

Langage de spécification des besoins d'un voyageur pour la conception multi-niveaux d'une gamme de produits – Application à la conception de l'habitacle ou d'un kit décoration de véhicule

Résumé

Cette thèse est une thèse CIFRE avec l'entreprise Style&Design, acteur majeur français pour la conception de prototypes de véhicules, d'habitables et d'éléments de décoration de véhicules. Les laboratoires LGI (CentraleSupélec) et LIMSI (Faculté des Sciences) de l'Université Paris-Saclay associent leurs compétences en ingénierie de la conception et ergonomie pour l'encadrement de la thèse.

De manière à capitaliser l'expérience de conception ergonomique des habitacles et kits de décoration de véhicules, le doctorant devra produire deux modèles :

1. Un **modèle ou langage de spécification (cahier des charges, CDC) des besoins d'un voyageur**, ce langage ou CDC se déclinant à 3 niveaux : (a) le niveau de la gamme (b) le niveau du domaine de mobilité (aéronautique, ferroviaire, voitures...) (c) le niveau du véhicule. Ce modèle doit se baser sur une analyse des activités typiques d'un usager et l'expression des attentes de support aux activités, de confort, de qualité perçue, de *user experience* (incluant les côtés perceptuels et émotionnels).
2. Un **processus de conception multi-niveaux (cf. les 3 niveaux précités) d'une gamme de produits**, ce processus permettant de mettre en facteur commun ce qui doit l'être au niveau de la gamme et au niveau d'un domaine de mobilité, pour éviter d'avoir à tout refaire d'un véhicule à l'autre. Cette stratégie est une stratégie dite de *plateformisation*. Il s'agira de l'organiser selon un cycle-en-V par exemple en tâchant de ne pas trop nuire à l'agilité de l'entreprise.

Il faudra au final mesurer l'intérêt de cette formalisation du cahier des charges des besoins d'un voyageur, et de ce processus de plateformisation chez Style&Design.

Le contexte

Style & Design (<https://www.styleanddesign.fr/>) est une entreprise assez unique, avec 160 personnes à Maurepas, ayant agrégé des compétences de design, d'ingénierie mécanique et d'électronique. Ils répondent à trois grands types de marchés, ils sont à la fois :

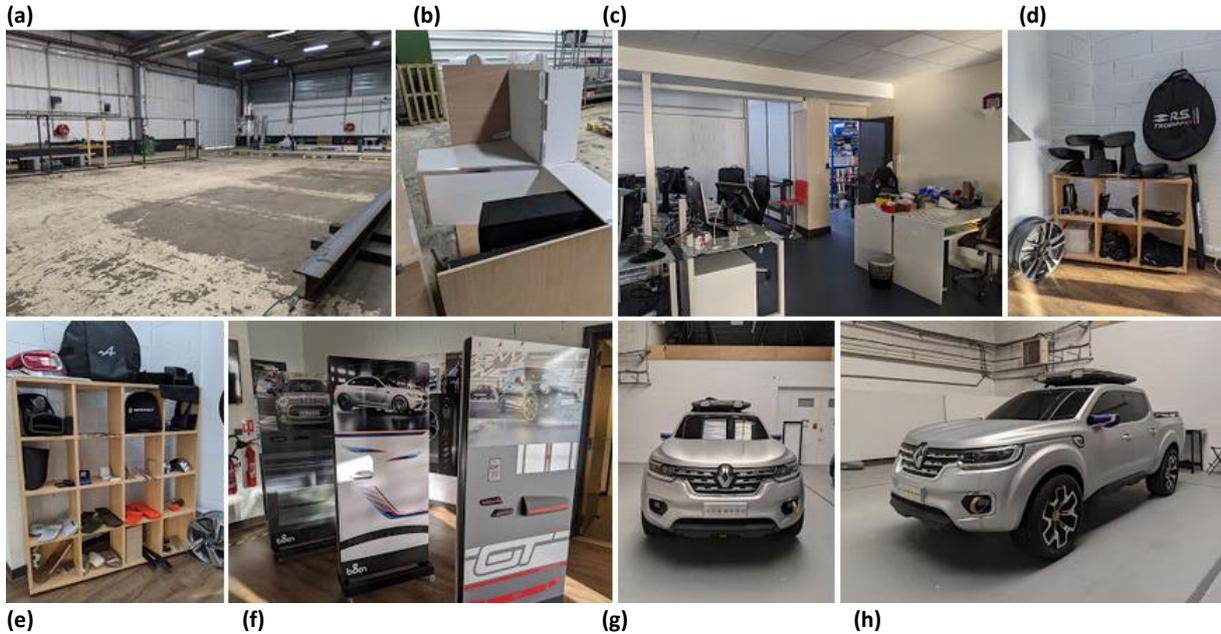
1. **Fabricant de maquettes**, souvent gigantesques, à la demande d'industriels. Ils conçoivent les prototypes à partir de plans fonctionnels donnés par les clients (Renault, Bombardier, Dassault Aviation...). Ces maquettes servent ensuite de « *concept vehicles* » pour les clients. S&D possède ainsi plusieurs fraiseuses sur portiques pour usiner des mousses polystyrènes ou polyuréthanes, ainsi que des entrepôts gigantesques pour assembler les parties d'une rame de train ou d'un Falcon. Parfois, c'est l'occasion pour S&D de proposer au client une amélioration du design du produit, cette prestation étant facturée en sus de la réalisation de la maquette.
2. **Conception d'aménagements intérieurs**. Il s'agit ici d'une expertise importante de S&D. S&D a même conçu et prototypé sur fond propre (en faisant financer cette initiative par un

