

Titre: La création de scénarios prospectifs pour le développement de nouveaux produits et services : proposition d'une approche pour l'innovation en amont
Title:

Auteur: Joao Gabriel Alves Ribeiro Rosa
Author:

Date: 2023

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Alves Ribeiro Rosa, J. G. (2023). La création de scénarios prospectifs pour le développement de nouveaux produits et services : proposition d'une approche pour l'innovation en amont [Ph.D. thesis, Polytechnique Montréal]. PolyPublie.
Citation: <https://publications.polymtl.ca/53423/>

 **Document en libre accès dans PolyPublie**
Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/53423/>
PolyPublie URL:

Directeurs de recherche: Fabiano Armellini, & Jean-Marc Robert
Advisors:

Programme: Doctorat en génie industriel
Program:

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

affiliée à l'Université de Montréal

La création de scénarios prospectifs pour le développement de nouveaux produits et services : proposition d'une approche pour l'innovation en amont

JOAO GABRIEL ALVES RIBEIRO ROSA

Département de mathématiques et de génie industriel

Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de *Philosophiæ Doctor*

Génie industriel

Avril 2023

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

affiliée à l'Université de Montréal

Cette thèse intitulée:

La création de scénarios prospectifs pour le développement de nouveaux produits et services : proposition d'une approche pour l'innovation en amont

présentée par **Joao Gabriel ALVES RIBEIRO ROSA**

en vue de l'obtention du diplôme de *Philosophiæ Doctor*

a été dûment acceptée par le jury d'examen constitué de :

Mario BOURGAULT, président

Fabiano ARMELINI, membre et directeur de recherche

Jean-Marc ROBERT, membre et codirecteur de recherche

Philippe DOYON-POULIN, membre

Lorena ESCANDON QUINTANILLA, membre externe

DÉDICACE

À mes parents, Ione et André, à ma sœur Barbara, à ma nièce Beatriz et à mon mari André.

En mémoire de ma grand-mère Maria.

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier le professeur Fabiano Armellini, mon directeur de recherche, et le professeur Jean-Marc Robert, mon co-directeur de recherche, pour avoir cru en moi alors que j'avais moi-même des doutes, pour m'avoir guidé, aidé et accueilli. Merci pour tout ce que vous m'avez appris qui va au-delà d'une thèse et d'un doctorat.

Je remercie les membres du jury d'avoir accepté de participer à l'évaluation de cette thèse, en espérant que nous pourrions travailler ensemble dans le futur.

Je remercie Polytechnique Montréal, en particulier le département MAGI qui m'a accueilli à bras ouverts et a apporté le soutien nécessaire à ma réussite. Mes remerciements visent les professeurs, et les étudiants qui m'ont encouragé et aidé à arriver au bout de ce cycle; le personnel administratif (Joyce, Melisa, Suzanne, Marie-Carline, Lisa, Saroja) qui m'a toujours assisté avec diligence et gentillesse; mes collègues du GMT (Joliann, Hadrien, Enzo, Ilrick, Thomas, Sarah) pour les discussions et les encouragements; et les professeurs Philippe Doyon-Poulin, Mario Bourgault, Bruno Agard et Raouf Naggar avec qui j'ai eu la chance d'étudier et de travailler.

Je veux aussi remercier mes parents et surtout mon modèle d'humanité, ma mère Ione. Elle nous a montré le chemin à parcourir et, aujourd'hui, ma sœur et moi pouvons être fiers de qui nous sommes et d'où nous venons. Je pense aussi à ma nièce qui a redonné à ma famille le goût de la nouveauté, de l'apprentissage et de la joie, et à mes ancêtres.

Merci à mes directeur et codirecteur de recherche et au département MAGI pour leur indispensable soutien financier durant mes études. Mes directeur et codirecteur m'ont financé au moyen de leur subvention individuelle de recherche provenant du CRSNG (Conseil de recherche en sciences naturelles et génie du Canada).

Finalement, je ne remercierai jamais assez mon mari André. Il a embarqué dans toutes mes folies, y compris la promesse d'une vie meilleure à l'autre bout du monde, et a tout fait pour que nos conquêtes soient moins ardues.

RÉSUMÉ

Le travail constant de recherche, de mise à jour et de validation des informations de prospection relatives à un domaine donné est essentiel pour maximiser les chances de réussite de nouveaux produits et services sur le marché. De telles informations aident normalement à identifier de futurs besoins et opportunités d'affaires dans la phase amont (*front-end*) du développement de nouveaux produits et services (DNPS) et à orienter ainsi le travail des concepteurs. Or, puisque les informations prospectives recueillies sont souvent nombreuses, complexes, hétérogènes, issues de différentes sources et basées sur différentes méthodes, en plus d'être inévitablement incomplètes et incertaines, il faut les synthétiser, organiser et structurer pour bien les comprendre et en faire du sens. C'est sur cette base, qu'on va construire des scénarios prospectifs décrivant ce qui pourrait se passer à plus ou moins long terme dans le domaine auquel nous nous intéressons. La construction de tels scénarios est l'objet de notre recherche puisque nous manquons d'approches qui détaillent comment les créer et les valider dans la phase amont du DNPS.

L'objectif de cette recherche exploratoire et appliquée est de produire des connaissances pratiques sur les scénarios prospectifs tout en approfondissant certains aspects théoriques encore peu étudiés dans la littérature. Concrètement nous développons une approche de construction de scénarios prospectifs pour le DNPS et nous proposons des procédures de validation afin d'aider les praticiens à être dans l'action et prendre de meilleures décisions. L'approche de création comprend les quatre grandes phases suivantes : (1) la compréhension du système et des besoins de ses acteurs, en identifiant les variables importantes à prospecter; (2) l'application et l'adaptation de divers outils et méthodes prospectives pour identifier et comprendre les contraintes qui peuvent avoir un impact sur le système; (3) la structuration et le croisement des informations recueillies pour créer les structures ou visions du futur; (4) la conception de scénarios prospectifs d'usage.

Pour illustrer l'approche et les procédures de validation proposées, nous présentons les résultats d'une étude sur les stations-service (SS) au Canada, en particulier au Québec. L'électrification des transports va profondément transformer ce secteur d'activité au cours des prochaines années, ce qui nécessitera de repenser sa structure et son modèle d'affaires.

La recherche est basée sur la méthodologie de recherche du *design* (*Design Research Methodology* - DSRM), qui comprend plusieurs étapes, notamment des cycles de compréhension du problème, la proposition et le développement d'un artefact et son évaluation. La collecte de données a été

réalisée à travers des revues de documents techniques et de la littérature, des observations sur le terrain qui ont permis de faire des analyses de tâches, ainsi que l'implication et l'adaptation des outils et des cadres théoriques issus des disciplines de conception et des sciences sociales. De plus, nous avons mené des entrevues avec neuf spécialistes de différents domaines reliés aux SS lors de deux cycles de discussions l'un pour la création et l'autre pour la validation des scénarios.

La contribution principale de cette recherche est le développement d'une approche adaptée, plus appropriée au domaine du DNPS que celles que l'on trouve dans la littérature sur le *design*, qui se concentre davantage sur la créativité, ou celles de la gestion, qui se concentrent sur l'extrapolation d'une ou de plusieurs tendances. Les scénarios prospectifs créés sont multidimensionnels et offrent une représentation plus complète de l'avenir, en combinant des lieux (zone rurale, ville, autoroute), des types d'utilisateurs, des technologies, etc. Avec cela, le praticien a un modèle qui se distingue par sa flexibilité dans le choix et l'application des outils, tout en permettant de structurer les données et guider la création. Ce travail contribue également à la théorie en discutant et en proposant des outils et des méthodes pour la validation et l'intégration de ces scénarios dans le DNPS. Enfin, la thèse a une contribution pratique en présentant un cas d'application et en proposant des directives utiles pour les professionnels du domaine.

ABSTRACT

The constant work of researching, updating and validating prospecting information related to a given field is essential to maximize the chances of success of new products and services in the market. Such information normally helps to identify future needs and business opportunities in the front-end phase of new product and service development (NPD) and thus guide the work of designers. However, since the prospective information collected is often numerous, complex, heterogeneous, from different sources and based on different methods, in addition to being inevitably incomplete and uncertain, it must be synthesized, organized and structured in order to make sense of it. It is on this basis that we will build prospective scenarios describing what could happen in the more or less long-term in the field we are interested in. The construction of such scenarios is the object of our research since there is a lack of approaches that detail how to create and validate them in the upstream phase of NPD.

The objective of this exploratory and applied research is to produce practical knowledge on prospective scenarios while deepening certain theoretical aspects that are still little studied in the literature. Concretely, we develop an approach for building prospective scenarios for the NPD and propose validation procedures to help practitioners to be in action and make better decisions. The creation approach includes the following four main phases: (1) understanding the system and the needs of its actors, identifying the important variables to be prospected; (2) applying and adapting various prospective tools and methods to identify and understand the constraints that may have an impact on the system; (3) structuring and cross-referencing the collected information to create the structures or visions of the future; (4) designing prospective usage scenarios.

To illustrate the approach and the proposed validation procedures, the results of a study on service stations (SS) in Canada, particularly in Quebec, are presented. The electrification of transportation will profoundly transform this sector of activity over the next few years, which will require a rethinking of its structure and business model.

The research is based on the Design Research Methodology (DRM), which includes several steps, including cycles of problem understanding, artifact proposal and development, and evaluation. Data collection was conducted through technical document and literature reviews, field observations that allowed for task analysis, and the involvement and adaptation of tools and theoretical frameworks from the design and social science disciplines. In addition, interviews were

conducted with nine specialists from different WS-related fields in two rounds of discussions, one for the creation and the other for the validation of the scenarios.

The main contribution of this research is the development of an adapted approach, more appropriate to the field of NPD than those found in the design literature, which focuses more on creativity, or those in management, which focus on the extrapolation of one or more trends. The forward-looking scenarios created are multidimensional and offer a more complete representation of the future, combining locations (rural area, city, highway), types of users, technologies, etc. With this, the practitioner has a model that stands out for its flexibility in the choice and application of tools, while allowing structuring the data and guide the creation. This work also contributes to the theory by discussing and proposing tools and methods for the validation and integration of these scenarios in the NPD. Finally, the thesis has a practical contribution by presenting an application case and proposing useful guidelines for professionals in the field.

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE.....	III
REMERCIEMENTS	IV
RÉSUMÉ.....	V
TABLE DES MATIÈRES	IX
LISTE DES TABLEAUX.....	XIII
LISTE DES FIGURES.....	XIV
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	XV
LISTE DES ANNEXES.....	XVII
CHAPITRE 1 INTRODUCTION.....	1
1.1 Contexte général.....	1
1.2 Énoncé du problème.....	3
1.3 Questions et objectifs de recherche	4
1.4 Contributions	5
1.5 Structure de la thèse	7
1.6 Portée.....	8
CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE	9
2.1 Développement de Nouveaux Produits et Services (DNPS).....	9
2.1.1 Design, innovation et itération	12
2.1.2 Implication des divers participants dans le DNPS	15
2.2 Prospection	16
2.2.1 Capacité prospective et DNPS	20
2.2.2 Valeur du passé	25
2.2.3 Ergonomie prospective.....	25

2.2.4	Scénarios prospectifs.....	28
CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE.....		30
3.1	Méthodologie de recherche	30
3.2	Étapes méthodologiques.....	31
3.3	Étapes de la recherche	33
3.4	Certification d'éthique.....	36
CHAPITRE 4 ARTICLE 1 : CAPTURING FUTURE TRENDS IN CUSTOMER NEEDS FOR THE DESIGN OF NEXT-GENERATION GAS STATION SERVICES.....		37
4.1	Introduction	39
4.2	Methodology	40
4.3	Results	41
4.4	Conclusion.....	45
4.5	Complément méthodologique et de résultats	46
CHAPITRE 5 ARTICLE 2 : PROPOSING AN APPROACH FOR CREATING FAR-FUTURE PROSPECTIVE SCENARIOS OF USE: THE CASE OF SERVICE STATIONS.....		53
5.1	Introduction	55
5.2	Literature review	56
5.2.1	Social science scenarios and strategic management	56
5.2.2	Scenarios in design.....	57
5.3	Methodology and application case	59
5.3.1	Understanding and defining system variables.....	61
5.3.2	Identifying and categorizing conditions of future	62
5.3.3	Data confrontation and analysis	68
5.3.4	Designing prospective scenarios of use	70
5.4	Results and discussion.....	72

5.4.1	Understanding the system	73
5.4.2	Data gathering and treatment	75
5.4.3	Scenarios	82
5.4.4	Systematic reevaluation and the iterative process.....	85
5.5	Conclusions, limitations and future research	85
CHAPITRE 6 ARTICLE 3 : PROPOSING THE INTEGRATION OF FAR-FUTURE PROSPECTIVE SCENARIOS TO STRATEGIC MANAGEMENT TOOLS AS PART OF THEIR VALIDATION: THE CASE OF GAS STATIONS IN NORTH AMERICA		88
6.1	Introduction	90
6.2	Literature review	91
6.2.1	Scenarios and their Validation	91
6.2.2	Strategic tools in the FE of NPD	93
6.3	Methodology	98
6.3.1	(1) Creating prospective scenarios of use - Overview of scenario creation approach	99
6.3.2	(2) Validating	100
6.3.3	(3) Integrating in product strategic management process	104
6.4	Results	105
6.5	Discussion	110
6.5.1	Integration in product strategic management	112
6.6	Conclusion.....	114
CHAPITRE 7 DISCUSSION GÉNÉRALE		117
7.1	Résumé et discussion des résultats.....	117
7.2	Posture des auteurs face à l'avenir	122
7.3	L'intelligence artificielle	124

7.4	Validation des scénarios.....	125
7.5	Nature itérative du processus	126
CHAPITRE 8 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS		127
8.1	Conclusion, limitations et recherche future.....	127
RÉFÉRENCES.....		130
ANNEXES		148

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 : Comparaison de trois modèles d’innovation en amont pour la gestion de l'innovation des produits.	11
Tableau 2.2 : Comparaison entre l'ergonomie corrective, de conception et prospective. Robert, J. M. et Brangier (2009).....	26
Tableau 4.1 : Evolution of the number of cars sold and propelled by different types of energy in Canada from 2015 to 2019. Growth percentages are those compared to the previous year (y/y growth).	43
Tableau 4.2 : Evolution of the number of establishments and sales volume in Québec (1997 - 2019).	44
Tableau 5.1 : Proposed approach.	60
Tableau 5.2 : System variables and conditions of future confrontation matrix.	70
Tableau 5.3 : GMA matrix for random scenario generation.	72
Tableau 5.4 : Patent analysis. Patent results based on search term “Vehicle” according to country, applicant, IPC code and year.	77
Tableau 5.5 : The most addressed topics.....	82
Tableau 6.1 : Comparison between S-plan and T-plan approaches. Adapted from Phaal, Farrukh and Probert (2007).....	95
Tableau 6.2 : PPM process of Archer and Ghasemzadeh (1999).....	96
Tableau 6.3 : Sum of plausibility scores for scenarios.....	108
Tableau 6.4 : Sum of votes scenarios long and short-term.	109
Tableau 6.5 : Approach’s fit to PPM and TRM. Abbreviations: Sc.J. Scenario journey.....	113

