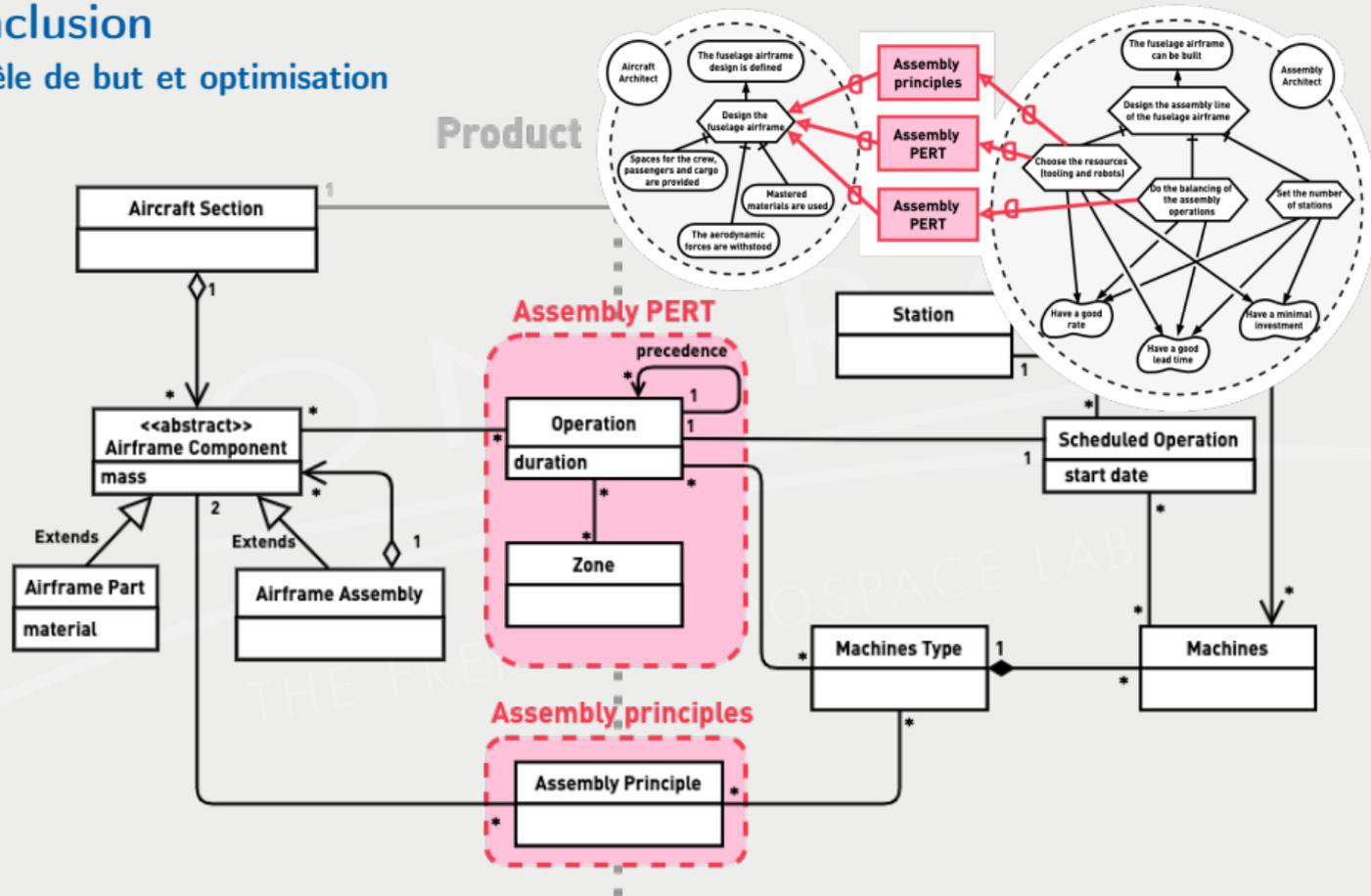
Conclusion

Modèle de but et optimisation



Conclusion

Modèle de but et optimisation



Conclusion

Modèle de but et optimisation

Design 1



Design 2



- Descriptions **haut niveau**
- Environ **180 activités** par design.
- **48 zones** par design.
- **5 ressources dimensionnantes** dans la chaîne d'assemblage *A1, A2, B1, B2, B3*.
- Les ressources de type **A excluent** celles de type **B**.

700 relations de **précédences**

300 relations de **précédences**

Conclusion

Modèle de but et optimisation

Have a good
rate

Have a good
lead time

Have a minimal
investment

nombre de stations	5 machines		5+1 machines	
	Design 1	Design 2	Design 1	Design 2
4	9h54	9h51	9h54	9h08
5	8h53	9h07	8h09	7h30
6	6h50	9h07	6h47	6h21
7	5h51	9h07	5h51	5h30
8	5h30	9h07	5h30	5h30

- ✈ **Intégration des outils** de *recherche participative en modélisation d'entreprise* aux sessions de **travail avec les experts**.
- ✈ Relation et la complémentarité entre la **modélisation par but et l'optimisation**.
- ✈ **Négociation entre les choix** design avion et performance de la ligne d'assemblage.
- ✈ Mesurer effets de la **courbe d'apprentissage** sur l'usine
- ✈ Étudier les différentes **relations entre les acteurs**

Bibliographie succincte I

- [Aquieta-Nuñez et al., 2021] Aquieta-Nuñez, A., Chan, A., Donoso-Arcinieg, A., Polacsek, T. et Roussel, S. (2021). A collaborative model for connecting product design and production line design: an aeronautical case study. *In PoEM 2021, Lecture Notes in Business Information Processing*.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-91279-6_19.
- [Bryl et al., 2006] Bryl, V., Giorgini, P. et Mylopoulos, J. (2006). *Designing cooperative IS: exploring and evaluating alternatives*. *In Meersman, R. et Tari, Z., éditeurs : OTM Conferences, volume 4275 de Lecture Notes in Computer Science, pages 533–550*. Springer.
- [Chan et al., 2022a] Chan, A., Fernandes-Pires, A. et Polacsek, T. (2022a). *Eliciting and assigning goals to the right actors: an experiment*. *In Conceptual Modeling - 41th International Conference, ER 2022, October 17-20, 2022, Proceedings*.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-17995-2_29.
- [Chan et al., 2022b] Chan, A., Fernandes-Pires, A., Polacsek, T. et Roussel, S. (2022b). *The aircraft and its manufacturing system: From early requirements to global design*. *In 34th International Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE)*.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-07472-1_10.
- [Chan et al., 2023a] Chan, A., Fernandes-Pires, A., Polacsek, T., Roussel, S., Bouissière, F., Cuiller, C. et Dereux, P. (2023a). *Goal modelling: Design and manufacturing in aeronautics*. *In Research Challenges in Information Science: - 17th International Conference, RCIS, May 23-26, 2023, Proceedings*.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-33080-3_1.

Bibliographie succincte II

- [Chan et al., 2023b] Chan, A., Polacsek, T. et Roussel, S. (2023b).
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).
<https://roadef2023.sciencesconf.org/434684>.
- [Chan et al., 2022c] Chan, A., Roussel, S. et Polacsek, T. (2022c).
Assembly line performance analysis based on aircraft preliminary design: a scheduling approach.
In International Workshop on Project Management and Scheduling (PMS).
<https://hal.science/hal-03771512>.
- [Shenas et Derakhshan, 1994] Shenas, D. G. et Derakhshan, S. (1994).
Organizational approaches to the implementation of simultaneous engineering.
International Journal of Operations & Production Management, 14(10):30–43.