

Agile Manufacturing et Flexibilité Multiproduit

Evaluation du taux de reconfigurabilité d'une ligne d'assemblage
moteur par simulation de flux

Amélie Beauville dit Eynaud* **, Nathalie Klement*,
Olivier Gibaru*, Lionel Roucoules*, Laurent Durville**

*LISPEN, Arts et Métiers ParisTech, Lille

**Factory Booster, Groupe PSA, Vélizy-Villacoublay

Plan

- Contexte
 - Contexte économique
 - Use case
- Démarche de la thèse
- Simulation
 - Ligne dédiée
 - Ligne reconfigurable
- Premiers résultats
- Travaux à suivre

Contexte

- Installations sur-mesure (machines spéciales)
- Dédiées à une famille produit
- Non reconfigurable
- Investies au potentiel maximal du marché estimé à plusieurs années

Problématique:

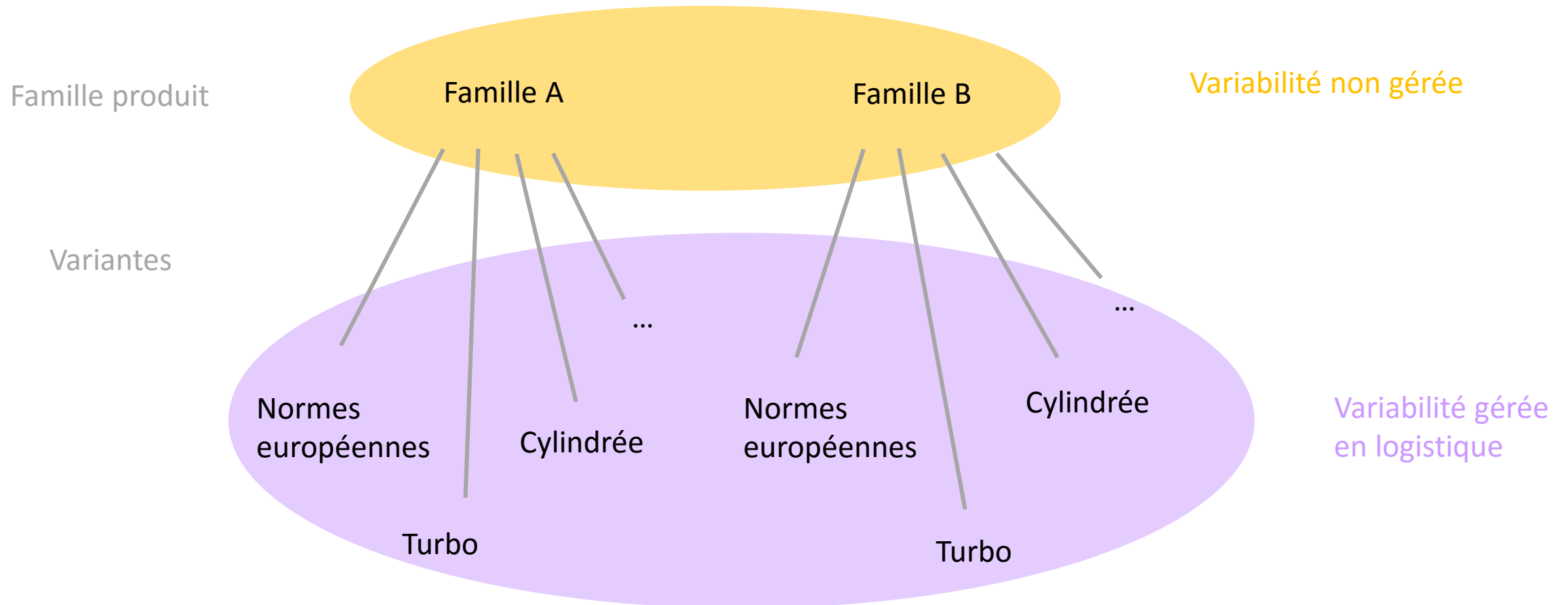
Quelle est le système de production idéal adapté à un marché à forte variabilité?

