

**Titre : Outils et méthodes de conception participative systémique pour des outils favorisant la multimodalité entre aérien et ferroviaire**

Direction :

Rob Vingerhoeds, Professeur ERE, ISAE-SUPAERO

Catherine Letondal, Enseignante-chercheure HDR, ENAC

Sylvain Pauchet, Enseignant-chercheur, ENAC

Ines di Loreto, Enseignante-chercheure HDR, Université Technologique de Troyes

Résumé

Ce sujet de thèse propose un travail de recherche en méthodes de conception multidisciplinaires s'appuyant sur la question de la mobilité et le respect des limites planétaires. Sur le plan des méthodes, nous proposons d'explorer une combinaison nouvelle 1) des méthodes de conception participative, pour la contextualisation de la conception, et 2) des méthodes de design systémiques, pour la prise en compte la complexité des problèmes à adresser. Nous proposons que cette exploration se concrétise autour d'un cas d'étude important aujourd'hui pour la mobilité durable, celui de la multimodalité des transports, en mettant l'accent plus particulièrement sur le transport aérien et le ferroviaire pour traiter les déplacements à moyenne et longue distance. Ce cas d'étude est particulièrement pertinent sur le sujet de la thèse (la conception participative systémique) car il s'agit, à partir d'une problématique centrée passager, de prendre en considération le problème de la mobilité multimodale de manière pluridimensionnelle. L'objectif de cette thèse est ainsi de développer une approche d'innovation à la fois systémique et participative pour la multimodalité des transports.

Objectifs scientifiques, état de l'art.

Le point de départ de ce travail de recherche pour concevoir des outils et méthodes de design à la fois systémique et participatif se trouve dans des travaux en cours dans les trois laboratoires concernés. Le sujet de thèse propose en effet une combinaison inédite de deux classes de méthodes de conception : le design systémique, à la base des travaux de thèse de Laetitia Bornes à l'ENAC et à l'ISAE-SUPAERO [4, 5], et la conception participative, qui fait l'objet de publications scientifiques à l'ENAC [18, 19, 20], à l'ISAE-SUPAERO [6] et à l'UTT [1].

La thèse de L. Bornes étend les méthodes du design systémique, au départ destinés aux designers organisationnels, à la conception de systèmes interactifs. Le design systémique est un nouveau champ de recherche interdisciplinaire qui associe la pensée complexe (system thinking et critical systems thinking [14]) au design thinking [7]. Il développe des méthodes et des outils pour aborder des problèmes complexes et multi-échelles au niveau social et sociotechnique [27]. Il est aujourd'hui de plus en plus reconnu que la conception des outils informatiques nécessite une réflexion systémique [10, 24]. En effet, si on veut aller au-delà de l'impact carbone direct des moyens techniques mobilisés, il est nécessaire de parvenir à déterminer et anticiper d'éventuels effets indirects, tels que les effets rebonds ou les effets de

structure, qu'il faut comprendre en intégrant plusieurs échelles : temporelles, spatiales, organisationnelles, ou sociales. Cette prise en compte, qui doit être effectuée dès les premières étapes de conception d'un système, est selon nous d'autant plus importante pour les outils utilisés par les usagers et parties prenantes du transport aérien, qu'ils impactent potentiellement l'activité elle-même. Le domaine du design systémique [15, 29] est particulièrement pertinent pour répondre à ces questions. Alors que les concepteurs systémiques s'intéressent principalement aux niveaux des organisations et des systèmes sociaux, l'approche initiée à l'ENAC et l'ISAE-SUPAERO avec la thèse de Laetitia Bornes propose d'adapter le design systémique pour le design de systèmes interactifs avec des outils accessibles aux designers. Un outil de modélisation permettant d'identifier les variables levier pour proposer d'autres options de design a ainsi été développé [5].

En revanche, l'outil et l'approche qui sont proposés dans la thèse de L. Bornes ne sont pas applicables aux activités de conception participative. La conception participative est une approche dont le principe est d'intégrer les utilisateurs finaux dans toutes les phases d'un processus de design, depuis les enquêtes de terrain jusqu'à l'évaluation des outils, en incluant l'idéation et le prototypage. Cette approche collaborative et multidisciplinaire permet de mieux contextualiser [3] le travail de design des systèmes : son objectif est en effet de réduire les erreurs de conception, accélérer la convergence vers les solutions pertinentes, intégrer les optimisations venant de l'usage concret des outils [19, 26, 2], ce qui permet de développer des systèmes répondant mieux aux besoins [6]. Elle est née il y a une trentaine d'années [26] et s'est beaucoup développée dans le domaine de l'IHM, des organisations, et des systèmes de systèmes. Elle est couramment enseignée dans certains cursus ingénieurs [11] ou masters d'IHM internationaux [21], elle fait l'objet de publications dans de nombreuses conférences (notamment la conférence PDC Participatory Design Conference cf par exemple [19]). Cette approche est appliquée à l'ENAC sur de nombreux projets de recherche en IHM ainsi que sur les projets étudiants du master IHM co-organisé avec l'IRIT.

