

VERS UNE ÉLECTRONIQUE CIRCULAIRE : MODÈLES ÉCONOMIQUES VIABLES POUR LA RÉUTILISATION DES COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES

TOWARDS CIRCULAR ELECTRONICS: VIABLE BUSINESS MODELS FOR ELECTRONIC COMPONENT REUSE

Etablissement **Université Grenoble Alpes**

École doctorale **I-MEP² - Ingénierie - Matériaux, Mécanique, Environnement, Énergétique, Procédés, Production**

Spécialité **GI - Génie Industriel : conception et production**

Domaine Scientifique **Sciences pour l'ingénieur**

Unité de recherche **Laboratoire des Sciences pour la Conception, l'Optimisation et la Production de Grenoble**

Encadrement de la thèse **Andreas RIEL**

Début de la thèse le **1er octobre 2026**

Date limite de candidature (à 23h59) **18 septembre 2026**

Grands défis sociétaux

Numérique, industrie, espace

Objectifs de développement durable

Industrie, innovation et infrastructure
Consommation et production responsables
Mesures relatives à la lutte contre les changements climatiques

Mots clés - Keywords

électronique, économie circulaire, soutenabilité environnementale
electronics, Circular Economy, sustainability

Description de la problématique de recherche - Project description

Dans le cadre du projet ANR Pathways, qui vise à aligner le développement du numérique avec les limites planétaires, ce sujet de thèse ambitionne de contribuer à l'émergence d'une électronique circulaire en favorisant la réutilisation des composants électroniques dans une approche de 2^{de} vie. L'objectif est double : limiter la production croissante de déchets électroniques et réduire la pression exercée sur les matériaux critiques.

Si les avancées technologiques récentes permettent désormais d'envisager une estimation plus fiable de la durée de vie résiduelle (Remaining Useful Life – RUL) des composants, un verrou majeur demeure : la construction de modèles économiques capables de rendre cette réutilisation viable et déployable à l'échelle industrielle.

Il s'agira d'identifier les mécanismes de création et de partage de valeur associés à la réutilisation des composants électroniques, en prenant en compte les contraintes industrielles, réglementaires et organisationnelles. Une attention particulière sera portée :

- aux coûts et bénéfices de l'approche
- aux modèles de responsabilité et de garantie associés au réemploi
- aux opportunités offertes par les normes, les politiques publiques et les dispositifs incitatifs
- ainsi qu'aux enjeux géopolitiques liés à la sécurisation des approvisionnements en matériaux critiques

L'ambition est de contribuer à la structuration d'une future filière de réemploi des composants électroniques, capable d'articuler innovations technologiques et modèles économiques soutenables.

Environnement de recherche

Ce travail sera co-encadré par l'équipe CoSys (Laboratoire G-SCOP, Grenoble) et l'équipe DSYS (Département Systèmes - CEA-Leti, Grenoble). L'équipe CoSys apporte son expertise pluridisciplinaire en conception durable et économie circulaire, plaçant l'utilisateur au centre de l'innovation. L'équipe DSYS apportera les compétences en électronique. En intégrant les dimensions technologiques, organisationnelles et environnementales, ce projet s'inscrit au cœur de la transition vers une société plus soutenable.

Within the framework of the ANR Pathways project, which aims to align digital development with planetary boundaries, this PhD topic aims to contribute to the emergence of circular electronics by promoting the reuse of electronic components in a second-life approach. The objective is twofold: to limit the growing production of electronic waste and to reduce the pressure exerted on critical raw materials. While recent technological advances now enable more reliable estimation of the Remaining Useful Life (RUL) of components, a major bottleneck remains: building business models that make this reuse viable and deployable at an industrial scale. The research will involve identifying the value creation and value-sharing mechanisms associated with the reuse of electronic components, while taking into account industrial, regulatory, and organizational constraints. Particular attention will be paid to:

- The costs and benefits of the approach
- The liability and warranty models associated with reuse
- The opportunities offered by standards, public policies, and incentive schemes
- As well as the geopolitical issues related to securing the supply of critical materials

The ambition is to contribute to structuring a future reuse sector for electronic components, capable of articulating technological innovations and sustainable business models.

Research Environment

This work will be co-supervised by the CoSys team (G-SCOP Laboratory, Grenoble) and the DSYS team (Systems Department - CEA-Leti, Grenoble). The CoSys team brings its multidisciplinary expertise in sustainable design and circular economy, placing the user at the center of innovation. The DSYS team will provide expertise in electronics. By integrating technological, organizational, and environmental dimensions, this project is at the very heart of the transition towards a more sustainable society.

Thématique / Contexte

Face à la croissance exponentielle des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) et à la vulnérabilité des chaînes d'approvisionnement en matériaux critiques, la transition du secteur numérique vers la sobriété matérielle constitue un défi prioritaire. S'inscrivant dans la dynamique du projet ANR Pathways, cette thèse aborde le passage de l'électronique de la soutenabilité linéaire à un modèle circulaire centré sur la seconde vie des composants.