industriel désireux de préempter ce nouveau design) un aménagement assez disruptif d'une cabine/siège d'avion de classe premium à l'échelle 1.

3. **Conception de mini-séries de :**

- **Stickers et autres éléments de décoration** pour les séries limitées automobiles (actuellement environ 160 à 180 000 véhicules en Europe en sont équipés),
- **Accessoires** véhicules ou aéronautiques.

Le sujet de thèse concerne essentiellement les contextes 2 et 3.



(a) Entrepôt pour assemblage de grande maquette (avion, train...)
(b) Pré-prototype d'un siège avion premium
(c) Le B.E. électronique
(d & e) exemples d'accessoires automobiles
(f) exemples de stickers pour séries limitées automobiles
(g & h) maquette échelle 1 du modèle Alaskan de Renault commercialisé en 2017 en Scandinavie.

Le constat

La force de S&D tient actuellement dans le temps de réponse très court (*time to market*) pour produire une maquette en 3 à 6 mois, relativement aux grosses entreprises qui peuvent mettre un an ou plus s'ils la produisent par eux-mêmes. Si cette *agilité* est la seule valeur ajoutée pour les clients, ceux-ci risquent de considérer les contrats avec S&D comme une variable d'ajustement capacitaire en cas de crise.

Il faut donc rechercher d'autres possibilités de générer de la valeur, valeur pour le client ou valeur interne (augmentation des compétences, capitalisation et réutilisation, amélioration des processus par apprentissage...), proposition de lignes de produits innovantes. Ceci a amené S&D à démarrer plusieurs réflexions :

1. **Un besoin de structuration et de capitalisation des processus de conception, sans perdre l'agilité.** « *Nous faisons du proto, on a une équipe créative (design industriel), ce sont des gens qui se nourrissent de contraintes techniques* », le savoir-faire est important mais les connaissances et processus sont tacites et/ou non explicités/tracés. « *Quelques personnes structurent toutefois des démarches R&T, autour de la conception et production de séries limitées : recherche de tendances, de matériaux et leur qualification* ». Cette non-formalisation

ne permet pas d'être efficace en réutilisation. « *On fait de la Conception-Centrée Utilisateurs (CCU) mais avec des utilisateurs internes dans notre bulle* ». Un peu plus de formalisation des processus de CCU au bénéfice de la robustesse de la solution ou de la validation auprès du client serait nécessaire : la « user expérience » générée par les concepts innovants n'est pas vraiment garantie. « *Ceci ne doit pas se faire au détriment de notre mode de fonctionnement agile, voire ultra-agile* ». « *Nous avons besoin d'indicateurs dans nos processus et de pouvoir générer plus de valeur ajoutée* ».