Verrous :

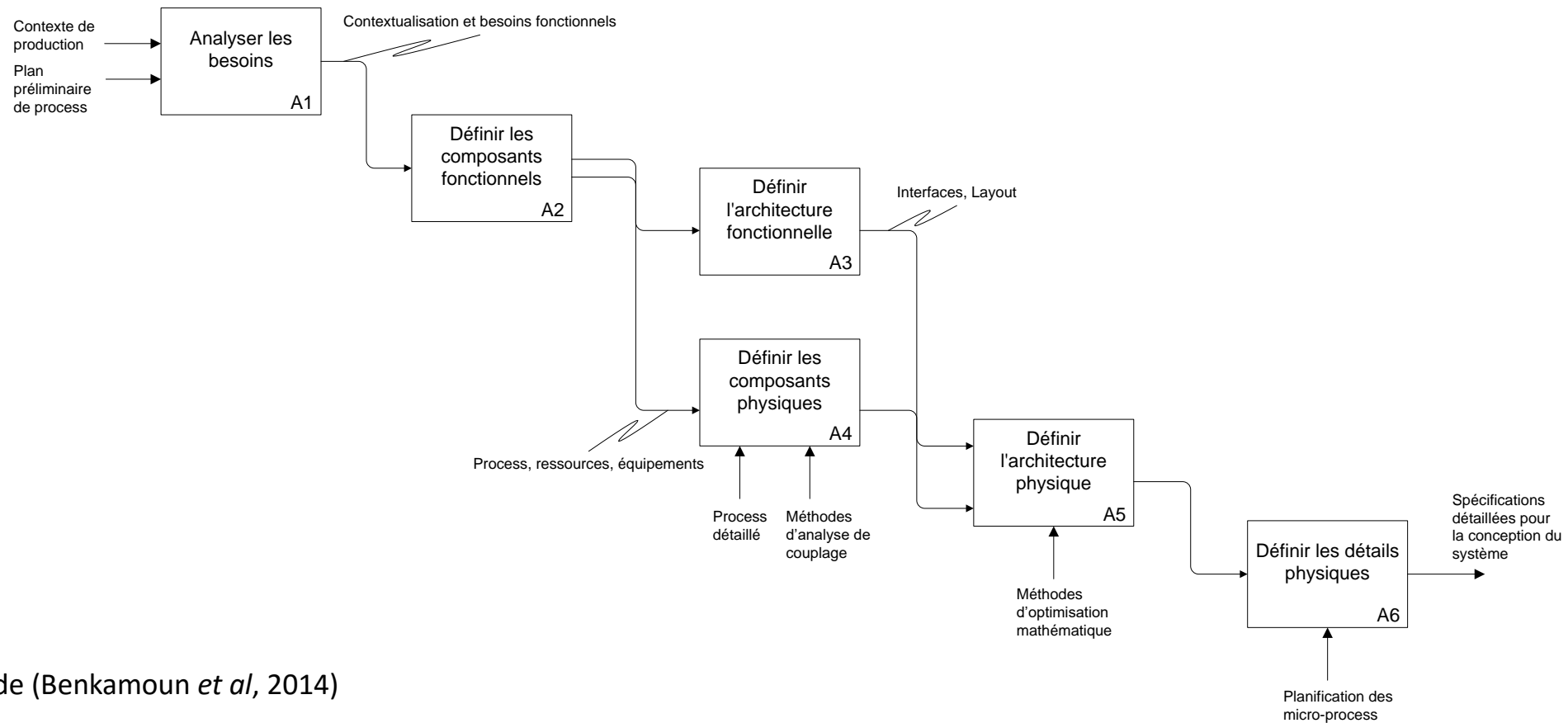
- Solution pour un système de production à forte variabilité dans un pays à coût élevé de main d'œuvre
- Chargement à 95% des lignes dans un contexte de marché fluctuant en toute situation de charge et quel que soit le mixte produit

Contexte: Use case industriel

Assemblage moteur



Démarche de conception d'un système dédié



Adapté de (Benkamoun *et al*, 2014)

Benkamoun, Nadège; ElMaraghy, Waguih; Huyet, Anne-Lise; Kouiss, Khalid (2014) Architecture Framework for Manufacturing System Design. In : Procedia CIRP, vol. 17, p. 88–93. DOI: 10.1016/j.procir.2014.01.101.

1

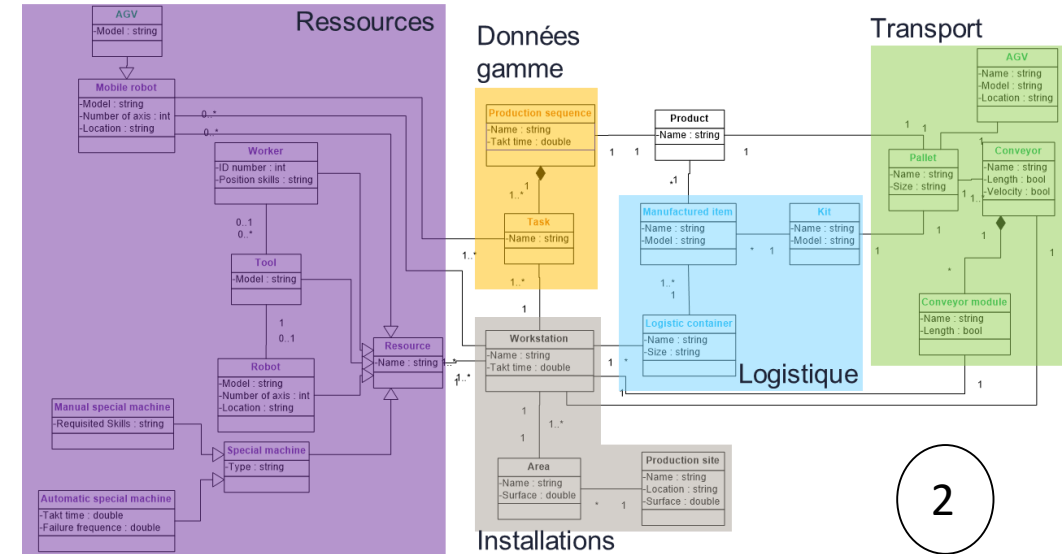
A1. Comment décririez-vous la complexité du produit considéré?