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Nombre de publications sur les scénarios prospectifs au cours des 10 dernières années (Scopus et WoS).....	1
Figure 1.2 : Nombre de publications sur les scénarios prospectifs au cours des 10 dernières années (Google Scholar).	2
Figure 1.3 : Structure et contributions de la thèse	6
Figure 2.1: Processus de DNPS. Rozenfeld (2006)	10
Figure 3.1 : Cadre théorique DRM : étapes. Adapté Blessing et Chakrabarti (2009).....	31
Figure 3.2 : Relation entre les étapes DRM et la recherche.	33
Figure 4.1: Characteristics of gas stations in Québec for the years 2016 (blue) and 2019 (orange).	44
Figure 5.1 : Findings from the literature on the future of energy (VOSviewer).	79
Figure 5.2 : Findings from the literature on the future of service stations (VOSviewer).	79
Figure 5.3 : New trends from experts. Figure 5.4 : New visions of future from experts.	81
Figure 6.1 : Relationship between scenario journey and scenario validation criteria and activities performed.	99
Figure 6.2 : Scenario matrix – Disruption versus incertitudes	107
Figure 6.3 : Scenario matrix plausibility versus time.....	109

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ADH	Abstraction-decomposition hierarchy (hiérarchie abstraction-décomposition)
AI	Artificial intelligence (intelligence artificielle)
CIPO	Canadian Intellectual Property Office (Bureau Canadien de Propriété Intellectuelle)
DNPS	Développement de Nouveaux Produits et Services
DRM	Design Research Methodology
EP	Ergonomie prospective
EV	Electric vehicles (véhicules électriques)
FE	Front-end (en amont)
GM	General morphological analysis (analyse morphologique générale)
HCI	Human-computer interaction (interaction homme-ordinateur)
HMI	Human-machine interaction (interaction homme-machine)
HTA	Hierarchical task analysis (Analyse hiérarchique de tâche)
IEA	International Energy Agency (Agence internationale de l'énergie)
IoT	Internet of things (internet des objets)
IPC	International Patent Classification (Classification internationale des brevets)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat)
KJ	Jirō Kawakita
KPMG	Klynveld Peat Marwick Goerdeler
NPD	New product development (développement de nouveaux produits)
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (Organisation de coopération et de développement économiques)
PC	Product family codes (codes des familles de produits)
PCT	Patent cooperation treaty (traité de coopération en matière de brevets)

PE	Prospective ergonomics (ergonomie prospective)
PESTEL	Acronyme pour politique, économique, sociétal, technologique, environnemental et juridique.
PO	Patent office (bureau de brevets)
PPM	Product portfolio management (gestion de portefeuille de produit)
QFD	Quality function deployment (Déploiement de la fonction qualité)
R-D	Recherche et développement
SBD	Scenario based design (scénario basé sur le design)
SCAMPER	Substitute, Combine, Adapt, Modify, Put to another use , Eliminate, and Reverse (Remplacer, combiner, adapter, modifier, mettre à profit, éliminer et inverser)
S-plan	Strategic plan (plan stratégique)
SRES	Special Report on Emission Scenarios (Rapport spécial sur les scénarios d'émission)
SS	Stations de service
T-plan	Technology plan (plan technologique)
TRIZ	Théorie de la résolution inventive de problèmes
TRM	Technology roadmapping (carte/feuille de route technologique)
UN	United Nations (Organisation des Nations unies)
USPTO	United States Patent and Trademark Office (Bureau des brevets et des marques des États-Unis)
WHO	World Health Organization (Organisation mondiale de la santé)
WoS	Web of science

LISTE DES ANNEXES

Annexe A CERTIFICATION D'ÉTHIQUE.....	148
Annexe B SCÉNARIOS PRÉSENTÉS.....	152
Annexe C CYCLES D'ENTRETIENS AVEC LES EXPERTS.....	163
Annexe D RÉSULTATS ET ÉCHANTILLONAGE.....	169

CHAPITRE 1 INTRODUCTION

Ce chapitre présente le contexte général de la recherche, l'énoncé du problème, les questions et objectifs de recherche, les contributions prévues, la structure de la thèse et la portée.

1.1 Contexte général

Il a toujours été inévitable d'essayer d'imaginer et d'anticiper le futur. Dans les années 1960, les entreprises ont commencé à aborder la prospective à travers les approches dites de « stratégie d'entreprise » et de « stratégie commerciale » (Roubelat et al., 1993) dans le but de s'orienter et de se développer en fonction du marché et de la concurrence (Iden, Methlie & Christensen, 2017). Aujourd'hui, dans un monde dynamique et technologique, de nombreux chercheurs et praticiens tentent d'identifier les changements futurs qui pourraient avoir un impact sur leur domaine (Robert & Brangier, 2014). Il est également essentiel de travailler et d'améliorer la façon dont nous imaginons le futur pour l'innovation et le processus de Développement de Nouveaux Produits et Services (DNPS) (Vettorello, Eisenbart & Ranscombe, 2022).

Les scénarios prospectifs sont des représentations des futurs possibles visant à nous aider à préparer l'avenir (Dias, Vianna & Felby, 2016). Au fil des années, leur importance s'est accrue, notamment dans les études en sciences de l'environnement où l'on cherche à anticiper les impacts sur l'écosystème (Fig. 1.1 et Fig. 1.2).

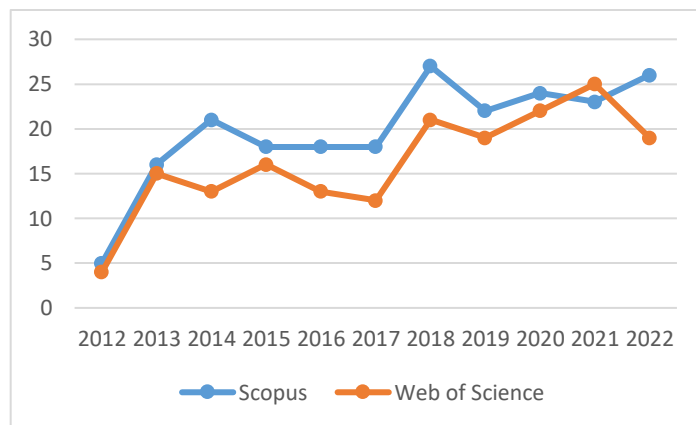


Figure 1.1 : Nombre de publications sur les scénarios prospectifs au cours des 10 dernières années (Scopus et WoS).

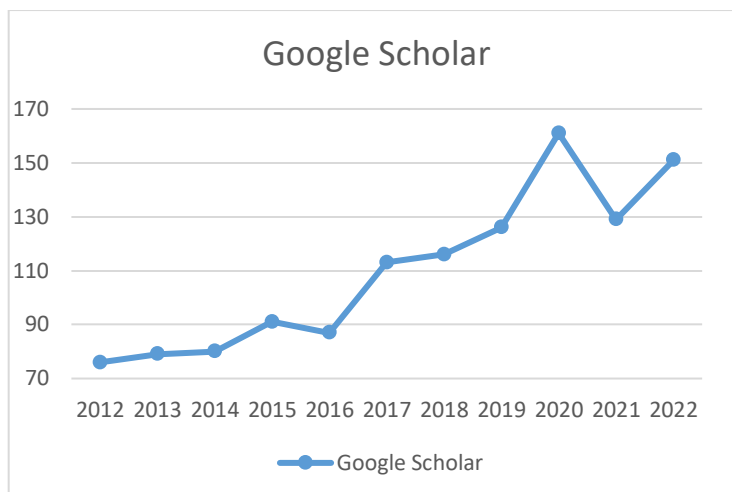


Figure 1.2 : Nombre de publications sur les scénarios prospectifs au cours des 10 dernières années (Google Scholar).

Il est impossible de prédire l'avenir (van der Duin & van der Steen, 2012) et ce n'est pas l'objectif de la prospective. Les techniques de prévision ne sont pas suffisantes pour prédire les événements importants dans la dynamique des systèmes contemporains. Les prédictions déterministes de l'avenir s'avèrent difficiles et peu flexibles (Godet, 1982). C'est dans ce contexte que la prospective prend de l'ampleur dans les années 1980 (Godet, 1982; 1985). La prospective cherche à cartographier les événements sociaux, scientifiques et technologiques susceptibles d'influencer l'avenir de manière significative (Godet & Durance, 2011). Contrairement aux méthodes de prévision classiques, qui visent à anticiper un avenir supposé unique, les méthodes de prospection, comme les scénarios prospectifs, partent du principe qu'il existe plusieurs avenir possibles (Roubelat et al., 1993). La prospection reconnaît l'existence de l'incertitude et la nécessité d'anticiper les événements qui peuvent nous affecter (Voros, 2006).

L'objectif des scénarios est de provoquer des discussions, d'apporter des apprentissages, de préparer les acteurs à saisir ou à affronter les opportunités ou les menaces futures et, possiblement, de déclencher un processus de construction d'un avenir souhaitable pour les individus ou les systèmes d'entreprise (Chermack, 2005; Hussain, Tapinos & Knight, 2017).

Même si, depuis plusieurs décennies, nous pensons à se projeter dans l'avenir et à imaginer les futurs possibles, la tâche demeure complexe et difficile. Il est nécessaire de réfléchir aux moyens de créer des scénarios prospectifs plus robustes, axés sur l'innovation et le DNPS, qui exploitent la technologie et tiennent compte des sujets de préoccupation au début du 21ème siècle (ex., environnement, sécurité). En effet, la phase initiale du DNPS est particulièrement critique car

elle consiste en l'identification et la sélection d'opportunités et de projets à explorer, ce qui comporte de nombreuses incertitudes et risques.

Les scénarios prospectifs peuvent être créés avec différents niveaux de complexité, en fonction de la nature du problème exploré. Dans le cas d'un exercice prospectif axé sur l'innovation, dans un secteur industriel spécifique, tel que le secteur automobile, l'approche est généralement plus volontariste. Elle se concentre sur l'identification des opportunités pour les acteurs du secteur de façonner et d'influencer l'avenir. Dans ce contexte, il est important de tenir compte des tendances actuelles, telles que les progrès technologiques et l'évolution des préférences des consommateurs. D'autre part, dans un contexte de prévision pure, comme dans le cas du réchauffement climatique, l'approche est généralement basée sur des preuves et analyses scientifiques. Dans ce cas, des scénarios prospectifs peuvent être élaborés pour explorer les conséquences possibles du changement climatique dans différentes régions du monde et la manière dont les sociétés peuvent se préparer à ces impacts. Nous sommes intéressés par l'élaboration de scénarios prospectifs pour l'industrie.

C'est dans ce contexte de création de scénarios prospectifs pour l'innovation, que cette thèse se déroule.

1.2 Énoncé du problème

Les disciplines de conception (ingénierie, design, architecture, interaction humain-ordinateur, ergonomie) utilisent les scénarios (présents, passés ou prospectifs) comme des représentations situationnelles qui prennent de nombreuses formes (textes, images, récits, prototypes, etc.) et remplissent différents rôles (stimuler la créativité, corriger des erreurs de système, tester le produit/système, etc.) (Rosson, Carroll & Hill, 2002; Rasmussen, 2008; Nelson et al., 2014). Les scénarios prospectifs représentent des projections futures à partir du déroulement ou de l'extrapolation d'un ou de plusieurs facteurs, normalement un maximum de quatre facteurs (ex., comportement futur d'une partie prenante, tendance technologique, changement économique, etc.) (Amer, Daim & Jetter, 2013; Dias, Vianna & Felby, 2016). Bien que les scénarios prospectifs soient considérés comme une méthode importante pour soutenir la prise de décision, il manque toujours d'informations pratiques sur leur création, leur validation et leur utilisation (Spaniol & Rowland, 2019). Construire des scénarios qui soient à la fois éloignés du présent et englobent la plupart des aspects importants pour le DNPS n'est clairement pas facile.

Les collaborations interdisciplinaires deviennent nécessaires non seulement pour compléter les connaissances sur l'objet d'étude, mais aussi pour favoriser l'innovation et assurer la survie des entreprises face à des avenir lointains incertains (Beverland, Micheli & Farrelly, 2016; Rasmussen, Andersen & Borch, 2010). Dans le domaine du DNPS, les futurs lointains font référence à des fenêtres temporelles de plus de 30 ans à partir du présent (Merrie et al., 2018; Wolf et al., 2018). Les perspectives de futurs lointains concernant les besoins des utilisateurs et les marchés futurs sont obscures et difficiles à trouver, à suivre et à valider (Wolf et al., 2018). Le travail assidu de recherche, de mise à jour et d'amélioration des informations prospectives dans le cadre du DNPS est essentiel pour le développement de produits performants sur un marché qui n'existe pas encore (Sakellariou & Vecchiato, 2022). Il est également dans la stratégie des organisations de travailler de manière proactive afin d'être en mesure de prendre des décisions au tout début du processus d'innovation (Kahn, 2012; Wagner, Bican & Brem, 2021). Cependant, cela est difficile en raison de l'incertitude attachée à plusieurs aspects de la prospection et du manque d'informations pour soutenir les décisions.

Bruseberg et McDonagh-Philp (2001), Kahn (2012) et Wolf et al. (2018) soulignent l'importance de la prospection dans le DNPS - pour le développement de produits à succès sur un marché encore inexistant. Malgré cela, la littérature ne présente pas comment le faire. En général, la recherche met l'accent sur la phase de « divergence » de la création plutôt que sur les moyens d'atteindre et de recueillir des informations pour alimenter le moment créatif. Il existe un fossé dans la littérature entre la création et l'exploitation de perspectives multiples dans les scénarios prospectifs.

En résumé, la création, la validation et l'utilisation de scénarios prospectifs sont des tâches complexes, surtout lorsqu'il s'agit de futurs lointains, en raison du manque d'exemples empiriques et d'adaptations au domaine DNPS.

1.3 Questions et objectifs de recherche

Nous cherchons à répondre aux trois questions suivantes.

- Comment créer des scénarios prospectifs pour outiller les concepteurs dans le développement de futurs produits et services?
- Comment valider les scénarios prospectifs pour une conception orientée vers le futur?

- Comment intégrer les scénarios prospectifs dans d'autres méthodes et/ou processus de DNPS?

L'objectif général de cette thèse est de proposer une approche de création de scénarios prospectifs pour le DNPS. Cette approche est fondée sur les cadres théoriques du design et s'adresse aux concepteurs de produits et services futurs. Les objectifs spécifiques de cette thèse sont les suivants.

- Développer une approche pour la création de scénarios prospectifs adaptée au DNPS.
- Proposer la validation des scénarios prospectifs pour une conception orientée vers le futur.
- Proposer l'intégration de ces scénarios dans d'autres méthodes et/ou processus du DNPS.
- Présenter un cas illustratif d'application.