Sur le plan scientifique et technique, l'estimation de la durée de vie résiduelle (Remaining Useful Life – RUL) a franchi un cap décisif grâce aux avancées récentes du diagnostic et du pronostic de santé des systèmes (Prognostics and Health Management – PHM). Cependant, la viabilité de cette circularité ne repose pas uniquement sur la faisabilité technologique : le verrou scientifique majeur réside dans la modélisation socio-économique de ces filières de réemploi. Il s'agit d'étudier comment structurer et partager la valeur économique au sein d'un écosystème soumis à de fortes contraintes industrielles, réglementaires (garanties, responsabilités) et géopolitiques (souveraineté matérielle). En articulant caractérisation technique, incitations publiques et viabilité des modèles d'affaires, ce travail vise à lever les verrous organisationnels pour permettre un déploiement à l'échelle industrielle de composants réutilisés.

Références bibliographiques

- Wandji, C., Riel, A., Rejeb, H. B., Kanso, M., & Pitis, F. (2025). Maximizing circular economy benefits for manufacturing companies: A simulation tool for defining and implementing a circular product strategy. *Sustainable Production and Consumption*, 53, 78-98.
- de Azua Lahidalga, I. R., Wandji, C., Picatoste, A., Justel, D., Aizpuru, I., Riel, A., ... & Mendoza, J. M. F. (2026). Circularity assessment of power electronic converters: manual disassembly, bill of material, circularity indicators and actionable guidelines. *Journal of Cleaner Production*, 546, 147774.
- Hidalgo-Crespo, J., Golinska-Dawson, P., & Riel, A. (2025). Product-as-a-service transition for original equipment manufacturers: Challenges, performance metrics, and design guidelines—The case of electrical and electronic equipment. *Cleaner Environmental Systems*, 100330.
- Hidalgo-Crespo, J., Riel, A., Duberg, J. V., Bunodiére, A., & Golinska-Dawson, P. (2024). An exploratory study for product-as-a-service (PaaS) offers development for electrical and electronic equipment. *Procedia CIRP*, 122, 521-526.
- Fassi, Y., Heiries, V., Boutet, J., & Boisseau, S. (2023). Toward physics-informed machine-learning-based predictive maintenance for power converters—a review. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 39(2), 2692-2720.
- Anne, M., Brulais, S., Elhorga, V., Boisseau, S., & Caroff, T. (2026). Automated E-Waste Disassembly System for Component Recovery and Reuse. *Engineering Proceedings*, 127(1), 25.
- Caroff, T., Margaux, A., Brulais, S., Elhorga, V., & Boisseau, S. (2025, December). E-Waste disassembly system for component recovery and reuse. In *symposium pour l'électronique & le numérique durables 2025*.

Contexte du poste : Modalités d'encadrement, de suivi de la formation et d'avancement des recherches du doctorant - Details on the thesis supervision

Co-Directeur: BOISSEAU Sébastien du CEA LETI

Ce travail sera co-encadré par l'équipe CoSys (Laboratoire G-SCOP, Grenoble) et l'équipe DSYS (Département Systèmes - CEA-Leti,

Grenoble). L'équipe CoSys apporte son expertise pluridisciplinaire en conception durable et économie circulaire, plaçant l'utilisateur au centre de l'innovation. L'équipe DSYS apportera les compétences en électronique. En intégrant les dimensions technologiques, organisationnelles et environnementales, ce projet s'inscrit au cœur de la transition vers une société plus soutenable.

Conditions scientifiques matérielles et financières du projet de recherche

Un ou plusieurs cas d'usage industriels concrets seront au cœur de ce projet de recherche.

Objectifs de valorisation des travaux de recherche du doctorant : diffusion, publication et confidentialité, droit à la propriété intellectuelle,...

L'objectif est de réussir au moins cinq publications dont au moins deux dans une revue scientifique de rang A ou B. Certaines données et informations liées aux cas d'étude industriels seront soumises à la confidentialité.

Profil et compétences recherchées - Profile and skills required

Nous recherchons un(e) candidat(e) passionné(e) par les enjeux de la transition écologique et possédant les compétences suivantes :

- Formation : Titulaire d'un diplôme d'ingénieur ou d'un Master 2 en ingénierie, conception de produits ou éco-conception.
- Compétences scientifiques : fortes capacités d'analyse et goût prononcé pour la recherche pluridisciplinaire (allant de l'analyse technique à l'étude de modèles économiques).

- Aptitudes personnelles :

- o Forte motivation pour les thématiques de la soutenabilité et de l'économie circulaire.

- o Curiosité intellectuelle et rigueur méthodologique.

- Langues : Un bon niveau d'anglais est requis (lecture de littérature scientifique, rédaction et présentations internationales).

We are looking for a candidate who is passionate about ecological transition challenges and possesses the following skills:

- Education: Holder of an Engineering degree or a Master 2 in engineering, product design, or eco-design.

- Scientific Skills: Strong analytical skills and a keen interest in multidisciplinary research (ranging from technical analysis to the study of business models).

- Personal Skills:

- o Strong motivation for sustainability and circular economy topics.

- o Intellectual curiosity and methodological rigor.

- Languages: A good level of English is required (reading scientific literature, writing, and making international presentations).

Dernière mise à jour le 26 août 2026