Conception modulaire du produit	1	2	3	4	5	6	7	Conception rigide du produit
Peu d'éléments dans la nomenclature	1	2	3	4	5	6	7	Nomenclature complexe
Peu d'opérations nécessaires	1	2	3	4	5	6	7	Grand nombre d'opérations nécessaires

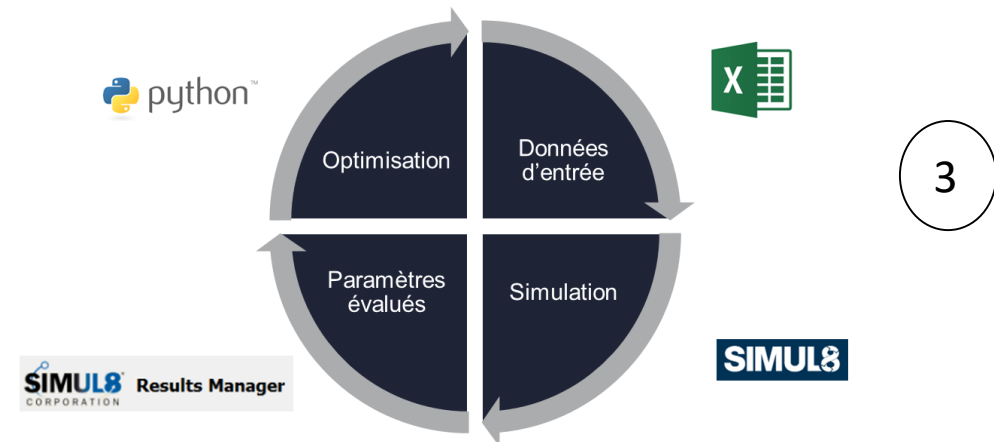
A2. En quelle mesure êtes-vous d'accord avec les déclarations suivantes ?

	Strongly disagree	Disagree	Somewhat disagree	Neither agree or disagree	Somewhat agree	Agree	Strongly agree
La demande client varie très fortement suivant les semaines.	1	2	3	4	5	6	7
Le volume de production varie très fortement suivant les semaines.	1	2	3	4	5	6	7
Le ratio de mix produit effectivement réalisé varie très fortement d'une semaine à l'autre.	1	2	3	4	5	6	7
Les besoins en approvisionnement (volume et mix produit) varient fortement selon les semaines.	1	2	3	4	5	6	7
Les produits sont caractérisés par un grand nombre de modifications techniques (vie série).	1	2	3	4	5	6	7
Les fournisseurs ont fréquemment besoin d'apporter des modifications aux produits dont ils approvisionnent l'usine.	1	2	3	4	5	6	7

1. Détermination du besoin en reconfigurabilité
2. Modélisation du système
3. Détermination de la configuration optimale (couplage optimisation – simulation)
4. Reconfiguration du système au besoin



(Bea et al. 2018)