2. Des idées de nouveaux marchés avec de nouveaux produits

- a. **Des produits customisés à des types d'utilisateurs** « *Par une analyse systématique des « pain points » d'usagers voyageurs, nous aimerions proposer des confort kits « enfant », « businessman », « sommeil » pour générer un business récurrent avec des consommables.* »
- b. **Offrir une solution de reconfiguration à un opérateur de voyage.** S&D pourrait proposer une solution économique à un opérateur de voyage pour reconfigurer rapidement et de manière économique un avion ou un train pour éviter de nécessiter des véhicules dédiés. Cela peut aussi permettre d'opérer les vieux avions plus longtemps. On peut ainsi updaté de manière économique les sièges en les conservant, ajouter des stickers et des accessoires customisés, le tout intégré dans des kits. Cela peut permettre de renouveler l'image, d'aligner le look des anciens véhicules avec les nouveaux, de faire l'évènementiel, du co-branding.

Les objectifs de la thèse

Pour répondre aux deux besoins identifiés ci-dessus, l'idée générale de la thèse sera d'accompagner S&D dans la construction de deux modèles :

3. Un **modèle ou langage de spécification des besoins d'un voyageur**, ce langage se déclinant à 3 niveaux : (a) le niveau de la gamme (b) le niveau du domaine de mobilité (aéronautique, ferroviaire, voitures...) (c) le niveau du véhicule,
4. Un **processus de conception multi-niveaux (cf. les 3 niveaux précités) d'une gamme de produits**, ce processus permettant de mettre en facteur commun ce qui doit l'être au niveau de la gamme et au niveau d'un domaine de mobilité, pour éviter d'avoir à tout refaire d'un véhicule à l'autre. Cette stratégie est une stratégie dite de plateformes.

Une fois ces modèles développés, il s'agira de les appliquer à la conception de l'habitacle et/ou d'un kit décoration de véhicule.

En ingénierie de la conception, la plateforme renvoie à commonaliser les études (process) et produits résultants pour les solutions inter-véhicules et inter-domaines de mobilité pour factoriser au mieux le travail et développer un langage de spécification adapté au niveau de modélisation donné. Pour ce faire, elle doit contribuer à développer des modèles de l'expérience utilisateur en vue de définir les besoins utilisateurs en relation avec des critères de conception pour accompagner S&D dans sa volonté de développer, de manière structurée, des gammes de produits (comme un kit customisé « enfant », « businessman », « sommeil » sur un véhicule) qui s'adaptent non seulement aux véhicules d'un domaine de mobilité mais qui puisse aussi se décliner dans les autres domaines de mobilité.

