

	<i>ANR RegEcoS : Écosystème de Régénération de produits basé sur leurs usages</i>			
				
				

Co-Ingénierie système de régénération et produit tout au long du cycle de vie du produit

Contexte du travail de thèse

Les industries manufacturières européennes doivent faire face, ces dernières années, pour fabriquer leurs produits à destination des clients à plusieurs problèmes liés à l'approvisionnement en matières premières, relevant d'une part de causes environnementales et d'autre part de causes géopolitiques. Pour les problématiques environnementales, de nombreuses études socio-économiques montrent que les ressources naturelles s'épuisent et que nos modes de consommation produisent de grandes quantités de déchets qui détériorent notre environnement et induisent le changement climatique [3][11][12]. D'un point de vue sociétal, les changements de comportement sur les modes de consommation et d'usage devraient être drastiques pour avoir des effets rapides et positifs sur l'environnement et donc ils ne peuvent pas être le seul levier d'action. Pour les aspects géopolitiques, la crise sanitaire liée au Covid, et les conflits en cours montrent que l'Europe a mondialisé une trop grande partie de ses approvisionnements en matières premières, ce qui la rend vulnérable en période de crise. Pour répondre à cela, les gouvernements au niveau national et européen mettent en place des lois pour inciter les entreprises à mettre en place des processus de revalorisation de leurs produits déjà vendus. Ainsi, Décathlon doit mettre en place des dispositifs pour répondre à la loi AGECE de février 2020 permettant la régénération des équipements sportifs en fin d'utilisation.

Une piste d'action sur le long terme, face à ce challenge de revalorisation, est la mise en œuvre de l'économie circulaire qui se focalise sur la manière de produire, d'utiliser et de mieux revaloriser les produits à la fin de vie, afin de consommer moins d'énergie et moins de matières premières, et réduire ainsi leur impact environnemental tout au long de leur cycle de vie [6]. Cela impose de concevoir conjointement un produit et l'écosystème industriel et informationnel pour rendre ce produit plus robuste, capable de durer plus longtemps, d'être maintenu et d'envisager plusieurs cycles d'usages [4][8][9].

Contexte et problème industriel

Dans ce contexte, les trois laboratoires : CRAN, IMS et G-SCOP ont mis en place le projet ANR RegEcoS qui vise à apporter des réponses à ce challenge sociétal mais également scientifique en développant des méthodes, modèles et outils adaptés à l'industrialisation de la régénération des produits en fin d'utilisation. Toutes les possibilités (reuse, remanufacturing, recycling, ...) permettant de revaloriser un produit après son utilisation et ainsi repousser sa fin de vie, sont regroupées sous le terme de régénération [7]. La régénération impose une vision globale et intégrée de la revalorisation (en opposition à une vision classique très segmentée et locale), transversale au cycle de vie du produit, puisqu'elle peut être envisagée plusieurs fois dans la vie d'un même produit et de tout ou partie de ses sous-ensembles, composants. La régénération ne peut être abordée comme un processus de production classique, du fait de la spécificité du flux de produits traités (déchets, flux non constants en quantité et qualité), des informations disponibles pour prendre la décision (natures hétérogènes, incomplètes, incertaines, ...) et de l'effet escompté de la régénération, dépendant de l'état de santé du produit à la fin de son utilisation et de la demande du marché. De plus, pour envisager plusieurs phases de régénération dans la vie d'un produit, celui-ci doit présenter des aptitudes à la régénération et doit être conçu pour la régénération (Design for Regeneration). D'autre part, le processus de régénération qui interviendra, plus tard et à plusieurs reprises dans la vie d'un produit, doit être adapté, dimensionné selon les spécificités du produit et des besoins du marché.

Verrous scientifiques

Pour répondre à ces problématiques, trois verrous scientifiques majeurs ont été isolés par le projet RegEcoS : (Verrou 1) Nécessité d'intégrer tous les paramètres de l'écosystème des produits dès leur conception conjointement au

	<i>ANR RegEcoS : Écosystème de Régénération de produits basé sur leurs usages</i>			
				
				

processus de régénération, pour favoriser la mise en œuvre des meilleures alternatives de régénération possibles tout au long de la vie du produit [10][5], (Verrou 2) Manque d'une approche d'aide à la décision de la stratégie de régénération basée sur des sources d'informations hétérogènes, incomplètes et incertaines, provenant de phases de vie différentes et de différents processus [1][5][6][14], (Verrou 3) Nécessité de remonter, capitaliser de l'information sur l'ensemble des phases de vie d'un produit et en particulier son utilisation (conditions opérationnelles, contraintes, etc.) pour pouvoir anticiper ses usages ultérieurs [10]. Face à ces verrous, le projet RegEcoS a pour objectif de proposer une méthodologie pour la conception intégrée d'un produit et de son écosystème de régénération. L'écosystème de régénération regroupe les supports au suivi de l'usage d'un produit durant son utilisation (système d'information, jumeau numérique [13]...), et les méthodes pour aider à la décision de régénération, en vue de prolonger la durée de vie du produit.

Ce sujet de thèse porte sur les verrous 1 et 2, c'est-à-dire la spécification du système de régénération et du système d'aide à la décision de la meilleure stratégie de régénération en fonction de différents paramètres sur le produit, sur le processus de régénération [1][6][14], mais également sur des informations provenant de la demande en produits régénérés. L'ingénierie de ces deux systèmes sera faite conjointement à l'ingénierie du produit lors de sa conception. Durant la vie du produit et à la suite de ces différentes régénérations, il sera nécessaire de repenser l'ingénierie des systèmes de régénération et d'aide à la décision en fonction de l'évolution de la demande du marché, de l'usage du produit. Cette possible rétro-ingénierie devra être prise en compte dans la méthode proposée pour concevoir le système de régénération.