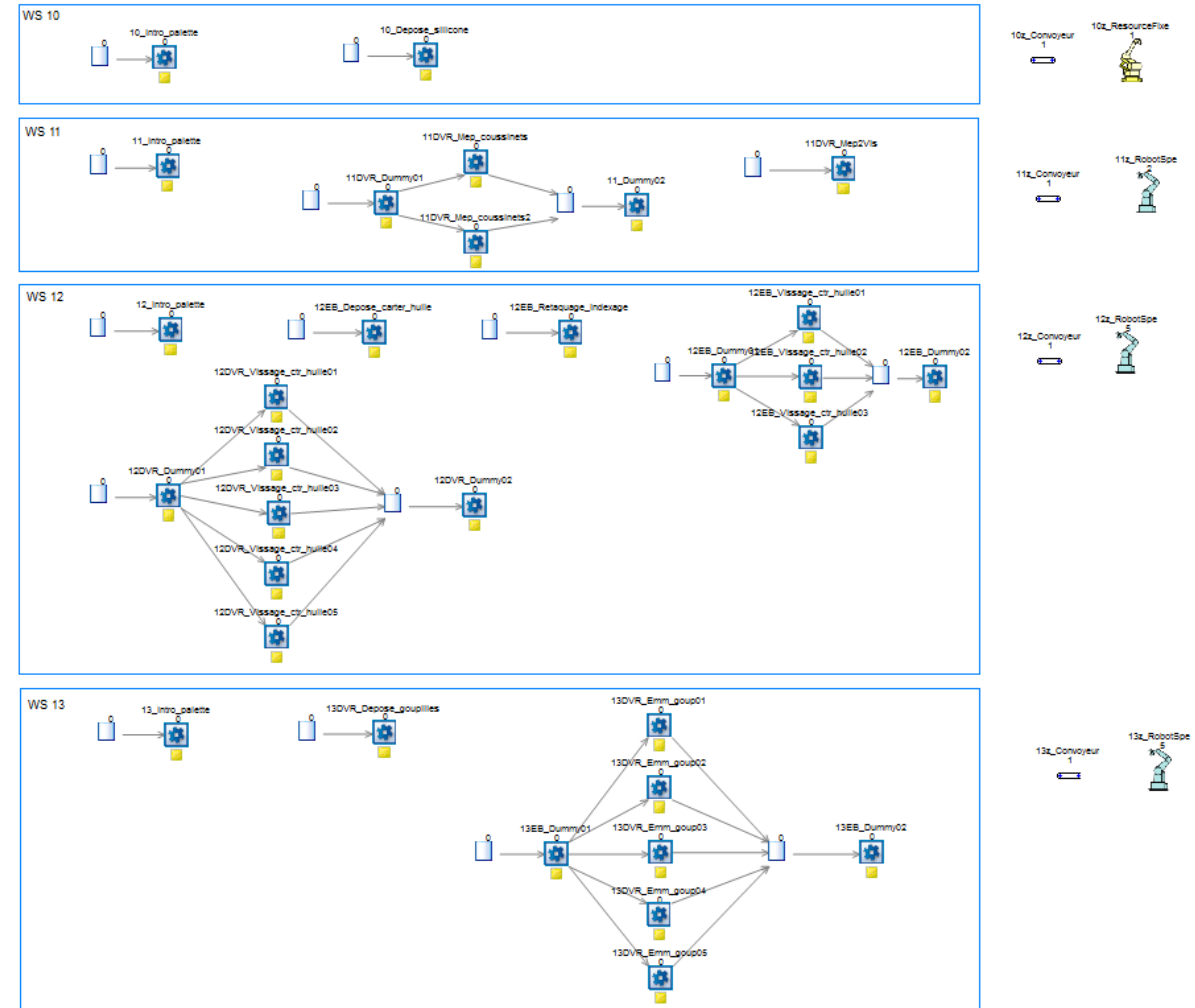


Beauville dit Eynaud, A.; Klement, N.; Roucoules, L.; Gibaru, O.; Durville, L. (2018) UML based reconfiguration rate analysis of assembly line depending on robot integration. In : IFAC-PapersOnLine, 51-11, p. 1168–1173.

Modèle de simulation



- Simulation à événements discrets (Simul8)
- Postes et tâches modélisées par des activités
- Les tâches (activités) peuvent employer des ressources
- Simulation pour un volume donné: 640'000 unités par an



Systeme non reconfigurable: ligne dédiée essence, ligne diesel

Implantation	Gestion des variantes		Gestion des familles	
	Flexibilité produit	Flexibilité volume	Reconfigurabilité Produit	Reconfigurabilité Volume
Existant	Variant Flex.	Non	Non	Non