Pour atteindre ces objectifs, nous mettons en œuvre une méthodologie basée sur la recherche en sciences du design (Design Research Methodology – DRM) (Vaishnavi, 2007; Hevner et al., 2008; Blessing & Chakrabarti, 2009; Dresch, Lacerda & Antunes, 2015; Winter & Aier, 2016; Mevellec, 2017) ainsi que sur la recherche de cas (Crowe et al., 2011; Yin, 2011).

1.4 Contributions

Cette thèse comprend trois articles dont les grandes lignes de contributions sont les suivantes (Figure 1.3).

Le premier article présente plusieurs outils pour la recherche de données prospectives, dans une première tentative de collecte de données (empiriques, démographiques, socio-économiques, entre autres) pour la création de scénarios prospectifs. Cet article montre l'importance de l'objet d'étude choisi, à savoir les stations-service. Les données présentées montrent que les habitudes de consommation de la population sont en train de changer, ainsi que diverses technologies, politiques publiques, entre autres. Ces éléments promettent d'avoir un impact sur les stations-service du futur et justifient ainsi la pertinence de l'objet d'étude choisi. Une autre contribution importante consiste à inclure le débat sur une branche émergente de l'ergonomie, à savoir l'ergonomie prospective, qui s'intéresse également à la prospection.

Le deuxième article présente l'approche proposée pour la création de scénarios prospectifs. Cette approche multidisciplinaire commence par la collecte d'informations pour comprendre le

système/produit/service et les différents facteurs qui peuvent l'influencer. Ensuite, nous confrontons ces données pour créer des visions de futur et avoir des indices sur les aspects les plus susceptibles d'être impactés. Enfin, l'approche se termine par la construction de scénarios prospectifs. La contribution de cet article consiste à développer une approche de création de scénarios prospectifs et à fournir un guide pour les concepteurs de produits futurs. La présentation d'un cas d'application, les stations-service, ajoute une dimension pratique. Ces scénarios prospectifs sont plus adaptés au domaine du DNPS que ceux présents dans la littérature du design (qui sont plutôt axés sur la créativité) ou ceux du management (axés sur l'extrapolation d'une ou plusieurs tendances), car ils sont multidimensionnels et fournissent une représentation plus complète de l'avenir.

Le troisième article expose une proposition ainsi qu'une discussion sur la validation et l'intégration des scénarios prospectifs dans le processus de DNPS. Pour ce faire, nous avons élaboré une procédure de validation basée sur des critères issus des sciences sociales, ainsi que sur l'évaluation de l'utilité de ces scénarios pour d'autres outils et pour le processus de DNPS. Nous avons présenté la partie amont du processus de DNPS, ainsi que deux outils de gestion stratégique des produits, à savoir la gestion de portefeuille de produits (*product portfolio management* - PPM) et la carte/feuille de route technologique (*technology road mapping* - TRM). Nous avons également proposé des méthodes pour évaluer les scénarios prospectifs pour la conception, tout en discutant de leur utilité potentielle.

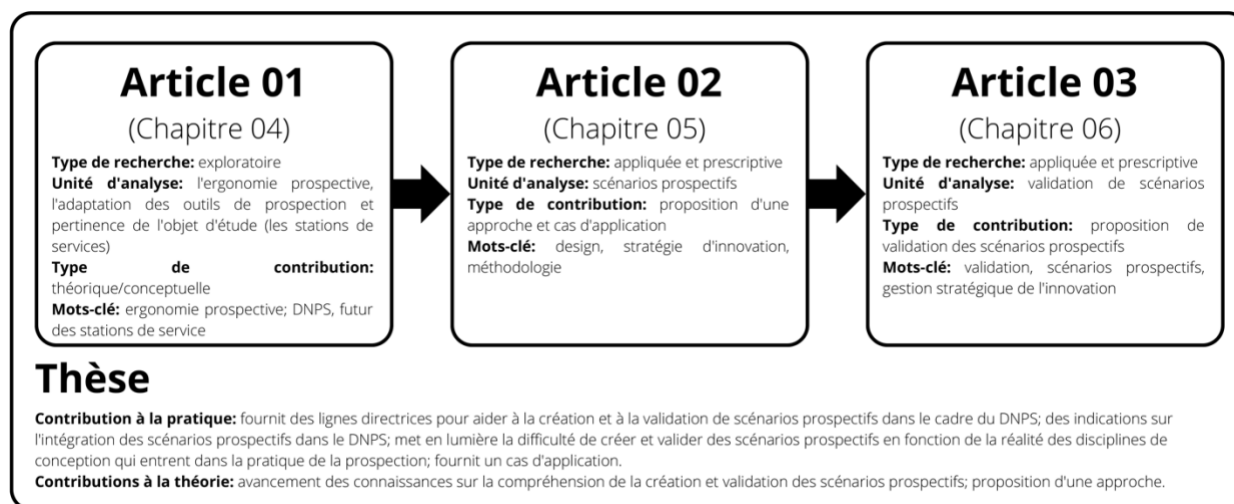


Figure 1.3 : Structure et contributions de la thèse

En résumé, cette thèse contribue à la théorie en proposant une approche de création et la procédure de validation de scénarios prospectifs pour le DNPS ainsi qu'une manière de les intégrer. Elle prend également en compte les différentes disciplines de conception qui sont impliquées dans la pratique de la prospection, notamment l'ergonomie. La thèse apporte ainsi une contribution à la pratique en fournissant des lignes directrices et en présentant un cas d'application.

1.5 Structure de la thèse

Cette thèse est structurée comme suit. Le chapitre 2 présente une brève revue de la littérature sur les thèmes liés au sujet de la thèse (le DNPS, la prospection, l'ergonomie prospective et les scénarios). Le chapitre 3 présente la méthodologie de recherche employée. Les chapitres 4, 5 et 6 consiste en trois études interdépendantes, présentées sous forme de trois articles scientifiques (Figure 1.3) dont les contributions ont été mentionnées dans la section précédente.

Chapitre 4 : Alves Ribeiro Rosa, J.G., Armellini, F., Robert, J.-M. (2021). Capturing Future Trends in Customer Needs for the Design of Next-Generation Gas Station Services. In: Black, N.L., Neumann, W.P., Noy, I. (eds) Proceedings of the 21st Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2021). IEA 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 219. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74602-5_106

Chapitre 5 : Alves Ribeiro Rosa, J.G., Armellini, F., Robert, J.-M. (2022). Proposing an approach for creating far-future prospective scenarios of use: the case of service stations. Soumis au Journal of Product Innovation Management en décembre 2022.

Chapitre 6 : Alves Ribeiro Rosa, J.G., Armellini, F., Robert, J.-M. (2023). Proposing the integration of far-future prospective scenarios to strategic management tools as part of their validation: The case of gas stations in North America. Soumis au journal Creativity and Innovation Management en mars 2023.

La thèse présente également une discussion générale dans le chapitre 7 pour résumer les principaux résultats de ces études. Enfin, une conclusion est présentée dans le chapitre 8 pour aborder les principales contributions, les limites et les possibilités de recherches futures.

1.6 Portée

La portée de l'étude est initialement délimitée par l'objet d'étude choisi, les stations-service. Ce système, avec la participation de nombreux acteurs, technologies et besoins associés. Bien que la présence et l'importance des scénarios partiels (dans lesquels une ou quelques variables sont projetées) soient reconnues, nous avons choisi de travailler avec des scénarios multidimensionnels. Cette approche est motivée par la nécessité de disposer d'une vision holistique et complète de l'environnement dans lequel le produit/système sera intégré pour concevoir en vue de l'avenir. Par ailleurs, le concept de scénario est complexe, avec de nombreuses significations et utilisations dans différentes disciplines. Bien que ce sujet mérite de nouvelles discussions, il est en dehors de la portée de notre travail.

En raison de la pandémie de covid-19, le partenaire industriel a abandonné le projet, ce qui a entraîné l'adaptation de la majeure partie du travail prévu vers une approche plus pragmatique, axée sur l'outillage pour les concepteurs.

Nous avons présenté à la section 1.2 que la littérature sur les DNPS considère les futurs lointains comme des fenêtres temporelles de plus de 30 ans à partir du présent (Merrie et al., 2018; Wolf et al., 2018). Dans notre cadre de recherche, nous situons le court terme entre 5 et 10 ans et le long terme au-delà de 20 ans.

CHAPITRE 2 REVUE DE LITTÉRATURE

Ce chapitre présente une brève revue la littérature sur quatre thèmes importants dans cette thèse : le DNPS, la prospection, l’ergonomie prospective et les scénarios prospectifs. Le DNPS est l'un des thèmes centraux de la thèse, car il constitue le contexte dans lequel elle s'inscrit. Ce thème est crucial pour comprendre les enjeux auxquels font face les entreprises dans un environnement en constante évolution. Cette section vise à introduire la compréhension du processus de développement de nouveaux produits, le design, les concepts d’innovation et d’itération et à expliquer comment la littérature relie l’identification de besoins des différents publics. La prospection est le deuxième thème central de la thèse, qui porte sur les études sur le futur. Ainsi, nous présentons l'évolution de la prospection, ainsi que des méthodes et outils associés. Nous faisons un survol sur la capacité prospective humaine, la façon par laquelle le DNPS intègre la prospection, la valeur du passé pour la prospection et nous présentons la discipline de conception, l’ergonomie. Nous présentons la nouvelle branche prospective de l’ergonomie, en exposant les besoins et les adaptations résultant du passage d'une discipline de conception à la prospection. Finalement, nous introduisons l'outil de prospection - les scénarios prospectifs, qui seront largement décrits et discutés tout au long des chapitres 4, 5 et 6. Dans ce sens, la thèse s'en remet aux revues de littératures contenues dans les trois articles afin d'adresser quelques points importants et complémentaires à ceux présentés dans ce chapitre. Cette décision a été prise afin d'éviter les répétitions entre les quatre revues de littératures présentes dans cette thèse et aussi pour alléger la lecture.

2.1 Développement de Nouveaux Produits et Services (DNPS)

Le processus de développement de nouveaux produits et services (DNPS) regroupe un ensemble d'activités qui visent à gérer le travail de développement de produits ou de services répondant aux besoins du marché (Rozenfeld, 2006). La littérature présente plusieurs modèles de DNPS, et chaque organisation peut adopter ou adapter ces différents modèles à sa propre réalité (selon sa culture, son type d'industrie, son degré de maturité, la complexité technologique, etc.) (Clark & Wheelwright, 1993; Rozenfeld, 2006; Cheng & Filho, 2010). Les méthodologies de DNPS diffèrent souvent les unes des autres par les terminologies utilisées (Rossetti et al., 2014),

tandis que les modèles avancés se distinguent principalement par l'importance attribuée aux différentes étapes du cycle de développement (Cheng & Filho, 2010).

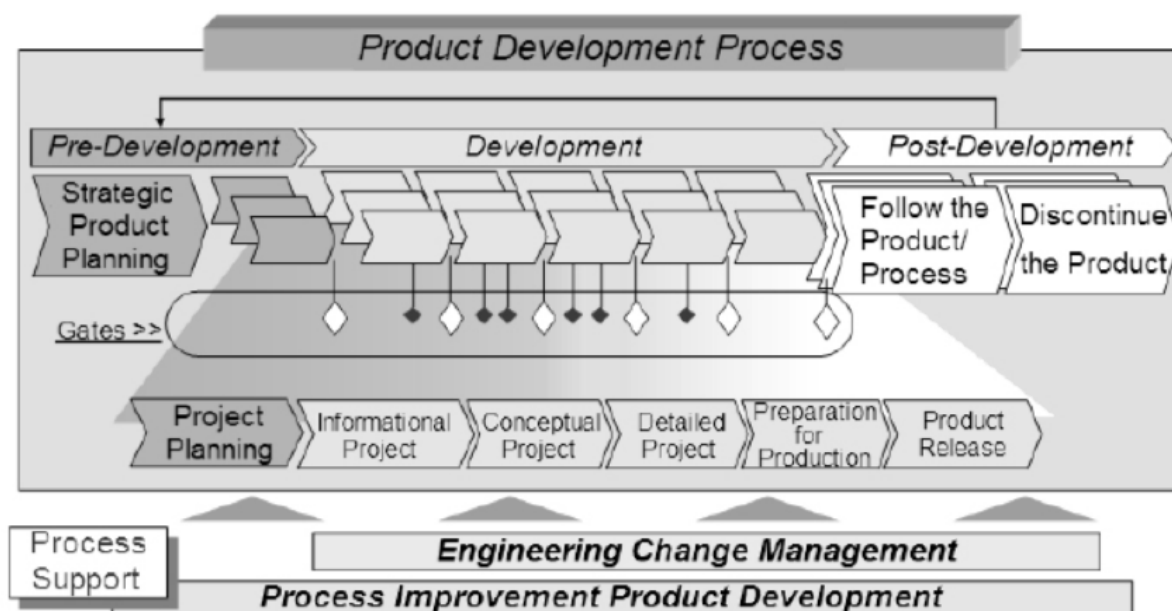


Figure 2.1: Processus de DNPS. Rozenfeld (2006)

Rozenfeld (2006) décrit un modèle répandu de DNPS en trois macro-phases (voir Figure 2.1) : l'innovation en amont, la réalisation de produits et le déploiement et suivi. La première phase, en anglais *front-end* (FE) du DNPS, est marquée par la planification stratégique et managériale des produits à développer. Il s'agit de discuter et définir la stratégie et la portée des projets de produits, d'identifier et de sélectionner les opportunités, de tracer les objectifs à court et à long terme, les indicateurs et les évaluations nécessaires (économiques, de risque, technologiques, etc.) (Rozenfeld, 2006). Cette étape est complexe et traite d'une série d'incertitudes liées à la formation et au choix des concepts qui deviendront des projets puis des produits (Simms, Frishammar, & Ford, 2021). De plus, la phase amont de l'innovation manque de structure et d'outils pour guider de manière plus concrète ces activités spéculatives (Wagner et al., 2021). La phase de réalisation a ses propres étapes et consiste à construire le concept du produit à travers ses futures fonctions afin de répondre aux besoins identifiés des utilisateurs (Rozenfeld, 2006). Le produit et tous ses composants sont façonnés en tant que projet, la fabrication est définie et préparée, et enfin le produit est fabriqué et lancé (Rozenfeld, 2006). La dernière macro-phase, celle de déploiement et de suivi, consiste à planifier l'extension du produit sur le marché et à l'accompagner jusqu'à son abandon.

