

SUJET DE THESE G-SCOP 2020

Titre de la thèse : Optimisation des plannings de maintenance pour relever le défi de l'économie circulaire

Directeur(s) de thèse : Marie-Laure Espinouse, Pr, laboratoire G-SCOP

Co-encadrant : Margaux Nattaf, MCF, laboratoire G-SCOP

Ecole doctorale : IMEP2 (Ingénierie - Matériaux, Mécanique, Environnement, Energétique, Procédés, Production)

Date de début (souhaitée) : 01/01/2020

Financements envisagés : *Allocation de recherche IMEP2 demandée*

Description du sujet :

Contexte

Depuis la révolution industrielle du XVIIIème siècle, l'économie européenne repose sur un « modèle linéaire » : extraire, fabriquer, consommer et jeter (Le Moigne, 2014). Avec l'évolution démographique, la croissance de la consommation des pays développés et l'aspiration des pays émergents à un modèle de consommation similaire, ce modèle génère d'une part un prélèvement des ressources naturelles toujours plus important et d'autre part une prolifération de déchets. Les ressources de la planète étant limitées et la gestion des déchets étant un défi planétaire le modèle linéaire n'est aujourd'hui plus viable. Pour rompre avec ce modèle, l'économie circulaire apparaît aujourd'hui comme l'un des modèles alternatifs les plus prometteurs (Ellen MacArthur Foundation, 2019). Au travers de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte du 17 août 2015 (Loi n°2015-992, 2015), l'état Français a fait de la transition vers une économie circulaire un objectif national.

L'économie circulaire telle qu'elle a été définie par le ministère de la transition écologique et solidaire (Ministère transition écologique et solidaire, 2019) suppose de relever plusieurs défis : l'approvisionnement durable, l'éco-conception, l'écologie industrielle et territoriale, l'économie de la fonctionnalité, la consommation responsable, l'allongement de la durée d'usage, l'amélioration de la prévention, de la gestion et du recyclage des déchets.

L'économie circulaire est non seulement une volonté politique mais un enjeu industriel, comme le montre ces quelques exemples. Renault s'est engagé sur un programme de transformation des déchets en ressource. Seb mène plusieurs actions en lien avec l'économie circulaire (la réparabilité des produits, la mutualisation de l'usage des produits, la prolongation de la vie des produits et le recyclage en fin de vie). Philips, quant à lui, au travers de Circular lighting, investit le secteur de l'économie de fonctionnalité en offrant un service d'éclairage.

Les préoccupations environnementales sont au cœur de nombreux travaux de recherche, notamment en recherche opérationnelle (Giret et al., 2015), (Akbar and Irohara, 2018). Le laboratoire G-SCOP a fait de la soutenabilité l'un de ces 5 axes prioritaires pour les années à venir. Le laboratoire G-SCOP est porteur du CDP (Cross Disciplinary Program) CIRCULAR « Concevoir des systèmes circulaires

pour l'industrie du futur ». Les travaux réalisés dans cette thèse ont vocation à contribuer à ce projet. Cette thèse s'inscrit dans la continuité du stage de Master intitulé « Maintenance planning for circular economy : laundromat washing machines case » et financé par le CDP Circular.

Objectifs

Dans cette thèse, nous nous focaliserons sur l'optimisation de la planification des maintenances pour relever les défis de l'économie circulaire. La maintenance a bien sûr un rôle tout particulier à jouer dans l'allongement de la durée d'usage (Diez, 2017), mais également dans l'économie de la fonctionnalité ou encore dans le cadre de la mutualisation d'usage.

Dans le cadre de l'allongement de la durée d'usage, plusieurs types de maintenance sont à considérer, des maintenances pour maintenir l'usage et des maintenances pour permettre une seconde vie, de plus, il est pour certains produits pertinent de considérer la maintenance composant par composant (Kamran et al., 2011) et de ne pas considérer seulement la durée de vie du produit mais également l'état de santé et la durée d'usage de chacun des composants.