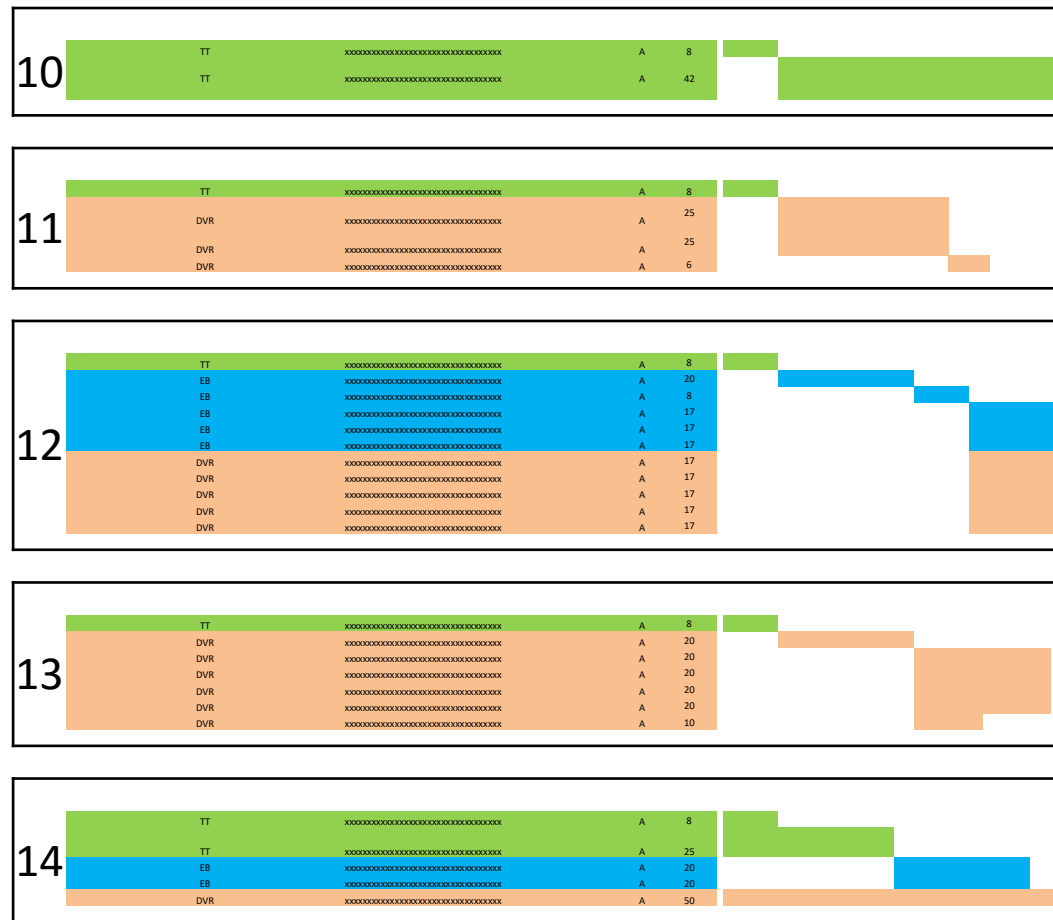
Les lignes d'assemblage sont distinctes pour les différents types de carburants et les différents nombres de cylindres.

Systeme non reconfigurable: résultats au regard de la performance

Ressources	Essence 4785 produits	Diesel 4778 produits	
Poste 10	84%	84%	
Poste 11	0%	58%	→
Poste 12	34%	34%	
Poste 13	0%	44%	
Poste 14	40%	50%	

2 lignes de production
=
Achat de **25** machines spéciales

Systeme reconfigurable : ligne multi-produit



Gamme mixant les tâches d'assemblage pour les moteurs diesel et essence

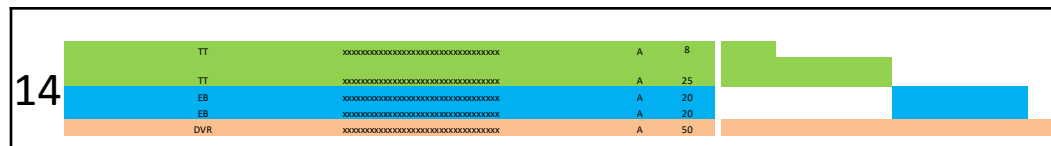
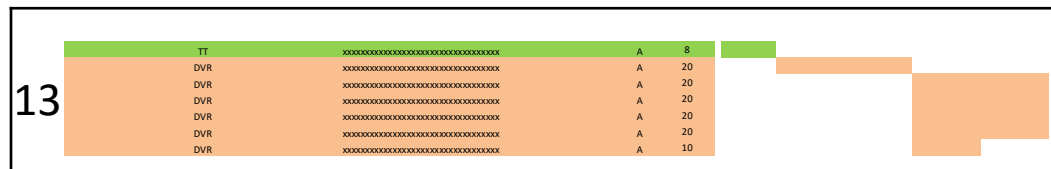
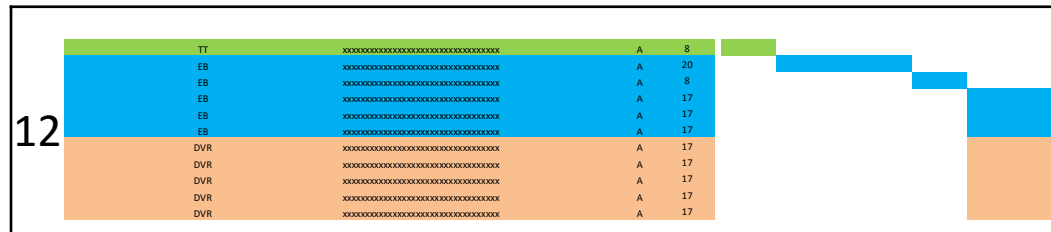
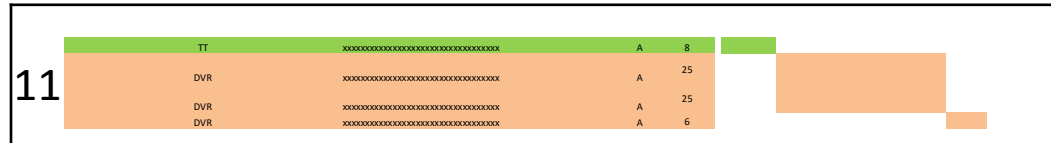
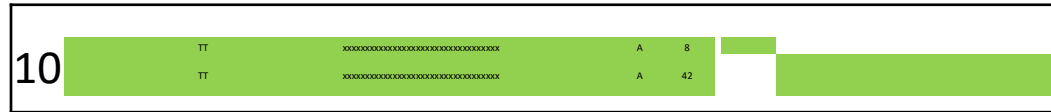
Systeme reconfigurable : ligne multi-produit sans mutualisation des ressources