Mais la conception participative n'inclut en règle générale pas la dimension systémique (des exceptions peuvent être trouvées cf. [6]). Étendre les méthodes et les outils proposées dans la thèse de Laetitia Bornes à l'approche participative nécessite un travail méthodologique, ainsi que la conception et le développement d'outils. La direction proposée pour cette nouvelle thèse, afin de rendre les dimensions systémiques perceptibles pour l'utilisateur lors d'un atelier, est de concevoir une méthodologie et des outils permettant d'intégrer la prise en compte des effets indirects avec des utilisateurs potentiels des outils de mobilité. Sur le plan des méthodes, différents moyens existent permettant à des participants une projection dans le futur, s'appuyant notamment sur les design fictions [23, 8] mais aussi sur les méthodes d'innovation systématique telles que C-K [13], qui partage les mêmes choix de processus de conception itératifs et collaboratifs que la conception participative. Concernant les outils, notamment pour le prototypage systémique qui sera déployé dans des ateliers participatifs (voir Burnell 2018 [8] ou Brazier et al. 2018 [6] pour une amorce de cette approche), notre proposition est d'explorer les simulations basse-fidélité ainsi que des techniques immersives [28], telles que des techniques de projection permettant une immersion des utilisateurs au sein de visualisations à plusieurs échelles (voir Simeone et al [28] pour un exemple d'utilisation de ce type de technique mais sans la dimension participative).

### Cas d'étude.

De nombreux travaux existent sur la multimodalité des transports dans un objectif de soutenabilité [9, 22]. Mais, bien que ce problème soit multi-dimensionnel, ses dimensions sont la plupart du temps traitées séparément [22]. Nous pensons par exemple aux dimensions de

recherche telles que : analyse du comportement des passagers (e.g. [16, 17]), conception d'opérations multimodales (e.g. [9]), analyses économiques des offres des compagnies de transports (e.g. [30]), conception d'infrastructures multi-modales (e.g. [22, 25]), conception véhicules multimodaux (e.g. [12]).

Ce que le sujet apporte au cas d'usage est une double approche :

- 1) une approche centrée passager, incluant mais ne se limitant pas à la technologie, et s'appuyant explicitement sur les besoins de déplacement, que la méthodologie participative permettra de mieux cerner, et
- 2) une approche systémique, qui, en intégrant les différentes dimensions, permettra aux utilisateurs potentiels et aux concepteurs de mieux intégrer la complexité de l'espace de conception.

Le cas d'étude sera ainsi l'occasion de prototyper des outils pour la multimodalité en s'appuyant sur une analyse mieux dimensionnée.

### Contributions attendues.

La thèse fournira les livrables suivants :

- 1) pour la multimodalité des transports :
  - une analyse systémique centrée passager des besoins et des problématiques de multimodalité
  - des principes de conception pour des systèmes permettant la multimodalité
  - des prototypes d'outils pour les usagers et les acteurs de la multimodalité
- 2) pour la conception participative systémique :
  - une méthodologie globale décrivant les activités, méthodes et outils à mettre en oeuvre dans un processus de conception systémique participatif
  - des prototypes d'outils de conception adaptés pour soutenir les ateliers participatifs associés à cette méthodologie

### Planning prévisionnel de travail

1ère année :

- état de l'art :
  - o méthodologique : conception participative, design systémique
  - o technique : outils de réalité mixte
  - o cas d'étude : multimodalité des transports
- enquêtes de terrain sur les pratiques à effet systémique
  - o ateliers collaboratifs d'analyse systémique de situations (cf SDT : systemic design toolkit)
  - o début des ateliers focalisés sur le cas d'étude
  - o étude des besoins d'éléments de projection sur la base des analyses effectuées précédemment et premiers ateliers d'idéation sur les éléments de projection

2ème année :

- conception et finalisation des cas d'étude
- publication des enquêtes et cas d'étude avec implications pour la conception d'éléments de projection
- conception participative d'éléments de projection en réalité mixte
- développement de ces outils
- utilisation en atelier de prototypage participatif sur des cas d'étude

3ème année :

- évaluation et réitération de la conception, élaboration d'une méthodologie globale
- publication des outils