Plan d'actions

Pour mener à bien ses objectifs de thèse, le plan suivant sera suivi :

- État de l'art sur la co-ingénierie et rétro ingénierie du produit process
- État de l'art sur les approches d'aide à la décision
- Proposition d'une approche d'ingénierie du processus de régénération et du système d'aide à la décision aux différents moments du cycle de vie du produit. L'objectif est de proposer une méthode d'ingénierie adaptable aux demandes du marché, à l'évolution des produits et à l'apprentissage des précédentes régénérations.
- Application à deux études de cas : l'une académique : plateforme ProGreSS4.0 [2] et l'autre industrielle proposée par le partenaire Décathlon.

Références

- [1] Alamarew, Y.A., Kambanous, M.L., Sakao, T., Brissaud, 2020. D. A Multi-Criteria Evaluation Method of Product-Level Circularity Strategies. Sustainability, Vol. 12, no. 12, p. 5129.
- [2] Aubry A., Derigent W., Gouyon D., **Levrat E.**, **Marangé P.**, 2019. ProGreSS 4.0 : une plateforme pour l'enseignement de l'industrie du futur et pour la recherche associée. 16^{ème} colloque national S-mart/AIP-PRIMECA, Apr 2019, Les Karelis, France.
- [3] Babbitt, C.W., Gaustad, G., Fisher, A., Chen, W.Q., Liu, G., 2018. Closing the loop on circular economy research: from theory to practice and back again. Resour. Conserv. Recycl. Vol. 135, n°1-2.
- [4] Bauer, T., **Zwolinski, P.**, Nasr, N., 2020. Characterization of circular strategies to better design circular industrial systems. Journal of Remanufacturing, vol. 10, p. 161-176.
- [5] Bentaha M-L, **Marangé P.**, Voisin A., Moalla, N. End of Life product quality management for efficient design of disassembly lines under uncertainty. International Journal of Production Research, Taylor & Francis, In press, (10.1080/00207543.2022.2028199).
- [6] Bentaha, M. L., Voisin, A., **Marangé, P.**, 2020. A decision tool for disassembly process planning under end-of-life product quality. International

	<i>ANR RegEcoS : Écosystème de Régénération de produits basé sur leurs usages</i>			
				
				

Journal of Production Economics, Vol. 219, 386-401.

[7] Diez, L., **Marangé, P. and Levrat, É.**, 2016. Maintenance best way for meeting the challenge of regeneration', IFAC-PapersOnLine. Elsevier B.V., 49(28), pp. 49–54. doi: 10.1016/j.ifacol.2016.11.009.

[8] Evrard, D., **Ben Rejeb, H., Zwolinski, P.**, Brissaud, D., 2021. Designing Immortal Products: A Lifecycle Scenario-Based Approach. Sustainability, MDPI, 13 (6), pp.3574.

[9] Go, T.F, Wahab, D.A., Hishamuddin, H., 2015. Multiple generation life-cycles for product sustainability: the way forward. Journal of Cleaner Production, vol. 95, p. 16-29.

[10] Grieves, M., 2005. Product Lifecycle Management: the new paradigm for enterprises. Int. J. Product Development, 2 (Nos. 1/2), 71-84.

[11] Kayikci, Y., Kazancoglu, Y., Lafcu, C., 2021. Exploring barriers to smart and sustainable circular economy: The case of an automotive eco-cluster. Journal of Cleaner Production, Vol. 314, 127920.

[12] Nobre, G.C., Tavares, E., 2021. The quest for a circular economy final definition: A scientific perspective. *Journal of Cleaner Production*, p. 127973.

[13] **Traoré M.K.** 2021. Unifying Digital Twin Framework: Simulation-Based Proof-of-Concept. In Proceedings of the 17th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing– June 7-9, Budapest, Hungary.

[14] Vanson, G., **Marangé, P. & Levrat, E.**, 2022. End-of-Life Decision making in circular economy using generalized colored stochastic Petri nets. Auton. Intell. Syst. Vol. 2, n°3.

Informations sur la thèse

Partenaires dans le cadre de l'ANR RegEcoS : CRAN, G-SCOP, IMS et Décathlon

Cette thèse est une cotutelle entre CRAN - G-SCOP

Localisation : Nancy (localisation principale) – Grenoble

Date de début de thèse : Septembre 2023

Salaire Net : environ 1800€.

Profil recherché : Génie industriel, modélisation, ingénierie système, co-ingénierie, produit, process, développement durable

Skills professionnels : autonomie, bon niveau en anglais, motivé par les actions de recherche autour de développement durable.

Contenu du dossier : CV, lettre de motivation, Synthèse du travail de Master recherche, relevés de notes, tout autre document pouvant appuyer votre motivation pour la thèse.

Date limite pour déposer votre candidature : 25 mai 2023 à 12h

Date d'audition le 31 mai 2023

Contacts :

Pascale Marangé , Maitre de conférences à l'Université de Lorraine, pascale.marange@univ-lorraine.fr

Peggy Zwolinski, Professeur des Universités à l'Université de Grenoble, peggy.zwolinski@grenoble-inp.fr