	25% essence 75% diesel	40% essence 60% diesel	50% essence 50% diesel	60% essence 40% diesel	75% essence 25% diesel
Robot poste 10	84%	84%	84%	84%	84%
Robot poste 11	43%	34,5%	28,5%	22,7%	14%
Robot poste 12	33,4%	33%	33%	32,5%	32%
Robot poste 13	32,8%	26%	22%	17,2%	16%
Robot poste 14	46,3%	45%	44,2%	43,5%	42,3%

Systeme reconfigurable : ligne multi-produit sans mutualisation des ressources

		25% essence 75% diesel	40% essence 60% diesel	50% essence 50% diesel	60% essence 40% diesel	75% essence 25% diesel
Moteur essence	Nb assemblés	1209	1937	2434	2915	3626
	Tps moyen (min)	6,71	6,7	6,7	6,65	6,6
Moteur diesel	Nb assemblés	3570	2843	2346	1867	11157
	Tps moyen (min)	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4

Systeme reconfigurable : ligne multi-produit avec mutualisation des ressources



25% essence
75% diesel

40% essence
60% diesel

Robot poste 10

84%

84%

Robot poste
11-12

50,7%

46,8%

Robot poste 13

32,8%

26%

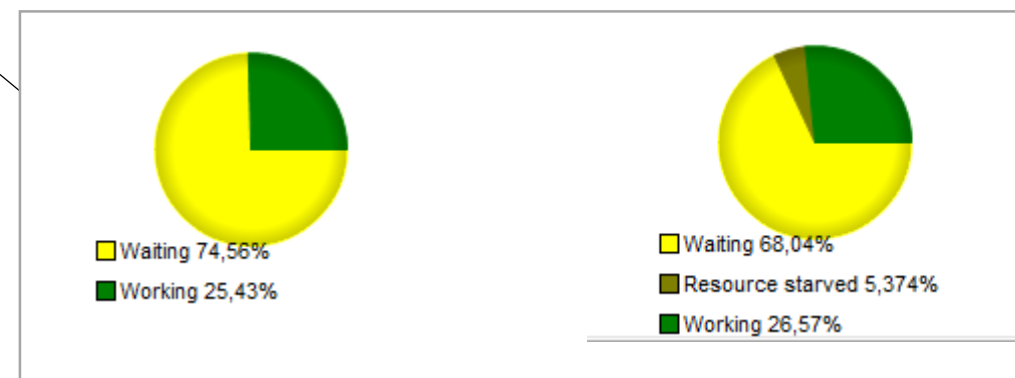
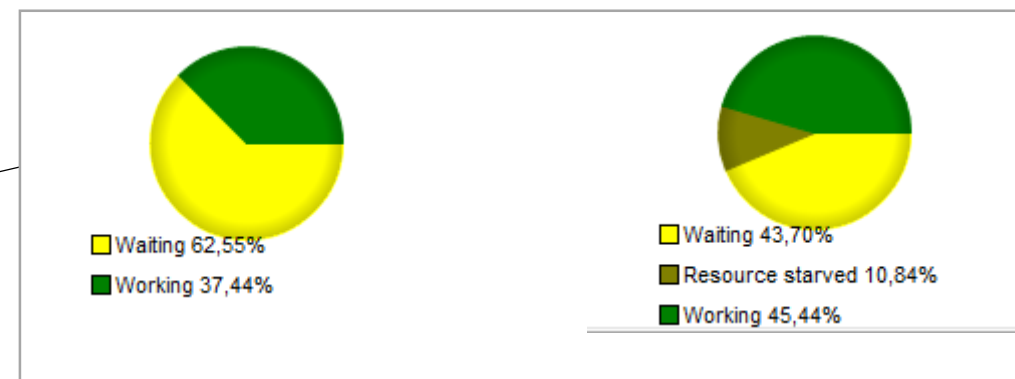
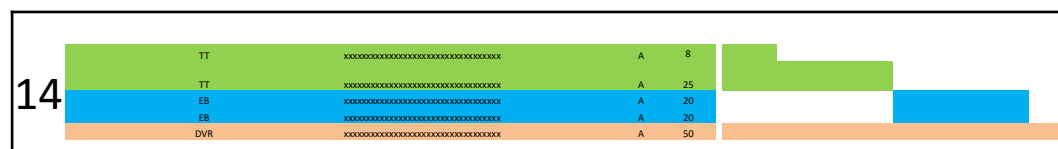
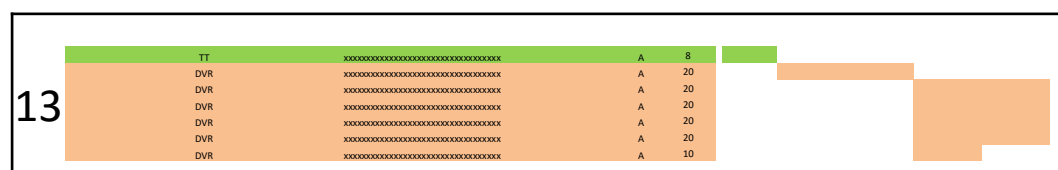
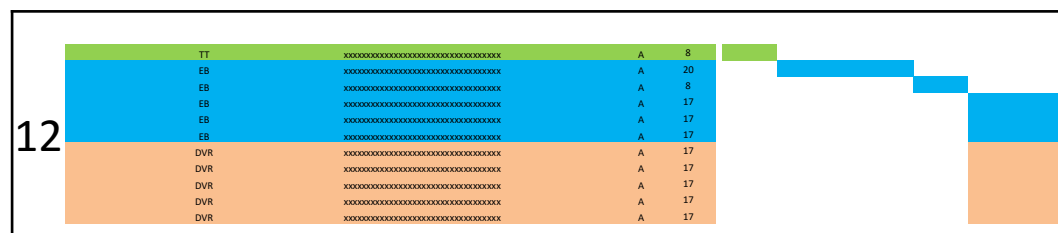
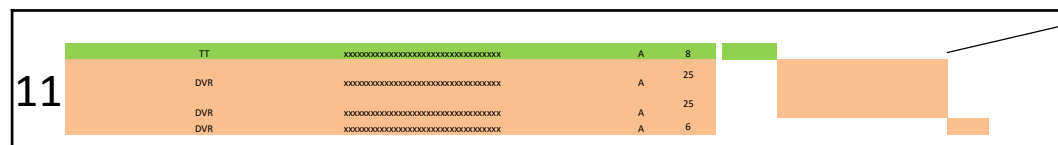
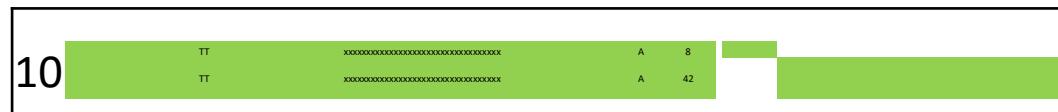
Robot poste 14