- proposition de toolkit pour le prototypage participatif systémique
- rédaction

## Bibliographie.

1. Barricelli, B. R., & Di Loreto, I. 2017. Embracing Diversity with Help of Technology and Participatory Design. In Proceedings of the 8th International Conference on Communities and Technologies (pp. 319-320).
2. Beaudouin-Lafon, M and Mackay, W. 2002. Prototyping Development and Tools. In J.A. Jacko and A. Sears (Eds), Handbook of Human-Computer Interaction. New York Beyer, H and Holtzblatt, K. 1998. Contextual Design: Defining Customer-Centered Systems. Morgan Kaufmann Publishers Inc.
3. Bornes, L, Letondal C, and Vingerhoeds R. 2022. Could Systemic Design Methods Support Sustainable Design Of Interactive Systems? Relating Systems thinking and Design 11, Oct 2022, Brighton, UK.
4. Bornes L, Letondal C, Vingerhoeds R. 2023. Using a Quali-Quantitative Modelling Tool to Explore Scenarios for More-Than-Sustainable Design. Relating Systems thinking and Design 12, Oct 2023, Amsterdam.
5. Brazier, F., Langen, P. van, Lukosch, S., Vingerhoeds, R. «Design and Engineering of Complex Systems», in: H.L.M. Bakker and J.P. Kleynen editors «Projects and People – Mastering Success», pp. 34-59, NAP Foundation Press, 2018.
6. Richard Buchanan. 1992. Wicked Problems in Design Thinking.18. <https://doi.org/10.2307/1511637>.
7. Burnell E. 2018. Design For Survivability: a participatory design fiction approach to Sustainability. ACM LIMITS 2018.
8. Engler, Evelin, et al. Trajectory-based multimodal transport management for resilient transportation. Transport problems13.1 (2018): 81-96.
9. Fry T. 2008. Design futuring. Sustainability, Ethics and New Practice. Berg Publishers.
10. Gaspard-Boulin, H., Conversy, S., Prun, D., Letondal, C., and Chatty, S. 2013. Former les futurs concepteurs de systèmes homme-machine complexes. Proceedings of the 25th Conference on l'Interaction Homme-Machine.
11. Hammadi, Slim, and Mekki Ksouri. Multimodal transport systems. John Wiley & Sons, 2013.
12. Hatchuel A, Weil B. CK design theory: an advanced formulation. Research in engineering design. 2009 Jan;19:181-92.
13. M. C. Jackson, "Critical systems thinking and practice: what has been done and what needs doing," Systemist, vol. 41, no. 1, pp. 31–61, 2020.
14. Jones P, Kijima K. 2018. Systemic design. Theory, Methods, and Practice. Springer Tokyo.
15. Kengpol, Athakorn, Sopida Tuammee, and Markku Tuominen. "The development of a framework for route selection in multimodal transportation." The International Journal of Logistics Management 25.3 (2014): 581-610.
16. Lenoir, Nathalie, and Isabelle Laplace. "Beyond traditional value-of-time: passenger behavior for multimodal door-to-door travels in the age of information technologies." European Transport Conference 2017. 2017.
17. Letondal, C. Participatory Programming: Developing Programmable Bioinformatics Tools for End-Users. Henry Lieberman; Fabio Paternò; Volker Wulf. End User Development, 9, Springer, pp.207-242, 2006, 978-1-4020-4220-1. (10.1007/1-4020-5386-X\_10). (hal-01286956v2)

19. Letondal, C., and Wendy E. M. 2004. "Participatory programming and the scope of mutual responsibility: balancing scientific, design and software commitment." Proceedings of the eighth conference on Participatory design: Artful integration: interweaving media, materials and practices-Volume 1. 2004.
20. Letondal, C., Pillain, P.Y, Verdurand, E, Prun, D and Grisvard, O. Of Models, Rationales and Prototypes: Studying Designer Needs in an Airborne Maritime Surveillance Drawing Tool to Support Audio Communication. HCI 2014, 28th BCS International Conference on Human-Computer Interaction, Sep 2014, Southport, United Kingdom. pp 8, (10.14236/ewic/hci2014.8). (hal-01205503)
21. Mackay, Wendy E. Educating multi-disciplinary design teams. Proc. of Tales of the Disappearing Computer (2003): 105-118.
22. Mattioli, Giulio, and Eva Heinen. Multimodality and sustainable transport: a critical perspective. *Mobilität, Erreichbarkeit, Raum: (Selbst-) kritische Perspektiven aus Wissenschaft und Praxis*(2020): 65-82.
23. Nova N. 2023. From field research to design fiction. *Teaching and Learning Sustainable Consumption: A Guidebook* (2023): 54.
24. Raworth, K., & Bury, L. 2018. *La théorie du donut*. Plon.
25. Rondinelli, Dennis, and Michael Berry. "Multimodal transportation, logistics, and the environment: managing interactions in a global economy." *European Management Journal* 18.4 (2000): 398-410.
26. Schuler D and Namioka A. 1993. *Participatory Design: Principles and Practices*, Lawrence Erlbaum.
27. Sevaldson B. 2019. What is Systemic Design? Practices Beyond Analyses and Modelling. *Relating Systems Thinking and Design (RSD8) Symposium*, Oct 13-15 2019, Chicago, USA.
28. Simeone AL, Cools R, Depuydt S, Gomes JM, Goris P, Grocott J, Esteves A and Gerling K. 2022. Immersive Speculative Enactments: Bringing Future Scenarios and Technology to Life Using Virtual Reality. *CHI '22*.
29. Systemic Design Toolkit. <https://www.systemicdesigntoolkit.org/>.
30. Xia, Wenyi, and Anming Zhang. 2016. High-Speed Rail and Air Transport Competition and Cooperation: A Vertical Differentiation Approach. *Transportation Research Part B: Methodological* 94 (December): 456–81. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2016.10.006>.

### Formation et spécificités souhaitées

Designer/Ingénieur avec des connaissances et expériences en design Systémique. Connaissance en développement informatique avec souhait de découvrir de nouveaux langages.