Comme défini par le ministère de la transition écologique et solidaire, l'économie de la fonctionnalité « consiste à remplacer la notion de vente du bien par celle de la vente de l'usage du bien ». Dans ce type d'économie l'entreprise productrice du bien restant propriétaire de ce bien, l'obsolescence programmée n'a plus lieu d'être et la maintenance a par contre un rôle crucial, non seulement pour maintenir un niveau de service satisfaisant, mais également pour contribuer à une optimisation de l'usage des différents composants. De plus, elle a un impact direct sur les consommations de ressources (ADEME, 2017).

La mutualisation d'usage est une offre de service en plein essor. Elle consiste notamment à remplacer la vente de produits par la possibilité de les réserver et de les emprunter. Une fois ces produits rendus, ils doivent subir une maintenance pouvant aller du simple nettoyage à une maintenance plus conséquente. Ce type de modèle de consommation est en plein essor dans de nombreux secteurs (auto et vélo partage, appareils de cuisine...).

Mutualisation d'usage et économie de la fonctionnalité (Stahel, 2005) sont en plein essor et reposent sur une maintenance efficace.

Optimiser la planification des maintenances en tenant compte des coûts et bénéfices économiques et environnementaux est un véritable défi. Pour permettre une véritable efficacité environnementale, il est nécessaire de tenir compte de l'ensemble des entrées/sorties : ressources nécessaires à la maintenance, bénéfice de la maintenance sur les ressources consommées, bénéfice de la maintenance sur la durée d'usage du produit dans son intégralité mais également composant par composant...

L'objectif de cette thèse est, sur la base de méthodes et d'outils de la recherche opérationnelle, de proposer des méthodes exactes, heuristiques et hybrides de planification des maintenances pour relever le défi de l'économie circulaire dans des contextes de mutualisation d'usage ou d'économie de la fonctionnalité ou tout simplement pour optimiser la durée d'usage de produits ou de composants.

Méthode

Classiquement, cette thèse débutera par une étude bibliographique. Cette étude bibliographique sera conduite selon deux axes d'une part la place de la maintenance dans l'économie circulaire et d'autre part sur la planification des maintenances avec prise en compte de la santé des équipements.

Fondée sur cette étude bibliographique et sur l'analyse de différentes actions industrielles en terme d'économie circulaire, les objectifs et contraintes seront identifiés et hiérarchiser.

Différents problèmes de planification de maintenance pour optimiser la durée d'usage ou dans le cadre de mutualisation d'usage ou dans un contexte d'économie de fonctionnalité seront modélisés. Pour ces différents problèmes, des études de complexité seront réalisées. Plusieurs méthodes exactes, heuristiques et hybrides ou de type Programmation Par Contrainte seront proposées, implémentées et testées sur des instances qui pourront être générées.

Les résultats obtenus dans cette thèse ont vocation à être présentés en conférences internationales avec actes et à être publiés en revues internationales.

Références

- ADEME, 2017, « l'économie de la fonctionnalité : de quoi parle-t-on ? »
- Akbar M. and Irohara, 2018, "Scheduling for sustainable manufacturing: a review", journal of cleaner production, 205, 866-883
- Diez L., 2017, « Apport de la maintenance prévisionnelle au paradigme de régénération industrielle », PhDthesis, Université de Lorraine, France
- Ellen MacArthur Foundation, 2019, « The circular economy in detail » <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/explore/the-circular-economy-in-detail>
- Giret A., Trentesaux D. and Prabhu V., 2015, "Sustainability in manufacturing operations scheduling: A state of the art review", Journal of Manufacturing Systems, 37:126 – 140.
- Kamran S. Moghaddam and John S. Usher., 2011, "Preventive maintenance and replacement scheduling for repairable and maintainable systems using dynamic programming". Computers Industrial Engineering, 60(4):654 – 665.
- Le Moigne R., 2014, « L'économie circulaire », Dunod, Paris
- Loi N°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte, JORF N°0189 août 2015 page 14263
- Ministère de la Transition écologique et solidaire., 2019, « L'économie circulaire », <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/leconomie-circulaire>.
- Stahel W., "The functional economy: Cultural and organizational change. The Industrial Green Game: Implications for Environmental Design and Management, National Academy of Engineering; Deanna J. Richards, Editor.

Contact(s) :

Marie-Laure Espinouse : Marie-Laure.Espinouse@g-scop.grenoble-inp.fr

Margaux Nattaf : Margaux.Nattaf@g-scop.grenoble-inp.fr