La macro-phase d'innovation en amont (*front-end* - FE) est très importante (da Silva, Kaminski & Armellini, 2020; Simms, Frishammar, & Ford, 2021). Comme nous pouvons s'y attendre dans un moment de développement naissant, il y a des défis associés aux incertitudes et à l'intégration de nouveautés sans beaucoup d'informations concrètes, ce qui entrave la planification du produit à long terme et les perspectives d'innovation (de Brentani & Reid, 2012; Koen, Bertels & Kleinschmidt, 2014; C. Simms et al., 2021). Au fil des années, plusieurs auteurs ont créé des modèles visant à structurer cette phase qui a été impactée par les changements pratiques et technologiques du DNPS des entreprises. Oliveira et Rozenfeld (2010) présentent et comparent quelques modèles (et leurs phases) parmi les plus cités dans la littérature sur la gestion de l'innovation de produit. Nous examinons les trois modèles d'innovation en amont présentés dans le Tableau 2.1 ci-dessous.

Tableau 2.1 : Comparaison de trois modèles d'innovation en amont pour la gestion de l'innovation des produits.

Cooper (2001)	Koen et al. (2001, 2014)	Crawford & Di Benedetto (2011)
Découverte (opportunités)	Identification des opportunités	Identification et sélection des opportunités
Scoping (génération de concepts)	Analyse d'opportunité	Création de concepts
Élaboration d'un dossier commercial	Génération et enrichissement d'idées	Évaluation du concept/projet
Point de contrôle : écran d'idées	Sélection des idées	
Point de passage : deuxième écran	Définition du concept	
Point de contrôle : passage au développement		

Cooper (2001) commence par une étape de découverte d'opportunités qui fera partie de la génération de concepts, puis de la construction d'un *business case*. Ce concept passera ensuite par trois portes de décision où il sera jugé et évalué.

Dans le modèle de Koen et al. (2001) et Koen, Bertels & Kleinschmidt (2014), des opportunités sont identifiées ou des idées sont générées, qui seront ensuite analysées par rapport aux autres facteurs qui composent l'écosystème de l'entreprise, en ayant ses conducteurs stratégiques comme guide.

Le modèle de Crawford et Di Benedetto (2011) passe par l'identification et la sélection d'opportunités (de marché et technologiques) qui donneront lieu à la génération de concepts qui seront finalement évalués et éventuellement approuvés.

Le DNPS est en constante évolution et recherche des outils et des pratiques pouvant être intégrés dans la construction de méthodes systématiques dans le but de prévenir les problèmes récurrents dans la pratique du design. Ces problèmes incluent notamment la difficulté des designers à guider leur pensée, à éviter la fixation des idées initiales, à limiter la génération de variations légères des solutions passées, la rigidité à explorer de nouvelles solutions et à concevoir pour le futur (Viswanathan & Linsey, 2011; Moon & Han, 2016). De plus, le design cherche à gagner en autonomie et à devenir une discipline intégrative de la conception plutôt qu'une discipline simplement assistante (Jonas, 2001; Hevner & Chatterjee, 2010). Pour y parvenir, il est nécessaire d'adapter des outils et des méthodes qui répondent à des objectifs fonctionnels (Jonas, 2001; Hevner & Chatterjee, 2010), entre autres.

2.1.1 Design, innovation et itération

Le design est une « discipline d'étude et de pratique axée sur l'interaction entre une personne, appelée utilisateur, et l'environnement créé par l'homme, en tenant compte de considérations esthétiques, fonctionnelles, contextuelles, culturelles et sociales » (ICoD, 2023). Pour mieux comprendre ce que cela signifie, l'objectif du design est de créer des objets, des systèmes, des interactions et des expériences visuellement attrayants, fonctionnels et utiles qui répondent aux besoins et aux désirs des utilisateurs, en tenant compte de facteurs tels que la fonctionnalité, l'esthétique, la faisabilité technique, la durabilité et l'impact social (Norman, 1988; Cross, 2006; Yilmaz & Daly, 2016; Cross, 2018). Le design est associé à plusieurs domaines et disciplines qui s'engagent dans le mode de pensée du design (*design thinking*), notamment la conception de produits, le *marketing*, la conception graphique, le design d'interaction, le design d'expérience utilisateur, l'ingénierie, l'architecture, le design de mode, etc. (Goel & Pirolli, 1992; Zimring & Craig, 2001; Nelson & Stolterman, 2003).

Les connaissances en matière de design partent de la division entre les connaissances sur les objets (axées sur les caractéristiques et les propriétés des artefacts et des matériaux), sur la réalisation (portant sur les processus physiques de fabrication des artefacts), et sur les processus (caractéristiques et propriétés des processus de conception utilisés dans le développement des

artefacts) (Aken, 2005; Casenote & Linden, 2017). Pendant les guerres mondiales, le design menait le débat caractérisé par une préoccupation pour la fonctionnalité et la facilité d'utilisation afin d'obtenir les meilleures performances et de faciliter le processus de production (Buderik, 2006; Scolari, 2008). Au cours des décennies suivantes, le débat a été guidé par l'intérêt du marché pour l'esthétique de la forme (Buderik, 2006; Scolari, 2008). Aujourd'hui, le design se concentre sur la signification des produits pour les utilisateurs (Buderik, 2006; Scolari, 2008). Le design est passé d'une simple contribution opérationnelle à des interventions aux niveaux tactique et stratégique dans des organisations innovantes (Mozota, 2003; Mozota, Klöpsch & Costa, 2011).

L'étude du design implique la manière dont les concepteurs travaillent et pensent, l'établissement de structures pour le processus de conception, le développement et l'application de nouvelles méthodes, techniques et procédures de conception, et la réflexion sur la nature et la progression des connaissances en matière de conception (Cross, 1982; 2006). Le design n'est pas seulement une discipline pratique, mais aussi une activité scientifique qui peut être étudiée par le biais de la recherche scientifique (Cross, 1982; 2006). L'étude scientifique du design est apparue au 20^e siècle avec le mouvement du design moderne, puis dans les années 1960 avec le mouvement des méthodes de conception. La méthodologie de design a continué à se développer fortement, en particulier dans le domaine de l'ingénierie et dans certaines branches de conception industrielle (Cross, 1982; 2006). Selon l'interprétation de Hubka et Eder (1992; 2012), la science du design représente un ensemble de connaissances logiquement liées dans le domaine de la conception, contenant des informations techniques et des concepts de méthodologie de la conception.

Dans les années 1960 et 1970, l'attention portée aux méthodes de conception a mené à l'affirmation d'une « pensée design » largement répandue dans les années qui suivent (Kimbell & Street, 2009). Récemment, les universitaires et les praticiens se sont intéressés au design, tentant d'actualiser leurs disciplines, en adoptant la pensée et la méthodologie de la conception dans la recherche sur la conception, la stratégie et l'organisation (Kimbell & Street, 2009)

La pensée design est devenue une méthodologie qui utilise la pensée créative, axée sur l'utilisateur, pour résoudre des problèmes complexes et développer des solutions innovantes (Owen, 2006). Elle repose sur des étapes telles que l'empathie, la définition du problème, l'idéation, le prototypage et le test, afin de comprendre les besoins et les désirs des utilisateurs et de créer des solutions qui répondent à leurs demandes de manière efficace et différenciée (Brown, 2008). Cela

implique une compréhension approfondie des besoins et des expériences des utilisateurs, la génération d'idées et l'itération rapide (Owen, 2006; Brown, 2008).

L'innovation, d'autre part, est un processus où nous transformons les idées en biens, services ou produits (nouveaux et améliorés) (Silva, Bagno & Salerno, 2014). Ce sujet est courant dans les universités et dans plusieurs entreprises qui veulent demeurer compétitives et se différencier par le DNPS. L'innovation est, pour Tidd, Bessant et Pavitt (2011), guidée par l'habileté de voir des connexions, des opportunités ponctuelles et d'en profiter. Les professionnels de l'industrie, chercheurs et entrepreneurs appliquent et développent des méthodes afin de créer des innovations dans des nombreux secteurs (Arruda, Rossi & Savaget, 2009). Cependant, cela n'est pas une tâche facile. Tidd, Bessant et Pavitt (2011) croient que si une organisation n'apporte aucun changement à l'offre de services et de produits ou aux processus de création et de livraison, quelqu'un d'autre le fera. De toute évidence, les entreprises ont besoin de s'adapter et d'être prêtes aux futurs changements mondiaux (Arruda, Rossi & Savaget, 2009).

La relation entre la pensée design et l'innovation est liée au fait que cette méthodologie favorise une approche centrée sur l'utilisateur et des solutions créatives, qui peuvent déboucher sur des produits et des services innovants (van Reine, 2017). En considérant les besoins des utilisateurs comme point de départ de l'élaboration de solutions, la pensée design peut permettre de mieux comprendre le marché et les opportunités commerciales, tout en encourageant la créativité et la collaboration dans la génération des nouveaux concepts (Owen, 2006; van Reine, 2017).

L'itération est ici un concept important en matière d'innovation et de design, car elle fait référence à la répétition d'un processus d'essais et d'erreurs, permettant aux concepteurs d'expérimenter différentes solutions et d'affiner leurs idées jusqu'à ce qu'une solution finale soit trouvée (Cader, 2008; Ghosh & Wu, 2021). L'itération peut contribuer à améliorer la qualité et l'efficacité des solutions, elle permet aux concepteurs de tester et d'évaluer en permanence leur travail tout au long du processus de conception (Eppinger, 2001; Ghosh & Wu, 2021).

L'itération est particulièrement importante dans le domaine de l'innovation, car les concepteurs doivent souvent s'attaquer à des problèmes difficiles pour lesquels il n'existe pas de solution claire (Ghosh & Wu, 2021). Lorsqu'ils travaillent sur une solution, les concepteurs rencontrent souvent des obstacles et des défis qu'ils doivent surmonter. Dans ce cas, l'itération peut

les aider à explorer différentes approches et à tester des solutions alternatives jusqu'à ce qu'ils trouvent la meilleure façon d'aborder le problème (Rigby, Sutherland & Takeuchi, 2016).

2.1.2 Implication des divers participants dans le DNPS

Face à une concurrence féroce, les entreprises doivent s'assurer de bien satisfaire les besoins et les attentes des clients pour demeurer compétitives (Silva & Dacorso, 2013). Pour certains auteurs, comme Bruseberg et McDonagh-Philp (2001), la découverte des besoins passe par l'écoute et l'implication des participants externes au DNPS. Ce serait un moyen de réduire le risque de mal connaître les besoins dans le processus de conception. Il est donc nécessaire de fournir des outils et des méthodes pour encourager, provoquer et aider les usagers et les autres parties prenantes à contribuer aux discussions sur la conception et la prospection (Bruseberg & McDonagh-Philp, 2001).

Quant aux types d'intervenants ou de participants à cette discussion, les utilisateurs finaux (et cibles) aident à comprendre et à identifier les rôles, les responsabilités et les tâches (Lindgaard et al., 2006). À partir de l'analyse de ce type d'utilisateur, nous pouvons envisager les tâches et le parcours qu'un utilisateur typique suit. Les utilisateurs cibles collaborent beaucoup à la création de la valeur des nouveaux produits et à l'identification des problèmes. Ils peuvent également bien décrire comment les produits et services existants fonctionnent ou échouent (Lindgaard et al., 2006).

Les utilisateurs meneurs (*lead users*) sont aussi des participants à associer au processus de conception, car à travers les problèmes qu'ils rencontrent ou les activités qu'ils effectuent, ils anticipent ce que les utilisateurs réguliers découvriront plus tard, voire des années plus tard (Lilien et al., 2002). Ils peuvent ainsi mettre en évidence de nouveaux besoins qui mèneront éventuellement au développement de nouveaux produits ou services (Robert et al., 2019).

Les experts de domaines (ex., éducation, énergie, transport, gestion) ou de tâches (ex., conception, dessin, traduction) constituent des participants importants dans le DNPS (Kahn, 2012). Ils peuvent fournir des informations essentielles sur les fonctionnalités à prévoir dans les DNPS et aussi fournir des informations sur les aspects qualitatifs et quantitatifs de leur travail (Kahn, 2012). Il convient de profiter de leur expertise pour choisir et utiliser les meilleures méthodes et outils de travail, ainsi que pour leur contribution à la méthode *Delphi* (Kahn, 2012).

La voix du client dérive des méthodes d'analyse et d'étude de marché où nous impliquons des différents profils d'intervenants, comme les présentés ci-dessus, dans le but de recueillir des informations importantes pour la conception (Griffin & Hauser, 1993; Griffin, 2012; Pelicioni et al., 2017). Cependant, il faut être réaliste par rapport à la limite de leur contribution. Griffin (2012) soutient que les utilisateurs ne sont pas toujours capables de fournir des informations claires et précises sur les produits qu'ils souhaitent voir développés, parfois ils ne sont pas capables d'exprimer leurs besoins ou encore les orientations en matière d'innovation. Malgré cela, il n'est pas réaliste d'ignorer complètement la voix du client (Ulwick, 2013). Bien que les clients ne puissent pas fournir certains types d'informations, ils peuvent exprimer la plupart de leurs problèmes et besoins actuels, ainsi que signaler les domaines où les produits existants (et prototypes) réussissent ou échouent (Ulwick, 2013).

2.2 Prospection

La rapidité des changements oblige à préparer l'avenir en planifiant le positionnement face aux réalités possibles. Cependant, l'anticipation est pleine d'incertitudes, et ces dernières augmentent le besoin d'évaluer les perspectives futures (Iden, Methlie & Christensen, 2017). Bien que l'anticipation du futur soit une tâche difficile, c'est une réelle nécessité, surtout lorsqu'il s'agit de prendre des décisions qui ont un impact à long terme (Wolf, Klotz & Baumann, 2018).

Dans les années 1960, les entreprises ont investi dans la prospection et les démarches dites de « stratégie d'entreprise » ou de « stratégie commerciale ». L'objectif principal était de s'orienter et de devenir plus réactives aux évolutions du marché (Roubelat et al., 1993). Plusieurs méthodes d'analyse prospective ont été développées, telles que le *foresight*, le *forecasting*, la veille technologique, la prospective, etc. (Santos et al., 2010).

La prospective contemporaine est une combinaison de différents domaines de connaissances, de données et de techniques d'interprétation permettant de développer et d'anticiper les tendances technologiques et sociales futures afin d'orienter les décisions stratégiques et, pour les entreprises, de sécuriser leur position concurrentielle (Brangier et Robert, 2014). Elle repose sur l'analyse rétrospective de données multidisciplinaires (sociologiques, technologiques, anthropologiques, etc.) pour comprendre les modèles de changement passés, identifier les phénomènes émergents, évaluer la situation actuelle et formuler des hypothèses (Brangier et Robert, 2014).

Le processus d'innovation doit être guidé par l'anticipation de divers scénarios technologiques ainsi que des besoins du marché établis à partir de l'analyse de multiples données, mises en relation avec les facteurs décisifs (Robert & Brangier, 2009). Brangier et Robert (2014) soulignent qu'il est nécessaire d'avoir un ensemble de ressources et de méthodes diversifiées et complémentaires pour réaliser cette ligne directrice. Il est nécessaire d'étudier les comportements des clients, d'analyser les usages des produits, de suivre les interactions homme-technologie, de développer la relation client, et de réaliser une veille technologique, entre autres.