42,4%

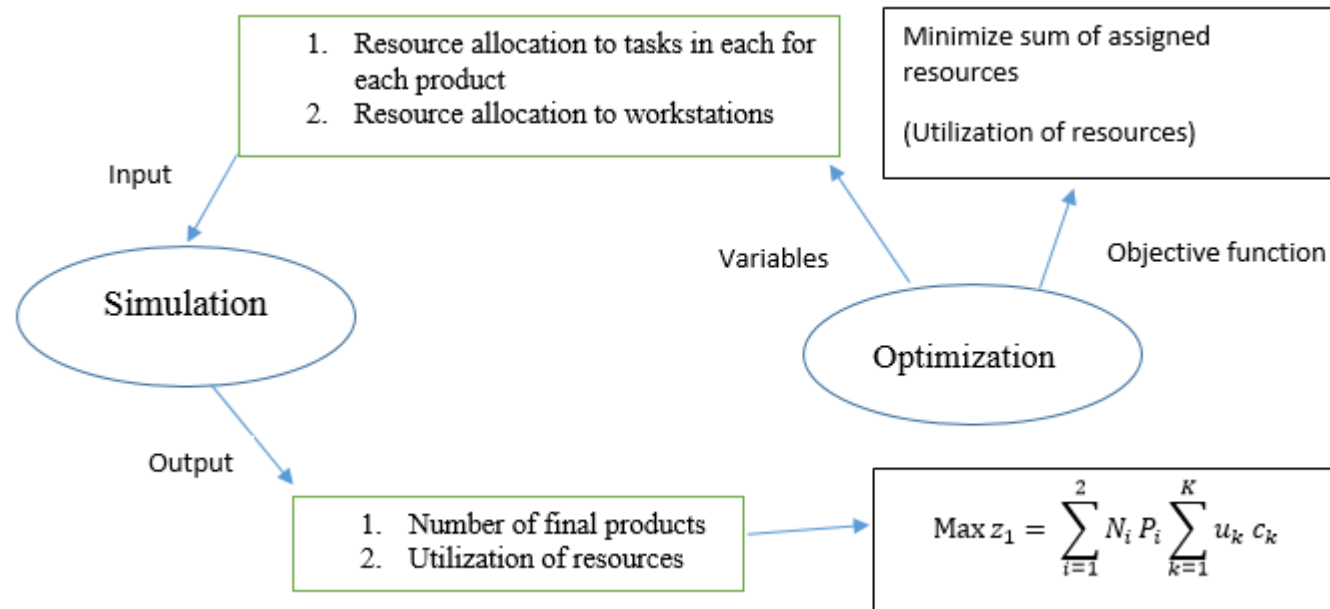
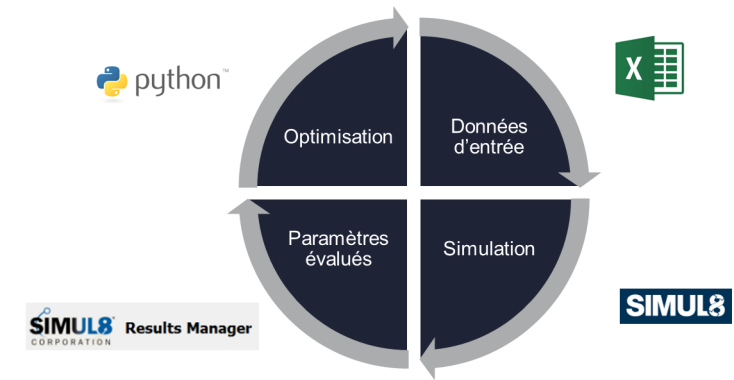
44%

Mutualisation ressources
des postes 11 et 12

Résultats

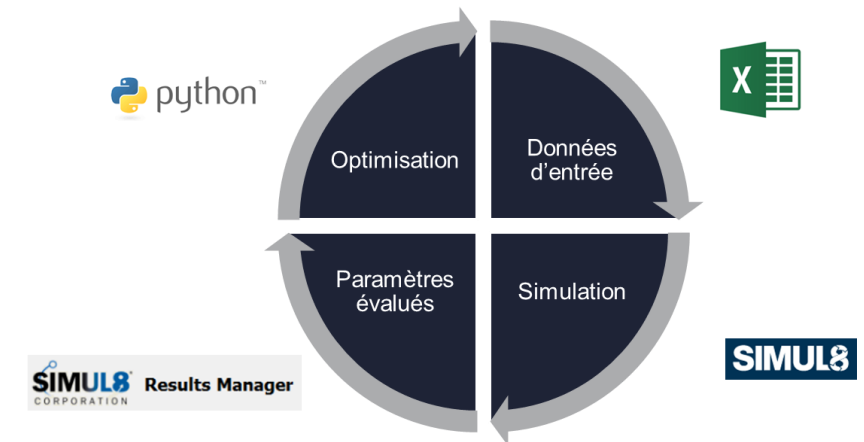


Optimisation



Conclusion et travaux à suivre

- La mutualisation des ressources permet une meilleure utilisation des installations
- Reconfigurabilité vs. productivité
- Optimiser le partage des robots entre les deux familles de produit
- Prendre en compte la non-immédiate disponibilité des ressources
- Comparaison des solutions de reconfigurabilité par les critères de reconfigurabilité pondérés (Bea. et al, 2018)



Modularité	Intégrabilité	Customisation	Convertibilité	Scalabilité	Diagnosabilité
6%	22%	24%	20%	18%	10%

Beauville dit Eynaud, A.; Klement, N.; Gibaru, O.; Roucoules, L.; Durville, L. (2018) Identification of reconfigurability enablers and weighting of reconfigurability characteristics based on a case study: CARV 2018. International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production. International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production. Nantes, France, 8/10/2018-10/10/2018: Elsevier.