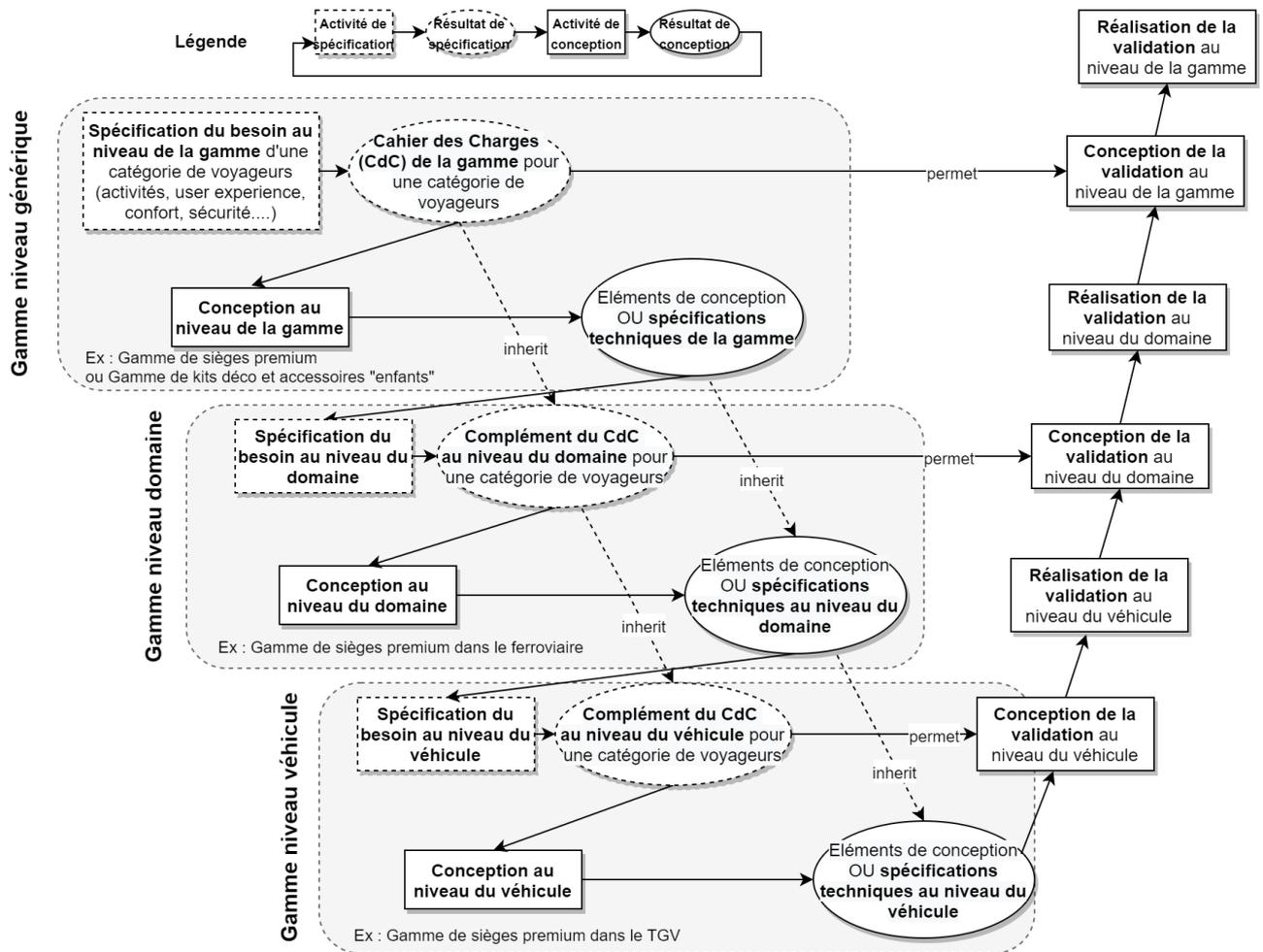
Méthode

Cette recherche de plateformes nécessite de construire une sorte de référentiel comprenant plusieurs niveaux de description de l'expérience et des besoins de l'utilisateur, afin de rendre générique autant que faire se peut la spécification du besoin d'un voyageur et la conception des éléments de design tout en garantissant des spécificités selon des domaines, services ou produits particuliers. Il s'agit ainsi de tenir un double enjeu de généralité et de spécificité dans la capitalisation des savoir-faire de l'entreprise et des connaissances scientifiques du domaine. Dans cette perspective, la spécification du besoin ainsi que la construction des solutions seront instruites à partir de **situations d'usage à partir des apports de l'ergonomie. Cette notion présente l'avantage de rendre compte de la rencontre entre les activités humaines et les caractéristiques des systèmes sociotechniques dans lesquelles elles s'inscrivent. Elle est également compatible avec l'idée de plateformes en ce sens que les situations comprennent des aspects généraux et des éléments spécifiques. Ainsi, il est possible de construire des langages qui permettent de structurer selon plusieurs niveaux la description et la spécification de l'expérience des utilisateurs sans perdre le lien avec les caractéristiques des systèmes sociotechniques.**

Ce référentiel sera dans un second temps un outil pour les concepteurs dans la phase d'élaboration des éléments de design aussi bien au niveau d'un domaine de mobilité, qu'à celui d'une famille de produits ou encore au niveau d'une gamme de produits. Ceci donnera alors une plateforme de produits pour ce 1^{er} domaine de mobilité, la plateforme pouvant ensuite s'étendre à d'autres domaines de mobilité en cherchant à conserver des économies de plateformes. Ce référentiel pourra également avoir une fonction de prise de distance pour les équipes de conception de S&D au sens où il pourrait permettre de remettre en question des choix de conception hérités de versions antérieures des produits.