L'anticipation de ces changements apparaît comme un problème majeur à surmonter pour les entreprises confrontées à un marché technologique (Ratcliffe, 2006). Il est essentiel de penser au futur lors du processus de conception et, en particulier, pour la prise de décisions (Cooper, 2019). C'est à partir de prospectives plus ou moins formalisées que l'on envisage de prendre la multitude de décisions nécessaires au développement, à la construction de la stratégie et pour guider la gestion des organisations (Kahn, 2012; Vettorello, Eisenbart & Ranscombe, 2022). Au-delà de la prospection sur le produit/service en cours de développement, les entreprises doivent considérer le futur du contexte dans lequel leurs produits seront insérés, les produits concurrents et les autres produits qui peuvent avoir un impact sur la vie de l'utilisateur (Cooper, 2019). Kahn (2012) affirme que les entreprises qui prospèrent dans le DNPS « se concentrent également davantage sur la génération de prévisions de nouveaux produits significatifs que sur le souci d'exactitude ».

L'importance de la prospection est évidente et elle est réalisée de différentes manières dans de nombreux domaines. Porter (2004) classe les méthodes et techniques d'analyse de l'avenir en neuf « familles », ce qui nous permet de faire un tour d'horizon de ce qui existe dans la littérature.

- Créativité : remue-méninge (*brainstorming*), *brainwriting*, TRIZ, ateliers du futur, etc.
- Descriptifs et matrices : analyse morphologique, arbres de pertinence, analyse de risque, feuille de route (*road mapping*), etc.
- Statistiques : bibliométrie, analyse de corrélation, analyse d'impact des tendances, etc.
- Avis d'experts : *Delphi*, groupes de discussion, entretiens, etc.
- Veille et intelligence : veille technologique, analyse comparative (*benchmarking*), bibliométrie, etc.

- Modélisation et simulation : modèles causaux, scénarios interactifs, simulations de systèmes, etc.
- Scénarios : relaxation des anomalies de terrain, gestion de scénarios, simulations de scénarios, etc.
- Analyse des tendances : extrapolation des tendances, analyse d'impact des tendances, analyse des ondes longues, etc.
- Évaluation/décision/économie : processus de hiérarchie analytique, analyse des besoins, analyse coûts-avantages, etc.

Kahn (2012) simplifie les techniques de prospection en trois grandes catégories : les techniques de jugement, les techniques quantitatives et les techniques d'étude de clientèle/de marché (Kahn, 2012).

Les **techniques de jugement** visent à extraire les connaissances, les opinions, les informations tacites et les retours d'information de diverses parties prenantes, ainsi que des experts de la discipline ou du domaine d'application, pour soutenir la prise de décision, en transformant ces sorties en prédictions formelles (Kahn, 2012; Wolf, Klotz & Baumann, 2018). Pour la prospection dans les domaines de conception, nous jugeons un produit à lancer, la courbe de vente envisagée, un nouveau concept, la pertinence des problèmes identifiés, etc. Cela se fait par le biais de discussions, de questionnaires d'opinion, d'élaboration de scénarios ou de rapports de tendances. Les techniques de jugement sont assez souples et adaptables. Elles peuvent fournir des informations très importantes que les modèles mathématiques ne peuvent pas fournir. Les différentes sources d'information doivent être orientées de manière à maximiser leur contribution plutôt que de la limiter. Il est également nécessaire de pouvoir cibler et accéder aux contributeurs. Elles comprennent le panel d'opinion, les prévisions des fournisseurs, l'analyse de scénarios et la méthode *Delphi*.

Les **techniques quantitatives** se répartissent en deux groupes : (1) les techniques de séries chronologiques où l'on analyse les données à la recherche de modèles historiques et où l'on cherche à faire des projections. Cela inclut les techniques d'analyse des tendances, l'analyse des ventes passées, l'analyse des ventes potentielles pour les produits prospectés, et des combinaisons d'approches statistiques ; (2) les techniques de modélisation causale/de régression qui utilisent les relations entre les variables. Cela inclut la régression linéaire, la régression non linéaire, la

modélisation d'événements où l'on recherche la relation entre les événements, et les réseaux neuronaux (Kahn, 2012). Les techniques quantitatives nécessitent une grande quantité de données quantitatives afin d'extraire des modèles par le biais de l'analyse informatique des données ou des techniques de modélisation. Ces techniques exigent des chercheurs des compétences spécifiques non seulement pour construire une logique quantitative mais aussi pour voir les corrélations entre les données et les modèles avec des situations et des éléments réels. Néanmoins, les faiblesses de ces types de techniques restent l'hypothèse critique que les données actuelles correspondront aux états futurs (Kahn, 2012).

Les **techniques d'étude de clientèle/de marché** analysent systématiquement les données relatives aux clients ou au marché afin de tracer des prédictions. Elles comprennent les tests de concept, les tests de convivialité et les tests de marché (Kahn, 2012). Les techniques de recherche client/marché prennent du temps et sont coûteuses à mettre en œuvre. Le choix des acteurs et le contexte d'application sont très importants car l'absence de facteurs clés, non identifiés, peut affecter les résultats. En ce qui concerne l'analyse liée au marché, les incertitudes du marché peuvent créer de fausses pistes pour les technologies futures.

Ces techniques présentent des forces et des faiblesses en fonction de la situation dans laquelle se trouvent les entreprises ou les chercheurs scientifiques. Selon Voros (2006), Kahn (2012) et Wolf et al. (2018), même si les gestionnaires s'arment des résultats de ces techniques, il est toujours difficile de prendre des décisions à long terme sans comprendre comment les futurs produits peuvent être utilisés, la préférence des utilisateurs, les réalités où ils seront insérés, etc. La combinaison des techniques, également avec d'autres méthodes en dehors du domaine de la prospection, est souhaitable pour soutenir la construction de concepts et réduire l'indétermination de la conception pour le futur (Allinc, Cahour & Burkhardt, 2019; Liem, 2019).

Les techniques jugement et la plupart des techniques de recherche sur les clients et les marchés restent axées sur l'exploitation du potentiel informationnel et contributif de différentes personnes (parties prenantes : public cible, experts du domaine, etc.). Ce type d'implication est en corrélation avec les pratiques de l'ergonomie et d'autres disciplines de conception. Ce type de pratique, normalement axé sur la capacité des sujets à fournir des informations pertinentes pour la conception, engage la participation à la réflexion future. Nous observons des professionnels de différents domaines qui mettent en œuvre des pratiques telles que la construction de scénarios afin

de travailler sur la prospection. L'ergonomie, qui s'intéresse depuis longtemps aux interactions homme-scénario, ne s'y est mise que récemment.

2.2.1 Capacité prospective et DNPS

Les humains ont une capacité limitée à naviguer dans l'inconnu et l'inattendu, bien que l'anticipation du futur soit nécessaire pour résoudre des problèmes complexes et créer un avenir meilleur (Engeler, 2017). De nombreux auteurs discutent du concept selon lequel nous possédons une mémoire prospective qui nous permettrait de « nous souvenir de faire des choses dans le futur » (Payne et al., 1999; Conway, 2006; Crystal, 2013; Robert et al., 2019). Selon Crystal (2013), cette mémoire est très importante pour les humains et leur nature de survie, où « nous nous souvenons souvent de nous souvenir ». En outre, la mémoire prospective peut être basée sur le temps ou sur les événements (Payne et al., 1999). Par exemple, il peut s'agir de se souvenir que l'on doit prendre un médicament toutes les trois heures ou que l'on a un rendez-vous chez le dentiste lundi prochain. De la même manière que l'on peut utiliser des outils (agendas, *post-it*, etc.) pour se rappeler des activités à venir, nous pouvons utiliser des méthodes pour essayer de se projeter dans le temps (Conway, 2006).

Le design a le potentiel d'aider les personnes et les organisations à imaginer l'avenir, à comprendre la complexité et à faire face aux perturbations (Fraser, 2007; Engeler, 2017). Pour Engeler (2017), les concepteurs devraient développer leur capacité à réfléchir à l'avenir et à créer diverses images de futur au cours de l'obtention de leur diplôme, et cette réflexion devrait faire partie de leur programme d'études.

Les disciplines de conception abordent l'avenir de plusieurs manières dans le DNPS. Tout d'abord, elles utilisent diverses méthodes décrites dans la section 2.2 précédente (Prospection), comme les méthodes de jugement et d'analyse de marché. De plus, elles utilisent d'autres méthodes qui impliquent une réflexion sur l'avenir ou l'essai de se projeter dans le temps, normalement court terme.

- Test d'utilisation : les tests d'utilisation ont été étudiés et approfondis par les disciplines d'ergonomie et design. Ce type de test cherche surtout à faire évaluer les caractéristiques fonctionnelles et de performances des produits/services/systèmes par des utilisateurs (Kahn, 2012). Nous collectons et analysons des données empiriques pendant que nous

observons les utilisateurs représentatifs utiliser le produit, pour réaliser des tâches (Kahn, 2012). Ces tests peuvent être menés avec des prototypes ou des produits pas encore lancés sur le marché dans le but d'identifier des futures interactions, problèmes, ajustements, etc. (Kahn, 2012).

- Prototypes : les prototypes permettent aux concepteurs d'explorer les implications de leurs projets dans l'avenir (Dunne & Raby, 2013). Il s'agit des modèles précoces ou expérimentaux d'un produit, d'un système ou d'un service qui sont créés pour tester et valider des idées, des concepts et des fonctionnalités avant d'investir des ressources importantes dans la production (Ulrich, Eppinger & Yan, 2008; Camburn et al., 2017). Ils représentent de manière tangible les concepts qui sont encore en cours de développement. Cela permet aux concepteurs et autres parties prenantes de voir comment le produit ou le système fonctionnera et d'identifier les problèmes éventuels ou les améliorations nécessaires (Ulrich, Eppinger & Yan, 2008).
- *Value proposition design* (VPD) : le canevas VPD est un outil de conception pour les entreprises conçues par (Osterwalder et al., 2014) dont l'objectif est de stimuler la créativité des utilisateurs, tout comme la pensée design. En bref, l'outil vise à améliorer la précision de la proposition de valeur, qui est la pierre angulaire du canevas du modèle d'entreprise, de sorte qu'elle soit conforme aux hypothèses du client (Osterwalder et al., 2014). Pour l'accomplir, le canevas doit être rempli avec les tâches, douleurs et gains du public cible (identifiés généralement à partir des entrevues) et construire des produits qui répondent aux tâches, potentialisent les gains et soulagent les douleurs (Osterwalder et al., 2014; Pelicioni et al., 2017).
- Déploiement des fonctions qualité (QFD) : la prémisse de QFD est de délimiter et de prioriser les besoins du client comme une boussole pour la résolution de problèmes (Datorre, Hermosilla & da Silva, 2016). En bref, l'utilisation de l'outil QFD est basée sur « l'écoute de la voix des clients », en interrogeant leurs demandes, leurs besoins et leurs attentes en matière de performance des produits et services (Cheng, 2002). Ensuite, les concepteurs passent à la construction de la relation entre ces besoins, les futures exigences de produits et la hiérarchisation de ces informations (Cheng, 2002).

- Voix du client : c'est une méthode par laquelle nous obtenons les considérations, jugements ou impressions du client interne ou externe d'une entreprise et introduit cette rétroaction dans le développement de produits et services (Griffin & Hauser, 1993; Pelicioni et al., 2017). Les organisations introduisent la voix du client dans le processus de développement de produits afin d'éviter les grandes dépenses d'argent pour développer des produits ou services pour des problèmes inexistantes ou qui résolvent des problèmes déjà résolus autrement (Griffin, 2012). Cependant, il faut retenir que les clients ont des besoins qu'ils ne soient pas capables d'exprimer (Ulwick, 2013) et ne sont pas capables de donner des directions vers l'innovation radicale (Griffin, 2012).
- Méthodes de créativité : les méthodes de créativités sont utilisées pour générer des idées, générer des solutions innovantes, imaginer les problèmes que le concept défini pourra rencontrer dans le monde réel, envisager les interactions entre l'utilisateur et le nouveau produit, etc. Entre autres, remue-méninge, remue-méninge écrit, TRIZ, la théorie C-K, flash fiction, personas, SCAMPER, analyse morphologique générale (GMA).
- La théorie C-K : elle permet la structuration et visualisation des concepts et connaissances pour le processus de conception. L'approche peut organiser les connaissances existantes en les enrichissant et les élargissant à travers les interactions des espaces C-K (Le Masson & McMahon, 2015). À partir d'un diagramme nous pouvons susciter l'expansion des concepts « C » (connus, atteignables et alternatifs) et ainsi expliciter les alternatives explorées et inexplorées (futurs) pour la conception de futurs artefacts (Le Masson & McMahon, 2015). De l'autre côté, l'espace K démontre le degré de robustesse de ces connaissances (validées, en cours d'apprentissage et manquantes) (Agogué et al., 2013). C'est une approche axée sur la créativité et les connaissances explicites, qui travaille la capacité d'étendre les dimensions de la conception innovante et voir représentées ses raisonnements. (Agogué et al., 2013; Le Masson & McMahon, 2015).
- Flash fiction : il s'agit de courtes histoires fictives élaborées dans des ateliers d'écriture créative (Wolf et al., 2018). Elles sont rédigées dans une courte période de temps (entre trois à cinq minutes) afin que les auteurs n'aient pas assez de temps pour bien rationaliser leur histoire (Wolf et al., 2018). Les auteurs se concentrent sur un sujet ou un conflit et un personnage, permettant de se concentrer sur des pensées personnelles, des énoncés et des

détails (Wolf et al., 2018). Ces ateliers créent un cadre pour un dialogue de génération d'idées et peut travailler l'imaginaire du futur (Wolf et al., 2018).

- Personas : la méthode des personas consiste à créer des représentations fictives des utilisateurs à partir de données réelles les concernant, telles que des études de marché, des entretiens, des données démographiques, etc. (Bornet & Brangier, 2013). Chaque persona représente un groupe d'utilisateurs ayant des caractéristiques et des besoins similaires (Bornet & Brangier, 2013). L'objectif de la méthode est de permettre aux concepteurs de comprendre le comportement dans des situations hypothétiques (y compris dans un futur hypothétique), les besoins et les préférences de ces personnages (Bornet & Brangier, 2013).
- Veille technologique: la veille technologique consiste à effectuer des recherches ciblées sur des industries, des entreprises ou des secteurs clés, afin de recueillir des informations stratégiques sur les concurrents et leurs innovations (Hodgson, Arman & Gindy, 2008; Delengaigne, 2012). En menant des recherches régulières dans divers domaines susceptibles d'interagir avec nos objectifs, nous pouvons découvrir de nouvelles opportunités de partenariats ou d'innovations, détecter des concurrents potentiels, identifier des domaines innovants ou nous inspirer de marchés connexes (Hodgson, Arman & Gindy, 2008; Delengaigne, 2012).
- *Technology Roadmapping* (TRM) : pour éviter des répétitions, il est sujet de la section 6.2.2 (*Strategic tools in the FE of NPD*).
- Impliquer des utilisateurs meneurs : les utilisateurs meneurs (section 2.1.2) sont à l'avant-garde de l'utilisation des nouveaux produits et de l'identification des besoins (Lilien et al., 2002). Ils sont connaisseurs des tendances et experts des produits, par rapport aux autres utilisateurs, et traitent les problèmes de nature produits/services de manière intensive (Lilien et al., 2002).
- Scénarios : ils sont le sujet de la section 2.2.3 (Scénarios) de ce chapitre et aussi de la section 5.2.2. (*Scenarios in design*).
- Ou bien d'autres méthodes : échelles d'utilisabilité, courbes d'évaluation UX, complétion de phrases, tri de cartes, *storyboarding*, maquettage, iconographie, gamification, design persuasif, techniques génératives, *experience maps*, *design studio*, cartes d'idéation, sondes culturelles, questionnaire exploratoire.

