

# Etude exploratoire autour de l'apport de l'optimisation des plannings de maintenance en économie circulaire

Réalisé par Marie-Laure Espinouse

Séminaire CIRCULAR - 29 Avril 2021

- Collaborations avec Margaux Nattaf (G-SCOP) et Grégory Mounié (LIG)
- Domaine de recherche : **développement de méthodes d'optimisation, d'ordonnancement**
- Outils : **Recherche opérationnelle, programmation par contraintes, parallélisme, approximation**
- **Stage de master** ORCO de Ernest Foussard



Designing circular industrial systems for the Industry of the Future

- **Thèse** de Ernest Foussard



- **Optimisation de la planification des maintenances dans un contexte d'économie circulaire**
  - **Ordonnancement** (placement dans le temps) des périodes de maintenance et des périodes d'exploitation (usage ou production)
  - Objectifs d'optimisation prenant en compte
    - **Consommation des ressources** (eau, énergie, composants)
    - **Génération des déchets** (émissions CO2, eau, composants en fin de vie)
    - **Fin d'usage**

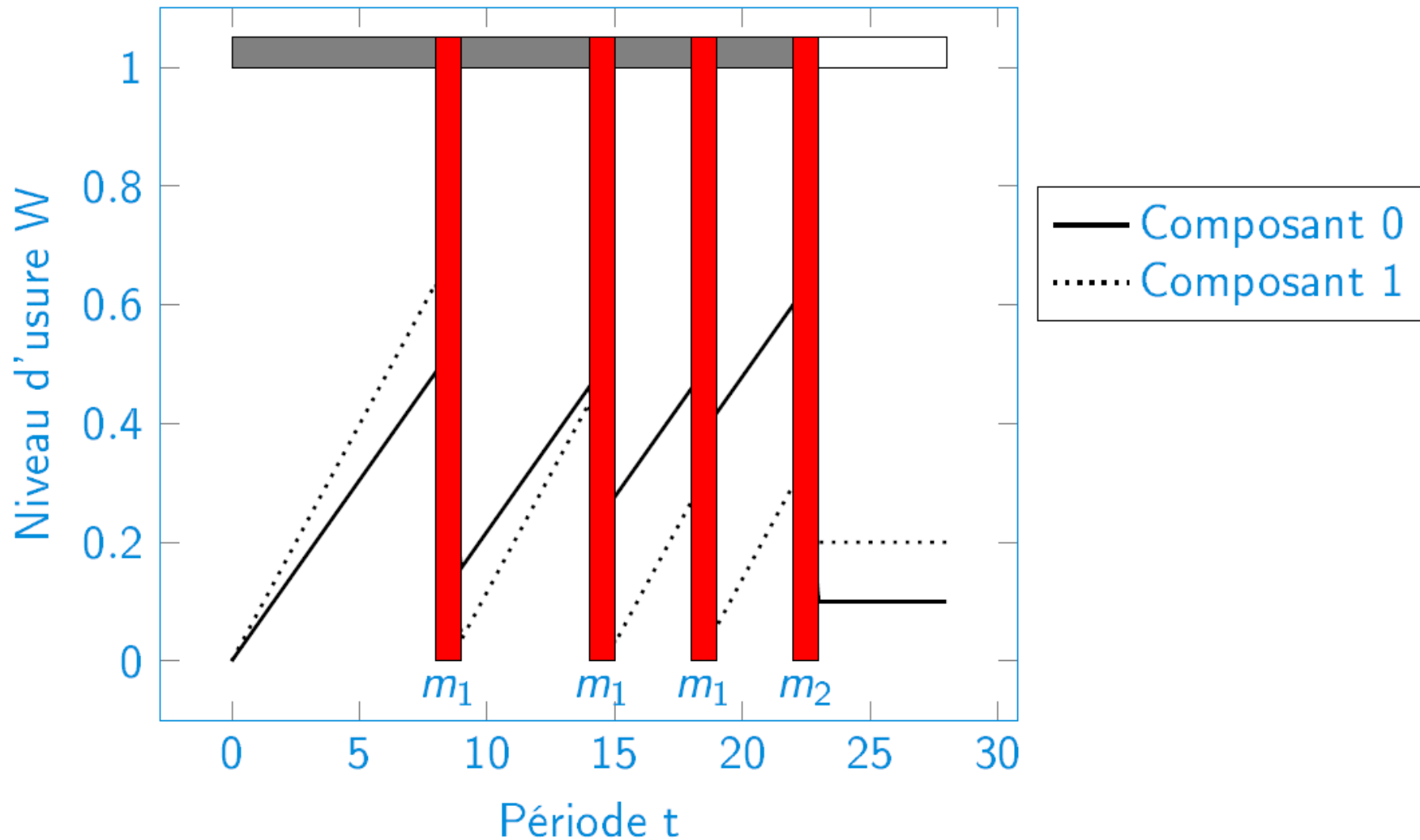
- Thèse de L. Diez : Apport de la maintenance prévisionnelle au paradigme de régénération industrielle
- **Développement de nouveaux modèles économiques** privilégiant l'usage à la possession, vendre un service plutôt qu'un bien (économie de la fonctionnalité, économie de la performance, mutualisation d'usage...)
- **Maintenance : rôle clé**
  - Durée de vie
  - Consommation des ressources
  - Génération des déchets
  - Fin d'usage

- Objectifs
  - Maximiser le profit
  - **Maximiser la durée d'usage**
  - **Minimisation des ressources consommées durant l'exploitation et durant la maintenance**
  - **Minimisation des déchets liés à la maintenance et à la fin de vie**
- Contraintes
  - **Différents types de maintenances** (régénération totale ou partielle d'un ou plusieurs composants)
  - **Étude réalisée au niveau composants**
- **Cas d'étude en lien avec l'économie de la performance**
  - Laveurs automatiques

- **Maintenance** : avec ou sans perte d'efficacité en fonction du niveau d'usure
- **1 machine**, 3 états possibles
  - Exploitation
  - Maintenance
  - inactivité
- **Chaque composant a un niveau d'usure**
- L'usure augmente avec l'exploitation et diminue avec la maintenance

## PLNE

- Variables indexées par le temps
  - Taux d'usure d'un composant à un instant donné
  - Exploitation à un instant donné ?
  - Début d'une maintenance à un instant donné
- Contraintes
  - Incompatibilité maintenance/exploitation
  - Evolution du niveau d'usure
  - Evolution de la consommation des ressources
  - Disponibilité des ressources de maintenance
  - Brisure de symétrie





- Génération d'instances
  - Données constructeurs
  - Thèse de L. Diez, 2017
  - P.Tecchio et al.,2019
- Instances considérées
  - De 1 à 5 composants
  - 30, 60, 120 périodes temporelles
- Agrégation des critères (économique, environnementale)
- Cplex
  
- Solutions réalisables obtenues en moins d'une minute

- Instances
  - Obtenir des données plus précises notamment concernant les coûts de maintenance
- Parc de laveurs
- Méthodes pour traiter de plus grands horizons
  - Heuristiques, Parallélisation, Approximation, PPC
- **Approches stratégiques/Approches opérationnelles**

- Etendre à d'autres applications
  - Service d'éclairage
  - Location avec et sans option d'achat
  - vélo, trottinettes, voiture en libre service