Pour ce qui concerne le processus de conception multi-niveaux (niveau de la gamme, niveau du domaine de mobilité, niveau du véhicule, on peut penser le définir en réutilisant le modèle du « processus de développement selon le cycle en V ». Dans la branche descendante du cycle en V, le développement enchaîne successivement pour les 3 niveaux des activités de spécification et de conception. Une fois la spécification ou le complément de spécification (pour le domaine ou le véhicule) réalisés, il est alors possible de concevoir le processus de validation correspondant dudit niveau. Ce processus de réalisation ne sera activé évidemment que lorsque la conception sera achevée et la validation des niveaux inférieurs réalisée. Un schéma d'un tel cycle en V est donné en aperçu ci-dessous (la partie validation n'est pas détaillée). Sa réalisation opérationnelle est à démontrer.

Processus de conception d'une gamme de produits par plateformes



Les livrables attendus

Les livrables attendus sont :

1. **Analyse terrain sur les processus de conception centrée utilisateurs.** Le candidat s'intéressera à deux cas d'usage actuels de S&D, la conception d'un kit déco et accessoires et la conception d'un aménagement sièges de véhicule, en combinant plusieurs méthodes : observation, entretien, analyse de traces. Il s'agit de décrire comment la conception centrée utilisateurs est actuellement réalisée par les concepteurs de S&D, i.e. la spécification, la conception et la validation de la *user experience*. L'objectif sera de comprendre le processus de conception mis en œuvre, ses acteurs, ses dynamiques en relation avec les productions réalisées. Un intérêt particulier pourra notamment être porté à la pratique de la qualité perçue chez S&D, par exemple leur savoir-faire dans les interviews sur le confort attendu (il existe un questionnaire avec 900 questions). Comme peu de traces existent a posteriori de la production d'un prototype, une étude ethnographique rétrospective, consistant d'une part à annoter sur le prototype les avantages ergonomiques/fonctionnels/hédonistes développés, peut être envisagée et, d'autre part, à retracer les choix de conception ayant présidé à leur cristallisation au cours du processus de conception.

2. **Etats de l'art à la fois sur (a) les modèles de la *user experience* (particulièrement celle d'un voyageur), (b) la plateforme, (c) les approches de conception fonctionnelle s'appuyant sur les notions d'activité et de situation.**
3. **Développement d'un modèle ou langage de spécification des besoins d'un voyageur référentiel avec plusieurs niveaux de description de l'expérience et des besoins d'un voyageur.** Exprimer les besoins typiques et l'expérience désirée d'un voyageur est une problématique externe à l'entreprise. Il s'agit de décrire le parcours d'un utilisateur-voyageur, d'abord indépendamment du domaine de mobilité, puis spécifiquement à chaque domaine, puis à partir d'une situation concrète. Cette approche fonctionnelle vise à dégager aussi bien les invariants que les spécificités d'usage des systèmes de mobilité selon plusieurs plans : tâches, activités réalisés, vécus, situations, etc. En complément du référentiel, il devrait résulter de ceci un langage partagé et structuré par les acteurs du projet de conception pour qualifier et quantifier la qualité perçue attendue. La combinaison de ce référentiel et ce langage doivent permettre d'une part de questionner les choix de conception et, d'autre part, de décliner progressivement un cahier des charges générique puis spécifique.
4. **Développement d'un modèle de processus de conception multi-niveaux (cf. les 3 niveaux précités) d'une gamme de produits permettant une stratégie de plateforme.** Il s'agit ici de proposer un modèle de conception qui assurerait une fonction de transfert entre la spécification de haut niveau d'une expérience et de besoins d'utilisateur et, les éléments spécifiques de design des produits de la gamme. Pour conserver l'agilité de l'entreprise, il faudra veiller à ne pas imposer un processus complexes avec de nombreux *gates* contraignants. On préférera plus spécifier la nature d'Objets Intermédiaires de Conception (OICs) en laissant le processus plus flexible ; on parle alors de **data-driven design**. A noter qu'à l'heure actuelle, on a 3 niveaux de prototypes (OICs) chez S&D mais ceux-ci sont déclinés différemment par domaine de mobilité. La thèse sera aussi l'occasion de standardiser ces OICs indépendamment des domaines de mobilité. De la même manière, les analyses d'usage et de la *user experience* pouvant être chronophages, il s'agira d'identifier la pluralité de méthodes existantes ainsi que leur plus-value en fonction des moments de la conception pour qu'elles enrichissent les pratiques de conceptions de S&D sans compromettre son agilité.
5. **Développement de métriques de plateforme, de qualité perçue, de création de valeur.** Il est nécessaire de rendre aussi tangible que possible la quantification d'indicateurs qui seront autant de preuves de maîtrise et de création de valeur.
6. **Application des modèles à la conception d'une gamme d'habitacles et/ou de kits décoration de véhicules, à décliner selon les véhicules et les domaines de mobilité.** Conclure alors sur :
 - a. la généralisation et l'intérêt de ce processus de plateforme chez S&D,
 - b. l'originalité des modèles développés par rapports aux modèles approchants de la littérature.
7. Rédiger le manuscrit de thèse et 2 à 3 publications de revues scientifiques.