La plupart de ces méthodes sont utiles pour le futur à court terme, ils ne sont pas efficaces pour se projeter vers un avenir lointain (Wolf et al., 2018). Plusieurs auteurs discutent de l'importance de la science-fiction dans la conceptualisation du futur lointain (Bérard & Uhl, 2012; Gévart, 2018; Wolf et al., 2018), même si la plupart des mondes qu'elle imagine ne se réalisent pas. Ces œuvres représentent notre société et nos biais (Bérard & Uhl, 2012). L'utilisation de cette ressource peut être intéressante, par exemple, à travers la construction de méthodes telles que la *flash-fiction*. La science-fiction a aussi pour rôle de remettre en question certaines certitudes déjà établies, y compris la critique sociale et sortir de l'ordinaire (Bérard & Uhl, 2012). Cette réflexion nous amène aussi à penser à la manière dont nous voulons façonner l'avenir.

Comme vu dans la section 2.1.2 (Implication des divers participants dans le DNPS) et dans cette section, il y a une discussion dans la littérature sur la contribution des personnes (participants externes) dans le DNPS et l'exercice prospectif. Certains auteurs (Griffin, 2012; Ulwick, 2013) affirment que la contribution est limitée, tant en ce qui concerne la capacité des participants à se projeter dans le temps qu'à exprimer des besoins actuels (complexes ou non explicites). La critique de Wolf et al. (2018) va au-delà de l'apport humain : les méthodes ne permettent pas de sortir de l'ordinaire, d'imaginer un futur lointain, de provoquer des innovations radicales. Malgré toutes ces limites, il n'est pas réaliste d'ignorer ces méthodes et ces sources d'information. D'autres méthodes créatives, comme la *flash-fiction*, ou même des scénarios, peuvent stimuler la discussion et l'imagination. Après tout, l'avenir peut être envisagé dans une perspective socio constructiviste et il reflétera l'imagination de la société. Fuller et Loogma (2009) affirment que la prospective est « à la fois une construction sociale et un mécanisme de construction sociale ». Dans ce sens, nous voyons l'influence de l'art et de films comme « *Back to the future* » (Zemeckis, 1985), « *Minority report* » (Spielberg, 2002) ou « *Blade Runner* » (Scott, 1982) pour façonner l'avenir. Ces films ont « prédit » de nombreuses innovations avant l'heure, comme les tablettes, les téléphones intelligents, la transcription audio, etc. L'art est le résultat de l'imagination et des expériences des artistes et contribue à façonner l'imagination de la société. Le futur, d'un point de vue constructiviste, abrite ces sens, peurs, désirs et aspirations sociétales communes (Fuller & Loogma, 2009).

Alors si la science-fiction prévoit des choses qui n'arrivent pas et que la prospective ne prévoit pas tout ce qui arrive, laquelle faut-il choisir ? Eh bien à notre avis, il ne faut pas choisir. Ni l'une seulement, ni l'autre exclusivement, ou - comme disait l'adjudant - « les deux mon général ». Fuller et Loogma (2009).

2.2.2 Valeur du passé

L'analyse formelle du passé (études prospectives antérieures, suivi statistique, historique des ventes, etc.) peut être une source d'informations pour aider dans la prospection, mais sa valeur peut varier en fonction du contexte et des conditions dans lesquelles les prévisions sont faites (Bendor, Eriksson & Pargman, 2021). Par exemple, dans certains domaines, tels que la finance et l'économie, les données historiques et les tendances passées peuvent fournir des indications utiles sur les performances futures (Bezdek & Wendling, 2002; Shami et al. 2015). Toutefois, dans le contexte du DNPS, dans les domaines où le changement est rapide et perturbateur, comme la technologie et l'innovation, le passé ne doit pas être la seule source d'information sur l'avenir (Cooper, 2011; Kahn, 2012).

Nous analysons le passé pour comprendre le rythme et le modèle des changements passés, les scénarios qui ne se sont pas concrétisés, ainsi que ceux qui l'ont été (Bezdek & Wendling, 2002). D'une manière tacite, le passé est intrinsèquement lié à l'étude de l'avenir (Nathan, 2004). Après tout, comme le dit List (2004), « nous avons un présent commun, qui découle de notre passé commun ». Nous ne pouvons pas dissocier le passé de l'étude de futur (Sandford, 2019). En outre, les scénarios prospectifs développés ne se produisent pas sur une tabula rasa, les interprétations du passé jouent un rôle clé dans la formation des hypothèses sur l'avenir, les structures et le modus operandi (Bendor, Eriksson & Pargman, 2021). Nous (chercheurs, parties prenantes) nous appuyons sur nos souvenirs, nos expériences et nos modèles et c'est là que réside la valeur du passé dans ce type d'étude.

2.2.3 Ergonomie prospective

L'ergonomie peut, à la lumière du XXI^e siècle, être divisée en trois branches (Brangier & Robert, 2010) : l'ergonomie corrective, l'ergonomie de conception et l'ergonomie prospective.

L'ergonomie corrective est utilisée pour modifier et améliorer les conditions existantes, suite à l'identification d'un problème par un intermédiaire qui s'adresse ensuite à l'ergonome. Ce type d'intervention remonte à l'origine de l'ergonomie et a pour but la correction du problème pour corriger l'erreur d'un système déjà en opération (Robert & Brangier, 2009; Brangier & Robert, 2010; 2014).

L'ergonomie de conception est la branche caractérisée par la participation active de l'ergonome à la conception. Le professionnel de l'ergonomie applique les principes ergonomiques pour prévenir les dangers et promouvoir la performance humaine et (Robert & Brangier, 2009; Brangier & Robert, 2010; 2014). Dans l'ergonomie de conception, l'ergonome fait partie de l'équipe de conception et ses connaissances en matière de facteurs humains sont utilisées pour répondre aux exigences de la conception.

L'ergonomie prospective, créée par Robert et Brangier (2009), est récente dans l'évolution de l'ergonomie, c'est la branche qui s'intéresse à l'anticipation des besoins pour la conception de produits et services qui conduiront à de nouveaux usages dans un monde en mutation. Elle suit une approche multidisciplinaire, conçue pour soutenir l'anticipation des nouveaux besoins. Elle s'appuie sur des méthodes centrées sur l'humain pour travailler sur la prospection et l'innovation (Brangier & Robert, 2014).

Le Tableau 2.2 nous permet de comparer les trois branches de l'ergonomie sur plusieurs points : la temporalité du travail ergonomique, la nature du travail, l'objectif principal, le but de la collecte de données et la nature de l'intervention ergonomique.

Tableau 2.2 : Comparaison entre l'ergonomie corrective, de conception et prospective. Robert, J. M. et Brangier (2009)

	Ergonomie corrective	Ergonomie de conception	Ergonomie prospective
Temporalité	Passé	Présent	Futur
Nature du travail	Correction	Design/conception	Anticipation
Objectif principal	Le problème à corriger	La conception de l'artefact	Besoins et activités à définir
But de la collecte de données	Les causes de la perte telles que les accidents, les incidents, les erreurs, les surcharges, etc.	Réponses des utilisateurs aux prototypes et aux simulations	Les plaintes, les besoins, les attentes et les réponses des gens aux simulations
Nature de l'intervention	Réactive	Active	Anticipatoire

L'ergonomie prospective se concentre sur l'anticipation, la définition et la validation des futurs besoins et usages humains afin de créer de futurs produits, processus ou services. Cette anticipation est basée sur l'analyse de plusieurs facteurs et données et en utilisant des techniques d'ergonomie prospective (Robert & Brangier, 2009). L'innovation est ici au centre de cette

méthodologie, qui est clairement centrée sur l'humain, puisque les utilisateurs font partie du développement et de l'exploration par le biais d'entretiens, de tests d'utilisabilité, d'analyses ergonomiques et d'évaluations de la performance, de la satisfaction, etc. (Robert & Brangier, 2009).

L'ergonomie prospective hérite de toutes les connaissances et méthodes de l'ergonomie traditionnelle, ce qui implique une adaptation des méthodes dès lors que les projets sont orientés vers le futur (Brangier & Robert, 2010; Robert & Brangier, 2019).

Robert et Brangier (2009) exposent le potentiel de l'ergonomie prospective en tant que nouveau domaine et soulignent la nécessité et l'importance de développer un « nouveau corpus de connaissances pour la formation et la pratique ». Ils identifient également ce qu'ils considèrent comme les prochaines étapes pour la mise en œuvre de l'ergonomie prospective.

- 1) Passer à l'action avec l'EP et fournir des preuves empiriques de résultats significatifs de l'EP en créant des artefacts innovants qui ont du succès sur le marché.
- 2) Continuer à apprendre des disciplines établies telles que la conception et l'ingénierie qui ont toujours été impliquées dans la conception et le développement de produits innovants, ainsi que du marketing qui se concentre également sur les besoins des clients et les nouveaux artefacts, tout en assurant l'originalité et la qualité.
- 3) Construire et tester un programme de formation sur l'EP (ou la prospective en général) afin de mieux préparer les ergonomes et autres professionnels pour l'avenir ; à notre avis, un tel programme devrait inclure des unités de formation sur la créativité, la prospective, la démographie, la veille technologique, le marketing, la gestion.
- 4) Documenter l'impact de l'EP sur la pratique professionnelle de l'ergonomie.

La nécessité de développer une ergonomie prospective et aussi de contribuer à sa maturation est très imbriquée avec la réalité de nombreuses entreprises qui ont beaucoup de difficultés à s'adapter aux changements technologiques, à prospecter pour concevoir et qui veulent construire et être préparées pour l'avenir (Robert & Brangier, 2012). Ces entreprises ont également des difficultés à proposer des produits et services innovants qui tiennent compte de l'évolution des besoins des consommateurs (Arruda, Rossi & Savaget, 2009).

Pour contribuer au développement de l'ergonomie prospective, nous pouvons rechercher la pertinence des méthodes et des outils parmi les disciplines de conception et chercher à les impliquer à des fins d'exploration (Robert & Brangier, 2019). L'ergonomie et les facteurs humains apporteront naturellement une grande quantité de connaissances et de pratiques à l'EP et l'emploi et l'adaptation

de ces connaissances permettront de faire progresser l'EP. La littérature discute de la nécessité d'évaluer cette approximation dans des contextes industriels réels et aussi que ce processus bénéficierait sans aucun doute de la collecte de connaissances dans les premières étapes de la conception. Ceci peut être réalisé par des collaborations entre l'ergonomie et d'autres disciplines (Nelson et al., 2012; Robert & Brangier, 2009).

2.2.4 Scénarios prospectifs

L'idée d'imaginer comment une ou plusieurs tendances se comporteront dans le futur n'est pas nouvelle. Les scénarios sont apparus surtout pendant les guerres mondiales comme un outil pour imaginer et se préparer aux possibilités d'actions que l'ennemi pourrait adopter (Bradfield, et al., 2005). Avec le temps, les scénarios ont été adoptés par l'industrie et les disciplines de gestion (Bradfield et al., 2005).

Le terme « scénario », comme nous pouvions s'y attendre, n'a pas de définition commune à toutes ces disciplines. Il s'agit généralement de représentations de situations (passées, présentes ou futures) (Chermack, 2004; Rasmussen, 2008). Le design a développé cet outil de plusieurs manières pour travailler sur la créativité, l'identification d'idées et les tests entre utilisateurs ou professionnels (Rosson & Carroll, 2007; Nelson, 2011). Pour plus de détails sur les types de scénarios et leur utilisation dans la conception, voir la section 5.2.2 sur les scénarios dans la conception.

Les scénarios prospectifs sont des projections futures représentées par des scénarios (Oliveira et al., 2018). Comme indiqué précédemment dans le chapitre d'introduction, ils ont gagné en notoriété au cours de la dernière décennie en raison du changement climatique et des avancées technologiques majeures. En général, plusieurs disciplines travaillent avec l'extrapolation d'une ou plusieurs tendances et travaillent avec les conséquences imaginaires qu'un tel conditionnement futur pourrait causer dans leurs systèmes. Le mode prospectif des scénarios en conception, comme outil stratégique prospectif, est moins abordé. En sciences sociales, ils sont souvent appelés simplement « scénarios » ou « planification par scénarios » (Godet, 2000; Durance et Godet, 2010). Ils travaillent sur l'imagerie du futur à travers l'identification et la classification du comportement de plusieurs tendances ou variables, en construisant des hypothèses basées sur les probabilités de leur perturbation (Godet, 2000).

La planification par scénario en sciences sociales utilise généralement au moins deux facteurs incertains ou tendances pour créer un scénario (Amer, Daim & Jetter, 2013). En d'autres termes, les scénarios partiels sont généralement générés à partir d'une perspective technologique, d'une question principale, d'un positionnement industriel, d'un moteur de marché, d'une incertitude ou d'un problème, etc. Bien que nous soyons conscients de l'existence de tels scénarios partiels, qui exigent des validations différentes et peuvent jouer des rôles différents dans le processus de développement, nous avons choisi de travailler avec des scénarios plus complets en termes de dimensions pour l'innovation amont, comme expliqué dans la section 1.5.

Cependant, pour la création de produits futurs, les scénarios prospectifs habituels ne suffisent pas. Les concepteurs doivent travailler sur l'imaginaire des conséquences de diverses tendances et contraintes de différentes natures (technologiques, démographiques, politiques, etc.), ainsi que sur le déploiement des besoins futurs (Vivian et al., 2015; Hussain, Tapinos & Knight, 2017; Vettorello et al., 2022). La création de ces scénarios reste un défi, tout comme la collecte d'informations cohérentes sur lesquelles ils peuvent être basés.

Même après la création de scénarios prospectifs, d'autres défis persistent, comme leur validation. Évidemment, le caractère futuriste des scénarios prospectifs empêche leur validation ultime, qui serait de les voir se réaliser. Afin de tenter de minimiser ce problème, certains auteurs ont cherché à établir des critères de validation, qui sont présentés dans le dernier article de cette thèse (chapitre 6).