Profil et compétences du candidat recherchés

Le sujet de cette thèse est à la croisée de 4 disciplines : l'ingénierie de la conception, l'ergonomie, le design industriel et la sociologie du transport. Le/la candidat(e) pourra avoir eu en majeur un diplôme d'ingénieur ou de master dans un de ces domaines mais il/elle devra démontrer des connaissances, aptitudes et motivations dans plusieurs des autres (voir aussi les compétences ci-après).

Les compétences recherchées sont :

- Bon état d'esprit et capacité avérée à faire de la recherche.
- Connaissance des modèles d'ingénierie de la conception et des processus industriels, notamment des approches de conception centrée utilisateurs, de simulation et validation.
- Connaissance du design industriel.
- Savoir mener des analyses de terrain et mettre en œuvre des expériences avec des utilisateurs. Des connaissances de statistique, pour ce faire, seraient un plus appréciable.
- Avoir une connaissance minimale des modèles et méthodes de l'ergonomie.
- Avoir des connaissances sur la sociologie de la mobilité serait un plus.
- La maîtrise de logiciels CAO Catia, 3DEXperience... serait souhaitable.
- Avoir une expérience de la conception automobile ou avoir innové sur la mobilité serait un plus appréciable.
- Niveau d'anglais excellent.
- Facilité à l'écriture.
- Grande autonomie mais aptitude au travail d'équipe, esprit d'initiative, excellente maîtrise du temps, aptitude à paralléliser les tâches.

Contexte de la thèse

Le/la doctorant.e sera encadré.e par :

- Bernard Yannou, Professeur d'Ingénierie de la Conception et Directeur du LGI (Laboratoire Génie Industriel) de CentraleSupélec, Université-Paris-Saclay
- Vincent Boccara, Maître de Conférences en Ergonomie, Laboratoire LIMSI (Laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences de l'ingénieur), Faculté des Sciences de l'Université Paris-Saclay

Il/elle sera inscrit.e au sein du Laboratoire Génie Industriel de CentraleSupélec et de l'Ecole Doctorale Interfaces de l'Université Paris-Saclay, pour préparer une thèse en *Ingénierie des Systèmes Complexes*.

Pour tout contact

Ecrire à Bernard Yannou <bernard.yannou@centralesupelec.fr>, Vincent Boccara <vincent.boccara@universite-paris-saclay.fr>, Laurent Stritter laurent.stritter@styleanddesign.com en joignant :

- Un CV étendu
- Un relevé de notes et de diplômes
- Si possible 2 lettres de recommandations
- Si possible un document prouvant votre niveau d'anglais
- Si possible un document démontrant votre aptitude à la recherche scientifique (article, rapport de stage)

Bibliographie

1. Al Maghraoui O. (2019) 'Designing for urban mobility: Modeling the traveler experience', PhD thesis, Université Paris-Saclay, [pdf](#)
2. Al Maghraoui O., Puchinger J., Vallet F., Yannou B. (2019) 'Modeling traveler experience for designing urban mobility systems', *Design Science*, Vol. 5, doi: 10.1017/dsj.2019.6, [pdf](#)
3. Al Maghraoui O., Puchinger J., Vallet F., Yannou B. (2019) 'Stimulating usage problem generation: An urban mobility case study', *Design Studies*, Vol. 64, pp. 27-63, doi: 10.1016/j.destud.2019.07.001, [pdf](#)
4. Al Maghraoui O., Vosooghi R., Mourad A., Kamel J., Puchinger J., Vallet F., Yannou B. (2020) 'Shared Autonomous Vehicle Services and User Taste Variation: Survey and Model Applications', *Transportation Research Procedia*, Vol. 47, pp. 3-10, doi: 10.1016/j.trpro.2020.03.066, [pdf](#)
5. Alizon F., Shooter S., Simpson T. (2005) 'Introduction of the reuse method: Retrieving knowledge from existing product designs', *Proceedings of the ASME Design Engineering Division 2005, Pts A and B*, Vol., pp. 335-343.
6. Alizon F., Shooter S.B., Simpson T.W. (2006) 'Reuse of manufacturing knowledge to facilitate platform-based product realization', *Journal Of Computing And Information Science In Engineering*, Vol. 6, No. 2, pp. 170-178.
7. Alizon F., Khadke K., Thevenot H.J., Gershenson J.K., Marion T.J., Shooter S.B., Simpson T.W. (2007) 'Frameworks for product family design and development', *Concurrent Engineering-Research And Applications*, Vol. 15, No. 2, pp. 187-199.
8. Alizon F., Shooter S.B., Simpson T.W. (2008) 'Recommending a platform leveraging strategy based on the homogeneous or heterogeneous nature of a product line', *Proceedings Of The Asme International Design Engineering Technical Conferences And Computers And Information In Engineering Conference 2007, Vol 6, Pts A And B*, Vol., pp. 931-940.
9. Barcenilla, J., & Bastien, C. (2009). L'acceptabilité des nouvelles technologies : quelles relations avec l'ergonomie, l'utilisabilité et l'expérience utilisateur ? *Le Travail Humain*, 72, 311-331.
10. Béguin, P. (2007). Prendre en compte l'activité de travail pour concevoir. *Activités*, 4(2), 107-114.
11. Béguin, P., & Cerf, M. (2004). Formes et enjeux de l'analyse de l'activité pour la conception des systèmes de travail. *Activités*, 1(1), 54-71.
12. Boccara, V., & Delgoulet, C. Works analysis in training design. How ergonomics helps to orientate upstream design of virtual training environments. *Activités*, 12(2), <http://www.activites.org/v12n2/V12n2.pdf>
13. Boujut J.-F.o., Laureillard P., 2002. A co-operation framework for product-process integration in engineering design. *Design Studies*, 23, 497-513.
14. Boujut J.F., Blanco E., 2003. Intermediary Objects as a Means to Foster Cooperation in Engineering Design. *Journal of CSCW*, 12 (2), 205-219.
15. Cahour B., Salembier P., & Zouinar M. (2016). Analyser l'expérience vécue de l'activité. *Le Travail Humain*, 79, 259-284.
16. Daniellou, F. (2004). L'ergonomie dans la conduite de projets de conception de systèmes de travail. In P. Falzon (Ed.), *Ergonomie*. (pp. 359-373). Paris: PUF
17. Monéger, F., Coutarel, F., Motak, L., Chambres, P., Izaute, M. et al..(2018). L'expérience vécue et les valeurs en acte des accompagnants pour la conception d'un service de transport par navettes destinées à être autonome. *@ctivités*, 15 (1), pp.1-34.
18. Jeantet, A. (1998). Les objets intermédiaires dans les processus de conception de produits. *Sociologie du travail*, 98(3), 291-316.

19. Petiot J.-F., Yannou B. (2004) 'Measuring consumer perceptions for a better comprehension, specification and assessment of product semantics', *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 33, No. 6, pp. 507-525, doi: 10.1016/j.ergon.2003.12.004, [pdf](#)
20. Van Wie M., Stone R., Sahin A., Terpenney J., Alizon F., Shooter S., Simpson T. (2005) 'A qualitative modeling method for platform design', *Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Information Reuse and Integration*, Vol., pp. 312-317.
21. Yannou B. (2008) 'La méthode COMPARE pour l'aide à la spécification et au choix de concepts par comparaisons par paires', in Volume III : Ingénierie de l'évaluation et de la décision, La conception industrielle de produits, Paris, Hermès Sciences, Lavoisier, pdf ou [pdf](#)
22. Vinck, D. (2009). De l'objet intermédiaire à l'objet-frontière. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 3(1), 51-72.