CHAPITRE 3 MÉTHODOLOGIE

Ce chapitre décrit la méthodologie de recherche utilisée pour répondre aux questions et objectifs de la recherche.

3.1 Méthodologie de recherche

Cette étude est menée dans le cadre d'une recherche exploratoire – dans le but de découvrir de nouvelles perspectives du domaine abordé; dans ce cas précis, il s'agit d'explorer de nouveaux aspects théoriques qui n'ont pas encore été suffisamment étudiés par la littérature - et appliquée – consistant à la mise en pratique des connaissances théoriques à des problèmes du monde réel. L'étude incorpore principalement des méthodes qualitatives pour traiter le problème en question et proposer des solutions.

Nous nous basons sur la recherche en design (Design Research Methodology – DRM) comme méthodologie. Cette méthodologie fournit le cadre nécessaire à la recherche en design (Calderon, 2010). Elle englobe, entre autres, les bases de la pensée en design et du processus itératif. La DRM utilise l'itération pour développer et affiner la conception de l'artefact au fil du temps, sur la base des idées et du retour d'information obtenus aux différents stades de la recherche (Calderon, 2010). Ce processus itératif s'aligne sur les thèmes abordés dans la littérature (sections 2.1 et 2.1.1). DRM est largement acceptée dans les disciplines de conception comme un moyen de développer des nouveaux modèles, méthodes et outils pour résoudre des problèmes réels ou faire progresser l'application des connaissances. La DRM se caractérise par le fait qu'elle se concentre sur la résolution de questions spécifiques, qu'ils soient de nature académique ou organisationnelle (Dresch et al., 2015). L'objectif principal de cette approche est de développer une solution satisfaisante pour la situation donnée, même si elle n'est pas optimale (Dresch et al., 2015). L'utilisation de la DRM a permis des progrès rapides et constants dans les sciences de l'ingénieur et du design (Mevellec, 2017).

Cette étude s'appuie donc sur le modèle de la DRM, qui suit une approche itérative et incrémentale de conception. L'ensemble de la méthodologie passe par une compréhension approfondie des besoins et des problèmes, qui sont perçus et définis par le chercheur. Ensuite, des

solutions potentielles (ou artefacts¹) sont proposées à partir de la base de connaissances existantes, qui comprend des concepts, des théories, des cadres, des méthodes et des modèles, ainsi que des méthodologies de recherche pertinentes. Des processus d'applications sont mis en œuvre pour évaluer la fonctionnalité de l'approche proposée. Les questions ou les domaines qui nécessitent des recherches futures sont documentés sous forme de recommandations pour une étude plus approfondie, qui seront incorporées dans un nouveau cycle de conception.

3.2 Étapes méthodologiques

Les étapes de recherche sont basées sur le cadre théorique proposée par Blessing et Chakrabarti (2009) (Figure 3.1), pour les recherches de DRM. Elle comporte des cycles de quatre étapes principales : clarification de la recherche, étude descriptive I, étude prescriptive et étude descriptive II.

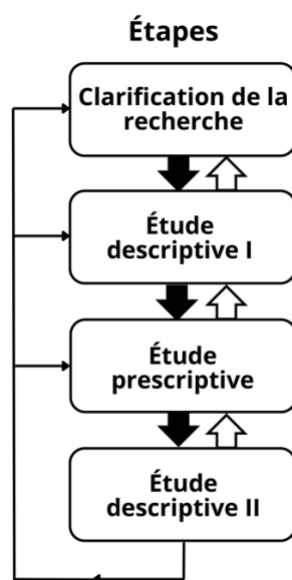


Figure 3.1 : Cadre théorique DRM : étapes. Adapté Blessing et Chakrabarti (2009).

Dans la première étape du processus de recherche, appelée la clarification de la recherche, le chercheur commence par identifier et comprendre le problème à résoudre. Cette étape est cruciale

¹ Le terme 'artefact' englobe les connaissances, méthodes, les cadres théoriques, les modèles de référence, etc. Appelé également dans la littérature de support ou soutien à la conception (*design support*).

pour élaborer un plan de recherche global clair et réaliste. Le chercheur doit déterminer les objectifs, l'objet de la recherche, les problèmes, les questions et les hypothèses pour développer des modèles de référence et d'impact initiaux. Cette étape est fondamentale car elle permet de poser les bases pour les étapes suivantes du processus de recherche.

Ensuite, la deuxième étape, l'étude descriptive I, consiste à approfondir l'identification et la clarification des facteurs qui influencent la réussite de la recherche, en fournissant une base pour le développement efficace de l'artefact. Le processus de recherche implique généralement une analyse documentaire approfondie et la réalisation d'une ou plusieurs études empiriques. Les études empiriques sont généralement entreprises lorsque l'analyse documentaire révèle une lacune dans les connaissances sur le sujet choisi ou lorsque des liens cruciaux sont identifiés dans les références initiales. Dans cette étape, le chercheur démontrera la pertinence du sujet de recherche, décrira la situation existante, mettra en évidence les problèmes et les premières implications des résultats pour le développement de l'artefact et/ou pour l'évaluation du soutien existant.

À la troisième étape, l'étude prescriptive, le chercheur propose des solutions potentielles au problème grâce à une combinaison de la créativité et des connaissances préalables, visant le développement efficace de l'artefact. Cette étape permet une approche plus systématique pour développer l'artefact dans un projet de recherche, en utilisant des données empiriques pour comprendre la distinction entre le soutien envisagé et le soutien réel développé.

Enfin, lors de la quatrième étape, l'étude descriptive II, le chercheur choisit les outils et les méthodes pour évaluer et analyser l'adéquation de la proposition développée, les résultats obtenus ainsi que leur utilité. Nous appliquons souvent l'artefact dans des contextes réels pour vérifier la cohérence (chaque partie est traitée avec un niveau de détail approprié), l'exhaustivité (chaque fonction censée être prise en compte par le support l'est effectivement) et le bon fonctionnement global de l'artefact. Ces études empiriques permettent d'évaluer l'application et l'impact de l'artefact qui a été développé. Enfin, des conclusions sont tirées et des recherches futures ainsi que des améliorations supplémentaires sont proposées.

Toutefois, si la proposition ne répond pas aux exigences de la recherche pendant la phase de développement ou d'évaluation, le chercheur peut retourner à la première étape pour mieux comprendre le problème et reprendre le processus de recherche. L'application de cette méthode permet de générer de nouvelles perspectives pour les chercheurs et les personnes ayant accès à

leurs recherches. Dans certains cas, le chercheur peut réaliser que sa compréhension initiale du problème était insuffisante et que l'artefact développé n'est pas satisfaisant. Cette prise de conscience déclenche un redémarrage du cycle de conception et met en évidence les lacunes de la théorie qui doivent être comblées pour éviter la création de solutions inadaptées à l'avenir.

Ce processus conduit souvent à une réévaluation des théories et des hypothèses existantes. Finalement, la conclusion à laquelle nous parvenons permet de mieux comprendre le problème initial et les objectifs de la recherche.

Globalement, pour répondre aux questions de recherche, nous mettrons en œuvre les activités ci-dessus, en créant une approche, en cherchant à la valider avec les parties prenantes et en suggérant des travaux futurs.

3.3 Étapes de la recherche

Cette section examine les étapes de la recherche par rapport aux quatre étapes de la DRM et présente leurs objectifs et leurs principaux livrables (Figure 3.2).

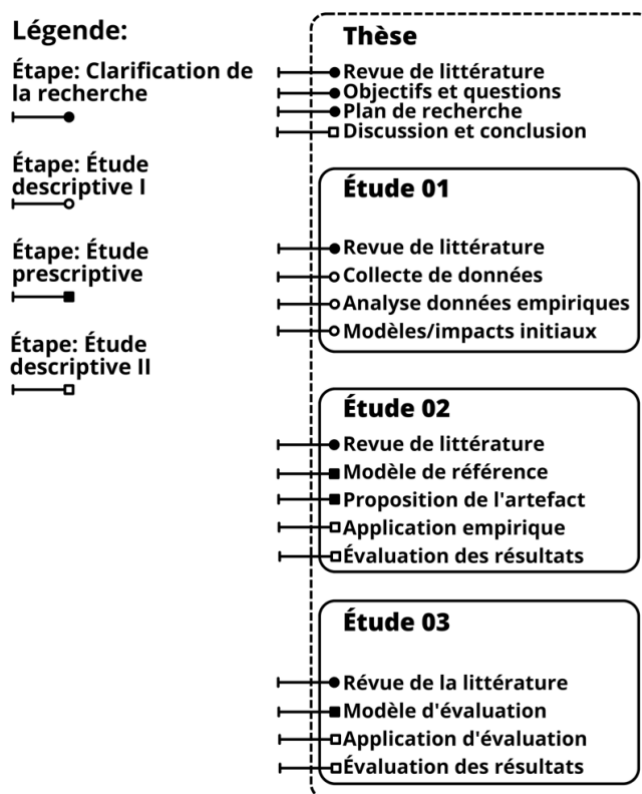


Figure 3.2 : Relation entre les étapes DRM et la recherche.

Clarification de la recherche

Cette recherche commence alors par une revue de littérature sur la prospection (problèmes, outils et évolution), le DNPS, l'ergonomie prospective (et les disciplines qui rentrent dans la discussion de la prospection) et, plus tard, les scénarios prospectifs (voir chapitre 2 Revue de littérature). À partir de cette revue, nous identifions la difficulté de la prospection adaptée au DNPS, ainsi que la complexité de scénarios prospectifs. Ainsi, nous acquérons une première compréhension du problème, établit les questions et objectifs de recherche (voir chapitre 1 Introduction).

Lors de l'examen de synthèse (étape du parcours doctoral), nous construisons et définissons un plan de recherche global et un calendrier. Cela inclut partager la thèse en trois études résultantes en trois articles scientifiques. La première étude consiste en un premier essai de collecte de données empiriques et une compréhension plus approfondie du problème (compatible à l'étape 2 du DRM). La deuxième étude consiste en la construction et proposition d'une approche de création de scénarios prospectifs (compatible à l'étape 3 du DRM). Finalement, la dernière étude consiste en l'évaluation de l'approche et ses résultats (compatible à l'étape 4 du DRM).

Notez que d'autres revues de littérature ont été menées tout au long de la recherche, notamment pendant chaque étude. En particulier, pour la dernière phase de recherche d'évaluation, nous avons identifié dans la littérature des lacunes concernant la validation des scénarios prospectifs, ce qui est devenu l'un des objectifs spécifiques de la thèse. Ainsi, la revue de littérature sur la validation de ces scénarios remplit également le rôle de clarification de la recherche (étape 1 du DRM).

Étude descriptive I – approfondissement de la problématique

Il s'agit d'approfondir les modèles de référence, collecter et analyser des données (surtout empiriques) et des impacts initiaux en utilisant la littérature pertinente pour identifier l'état de l'art en ce qui concerne les problèmes déjà résolus et ceux qui restent à résoudre.

Pendant deux mois en 2019, l'auteur de cette thèse a occupé un poste à temps partiel en tant que caissier dans une station-service au Québec. Cette expérience a permis à l'auteur d'acquérir une connaissance de première main des opérations quotidiennes, des procédures, de la culture et des interactions entre les différentes parties prenantes au sein de la station-service.

On a également réalisé plusieurs collectes de données empiriques dans une première tentative de se plonger dans la recherche de données prospectives et de se familiariser avec les différents outils proposés par la littérature de divers domaines, en particulier les sciences sociales.

Cette première étude prouve la pertinence de l'objet de recherche choisi comme cas d'application, les stations-service. Cette étape de la recherche est principalement décrite dans l'article 1 (chapitre 4).

Étude prescriptive – proposition de solutions

Dans cette étape de proposition de solutions pour les problèmes identifiés, nous développons et proposons une approche multidisciplinaire pour la création de scénarios prospectifs. Cette approche s'inspire de la logique de planification de scénarios issue des sciences de gestion, combinée aux meilleures pratiques de reconnaissance et de sélection d'opportunités issues des sciences de la conception. Cette étape de la recherche est décrite dans l'article 2 (chapitre 5).

Une autre partie de la proposition s'est achevée dans la troisième étude, qui porte sur la validation des scénarios prospectifs. Nous proposons des activités visant à valider ces scénarios et à les intégrer dans des outils de gestion de l'innovation. Nous nous inspirons des critères des sciences sociales et de leur adéquation avec les stratégies de DNPS. Cette étape de la recherche est décrite dans l'article 3 (chapitre 6).

Étude descriptive II - évaluation

Cette étape de la recherche traite de l'évaluation de l'artefact. La littérature du DRM suggère deux types d'évaluation : « l'évaluation de l'application et l'évaluation de la réussite. L'évaluation de l'application se concentre sur la facilité d'utilisation et l'applicabilité, tandis que l'évaluation de la réussite vise à déterminer si l'artefact a l'impact escompté » (Blessing & Chakrabarti, 2009).

Pour ce faire, nous impliquons l'approche développée dans un cas réel (article 2 - chapitre 5) et essayons de valider les scénarios résultants, y compris par la participation et l'évaluation d'experts (article 3 - chapitre 6). De plus, l'évaluation de l'artefact est discutée dans les chapitres 7 (Discussion) et 8 (Conclusion) de la thèse, où nous établissons les résultats de l'artefact, s'il remplit son rôle, ses bénéfices et limitations, ainsi que les opportunités d'amélioration.

3.4 Certification d'éthique

Une demande de certification éthique a été créée et approuvée par le Comité d'éthique de la recherche impliquant des êtres humains de Polytechnique Montréal (CER-2021-33-D). Le certificat, accordé en décembre 2021, couvre toutes les interactions avec des êtres humains qui ont eu lieu au cours de la recherche.

CHAPITRE 4 ARTICLE 1 : CAPTURING FUTURE TRENDS IN CUSTOMER NEEDS FOR THE DESIGN OF NEXT-GENERATION GAS STATION SERVICES

Ce chapitre présente le premier article d'une série de trois articles. L'article de ce chapitre a été écrit en collaboration avec le professeur Fabiano Armellini et le professeur Jean-Marc Robert, accepté en décembre 2020, après un processus d'évaluation par les pairs en double aveugle. Le travail a été accepté pour une publication et une présentation au congrès de l'International Ergonomics Association (IEA) à Vancouver, Canada. Bien que la conférence ait été initialement prévue en présentiel, elle s'est finalement déroulée en ligne en raison de la pandémie COVID-19. Le congrès IEA est l'un des plus importants dans le domaine de l'ergonomie. L'article a été publié en juin 2021 dans les Proceedings par l'éditeur Springer, indexé dans la base Scopus. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74602-5_106

La première contribution réside dans l'insertion du débat sur la branche de la discipline ergonomique, l'ergonomie prospective, comme une autre discipline qui entre récemment dans la discussion de la prospection. Cette discipline est passée d'un rôle d'associée à celui de principale dans la construction de nouveaux projets. Pour cela, il est nécessaire de développer et d'adapter des méthodes et des outils. Nous abordons plusieurs outils pour la recherche de données empiriques importantes pour l'exercice de prospective, dans une première tentative de collecte de données pour la création de scénarios prospectifs. Enfin, cet article démontre également l'importance de l'objet d'étude choisi, à savoir les stations-service. Les données présentées démontrent que les habitudes de consommation des consommateurs évoluent, ainsi que diverses technologies, politiques publiques, entre autres facteurs. Ces éléments promettent d'avoir un impact sur les stations-service du futur et rendent l'objet d'étude choisi pertinent.

Capturing Future Trends in Customer Needs for the Design of Next-Generation Gas Station Services.

Auteurs : Joao Gabriel Alves Ribeiro Rosa, Fabiano Armellini, Jean-Marc Robert

Publié aux Proceedings of the 21st Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2021). Lecture Notes in Networks and Systems, vol 219. Springer, Cham. Scopus index.

Soumis le 16 octobre 2020. Accepté le 4 décembre 2020. Publié en juin 2021.

Résumé : Cet article présente l'approche de collecte de données qui a été suivie dans la phase initiale d'un projet d'ergonomie prospective sur la conception des futures stations de service en Amérique du Nord. La collecte de données a impliqué différents intervenants et a consisté en une revue de documents techniques, des observations sur le terrain, des analyses de tâches et des analyses PESTEL. Les résultats montrent quelques statistiques sur l'évolution des sources d'énergie pour les véhicules et sur la diversité des services offerts dans les stations-service au Canada. Ils mettent également en évidence certaines tendances politiques, sociales et technologiques à prendre en compte lors de l'élaboration de scénarios de conception pour les futures stations-service.

Mots clés : Ergonomie prospective - Développement de nouveaux produits - Méthodes - Future station de service

4.1 Introduction

Design disciplines interested in the future seek to anticipate upcoming changes which are likely to be at the origin of future user needs and expectations, and determine the success of future products, services and processes. Prospecting and foresight have been repeatedly employed in New Product Development (NPD) to capture forthcoming trends for customer needs, technology capabilities, and society's evolution. Their results often lead to the construction of scenarios which have proven to be essential to support decision-making. These scenarios mobilize the imagination about the future through the identification and integration of variables and the construction of hypotheses that have a high probability of impact, be it positive or negative (Godet, 1985). Nevertheless, forecasting and scenario building are a challenging task since they require a constant search for rich, reliable, and recent information from different sources. In addition, taking into account the ecosystem of the artefact to come is complex because it is broad, multifaceted, and with ill-defined boundaries (Adner, 2006).

The new branch of Prospective Ergonomics (PE), which is about the design of future things, promises to be useful in our project about the future. It concerns the detection and definition of current and future needs in order to design future products, services, processes or systems that will fulfill these needs (Brangier & Robert, 2014). It focuses on all aspects of ergonomics/human factors (e.g., performance, security, accessibility, emotions, satisfaction, user experience, aesthetics), follows a user-centered design approach, and puts emphasis on the development of prototypes for simulation and tests with different stakeholders (Robert & Brangier, 2009). Because PE is recent, case studies are still needed to show the approaches and methods in use, and the results obtained in real contexts.

This paper presents the data collection approach that was followed in the initial phase of a PE project on the design of future gas stations in North America. It is part of an ongoing research project whose objectives are twofold: provide empirical evidence on a PE field project with its approach, methods, and results, and help designers in their decisions for the design of future service stations. These stations are likely to undergo major changes in the coming years due to the environmental movement, the changes of energy sources in transportation, and the consumption trends of young generations. Furthermore, this multimillion-dollar business which is looking to have long-lasting facilities (40, 50, 75 years), and is facing high costs of construction and

operations and tough competition in the market, seems aware of the importance of doing good design for the future. For this project, we are discussing with experts of different disciplines (engineering, design, human factors/ergonomics, computer science, management) and working in collaboration with a company in the oil industry which operates a network of service stations across Canada. Together, we aim at defining the foundations of service stations for the next 30 years.

4.2 Methodology

The methodology used for this project comes from two main disciplines: NPD and PE. It consisted of the following activities:

1) *Review of technical documents*. We reviewed various documents from government authorities (e.g., Ministry of Transport, control agencies) to know the safety rules governing the operation of service stations in a country. Gasoline and diesel are hazardous products from which the public, employees, suppliers of goods and services, and the environment must be protected.

2) *Field observation*. In 2019, the first author of this paper worked part-time as a cashier during two months in a gas station in Canada. This allowed him to observe what was going in a gas station on a daily basis, and learn about the procedures, culture, and the interactions between different stakeholders: owner, customers, employees, suppliers of goods and services, control agencies. So we had a better understanding of the practices, needs and expectations of each stakeholder, and could take them into account in our discussions on future gas stations.

3) *Task analyses*. We analyzed the activities performed by employees, customers, and suppliers of goods and services in gas stations. This allowed us to identify key elements that were likely to be affected by the changes to come (e.g., accessibility, security, hygiene, payment mode). These elements have been classified in three categories: decrease, be stable, increase. This helped us to make projections for the future of these activities.

4) *PESTEL analyses*. This acronym stands for Political, Economic, Societal, Technological, Environmental and Legal. We examined trends and data from different domains at the macro level to have an overview of what is happening in the world. We explored more carefully the information that seemed relevant for future gas stations. To this end, we carried out a PESTEL analysis, a long-established method in the fields of NPD and innovation. It offers a structure for the search of elements that affects our world. We examined data provided by statistical agencies, government

departments and international organizations, and trend reports issued by different research companies. We reviewed patents and applications in the database of intellectual property offices, and other documents from regulatory agencies, multinational coalitions, newspapers and publications.

5) *Meet the experts.* We met with experts of diverse disciplines to discuss the impacts of different elements on future gas stations and to define the contents of prospective scenarios.

4.3 Results

Safety requirements. Several safety requirements and restrictions imposed the government and city authorities apply to service stations for obvious reasons: vehicle fuel is a highly flammable product that is dangerous for people and damaging the environment, and several people (including smokers) and vehicles are on the move near the fuel pumps. Since it can be expected that service stations will continue to sell gasoline for another 10, 15, 20 years, these safety requirements will persist. Scenarios about future service stations must take them into account.

Diversity of service stations. Major differences exist between stations in terms of location (in the country, in a small vs. large city, along a highway), size, and diversity of products and services offered. They commonly offer three basic types of products and services: (1) products for vehicles (gas/diesel, oil, windshield washer fluid), (2) foods and drinks, and (3) tire inflation machine. In addition, they might also provide a large number of goods and services such as a car wash, lottery tickets, ice, firewood, catering services, rest areas, parking lots, etc. This explains why gas stations tend to be renamed service station. Depending on their characteristics, they may represent a break time or milestone point for travelers and drivers. It is logical to think that this will continue in the future.

Different stakeholders. Depending on who participate in discussions on future service stations (owner, franchisee, employees, customers, suppliers of goods and services, experts from various fields) different points of view and priorities emerge, and different scenario components are highlighted. This confirms the relevance of involving various actors and stakeholders in the design to cover as many issues as possible. Scenarios will seek to integrate these different perspectives. Note that they are not an end, they are a support to discussions between different actors and stakeholders.

PESTEL analysis. Political trends. The main political trends to take into account are the decisions made by different countries following the Paris Pact (2015) and the European Green Deal (2019). Several countries committed to a plan that will strongly modulate the world. In Canada, policies such as “Carbon Pricing” have been expanded over the past five years. Alberta, British-Colombia and Quebec stand out as the three provinces that meet the federal benchmark and will continue to implement their existing carbon pricing initiatives (World Bank Group, 2019). In 2019, there were “57 carbon pricing initiatives around the world implemented or scheduled to implementation” (World Bank Group, 2019). Other policies for a more environmentally friendly society are already being implemented as many countries (including Canada) have recently decided to ban the sale of new gasoline-powered vehicles in 2030, as we move to net-zero emissions by 2050. Canada’s Energy Regulator projected in the publication “Canada’s energy future 2018: Energy Supply and Demand Projections to 2040” that the percentage of sales of electric vehicles would account for 16% of the total, following a “reference case”, and 64% in the “technology case” (National Energy Board, 2018). The “technology case” makes the assumption that a global shift towards low carbon energy technologies would take place (National Energy Board, 2018). Now (2021), less than three years after that projection, the growing policies (of which the ban on new gasoline-powered vehicles stands out) reach higher expectations than those represented in 64% of the number of electric cars for 2040.

PESTEL analysis - Social trends. The agenda and measures for a sustainable society are shaping the consumption habits of the population. Communities will value more respect for ecosystem, recycling, local purchasing, and quality food. We can see a change in consumption patterns in the registration of motor vehicles by fuel type in Canada (Tableau 4.1). Over the past five years, we have seen a staggering 290% growth in electric and hybrid-electric car registrations in Canada (Statistics Canada, 2019). The province of Québec stands out since in the first and second quarters of 2020, new vehicles with zero emissions represented 6.8% of total new vehicle registrations in the province (Statistics Canada, 2020). In Canada, this figure reached 3,5% (Statistics Canada, 2020).

Tableau 4.1 : Evolution of the number of cars sold and propelled by different types of energy in Canada from 2015 to 2019. Growth percentages are those compared to the previous year (y/y growth).

Type of energy	2015	2016	2017	2018	2019
Gasoline	1 776 345	+2,21%	+6,02%	-4,49%	-3,36%
Diesel	85 635	-16,83%	-8,15%	+8,33%	-16,60%
Battery electric	4 151	+20%	+78,77%	+152,70%	+57,57%
Hybrid electric	17 309	+25%	+5,11%	+54,84%	+8,58%
Plugin hybrid electric	2 737	+156,44%	+62,48%	+85,10%	-2,22%

Today in Canada, there are 12 369 service stations that sell petroleum products with an average revenue of 1.6 million Canadian dollars. The number of gas stations has been slightly decreasing over the years while the annual sales volume has been slightly increasing. Ontario, Quebec and Alberta are the three provinces with the highest concentration of gasoline stations. We can see as an example the evolution of the number of establishments and the sales volume in Québec in Tableau 4.2. Experts working in the field reported the objective of having more efficient and strategically superior gas stations in relation to location, business model and services offered. Ranging from 0,7 to 1,5 million Canadian dollars to build a station and over 100,000 Canadian dollars to invest in a franchise, service stations represent a changing multibillion-dollar market. The business model has been reassessed and adjusted over the years. In less than two decades, the logic surrounding the work of gas station attendant has changed to “do it yourself”, due to technological advances and the search for cost savings.

Tableau 4.2 : Evolution of the number of establishments and sales volume in Québec (1997 - 2019).

Years	Gas stations		Annual sales volume (millions of liters)	
	Number	Variation (%)	Total	Variation (%)
1997	5059		7565	
2010	2985	-41,00	8585	13,49
2013	2895	-3,02	8549	-0,42
2016	2876	-0,66	8797	2,89
2019	2821	-1,91	9103	3,49

Characteristics of gas stations. For the years 2016 and 2019, Figure 4.1 shows the characteristics of gas stations in Quebec, and important changes in the business model (Régie de l'Énergie Québec, 2017; Régie de l'énergie Québec, 2020). Next to the high percentages of convenience stores and self-services that stand out, we see the emergence of electric vehicles (EV) charging points and autonomous stations that in the last analysis (2013-2016) had no significant presence and were placed in the same group as gas bar.

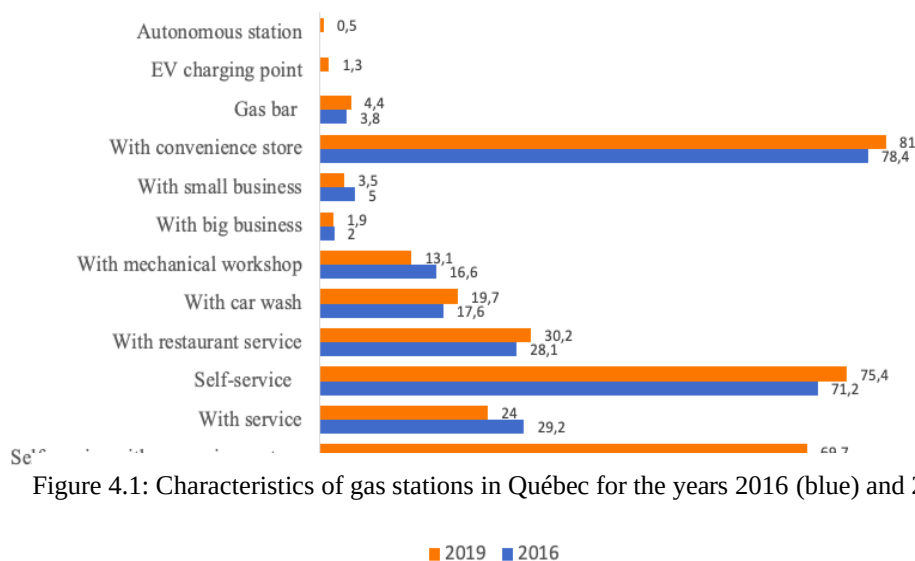


Figure 4.1: Characteristics of gas stations in Québec for the years 2016 (blue) and 2019 (orange).

Impacts of the COVID-19. Following the COVID-19 pandemic, two main trends are expected to stay: 1) the concern for hygiene will remain a priority for a while and reinforce the model of human interactions without direct face-to-face presence; 2) the cashless mode of payment will be adopted more and more, to the point of becoming practically the only method of payment in use.

Technology. Preliminary results indicate that the Internet of Things (IoT) (Rosemann, 2014) and the connection of people and objects will play an important role in future service stations. Scenarios have been designed in which the current logic of service stations is completely remodeled. As an example, the change of energy consumption of electric vehicles is only the tip of the iceberg when R&D centers are intensifying their works on battery capacity for more vehicle autonomy. Other trends, such as autonomous vehicles (Mallozzi et al., 2019), and more recently flying cars (Yu et al., 2016), are the greatest threats to disturb the current situation. Their venue could lead to erasing current station services or, more likely, to redesign areas for self-programmed vehicles (potentially during the night) for a series of services such as preventive or corrective maintenance, tire inflation, and recharging. Such changes would lead to a major disruption with respect to the current situation.

Other scenarios where Artificial Intelligence plays a different role than the one described above were also developed. Intelligent virtual assistants could guide us before and during the recharge of the vehicle. Associated with augmented reality (another trend), they can provide an interactive experience when the client's presence is necessary or casual (e.g., Travel). Within these scenarios, companies have numerous opportunities for action, including, but not limited to, gamification, advertising enhancement, reinforcement of customer loyalty, and other strategies.

4.4 Conclusion

Data collection is an ongoing activity throughout a complex project such as the design of future and long-lasting service stations. In this paper we presented the data collection that was followed in the initial phase of the PE design project; different stakeholders were involved with their practices, needs and expectations, and statistical findings and social trends were highlighted in order to be taken into account in the construction of diverse scenarios. These scenarios (about problems, human activities, use of new technologies, human-system interactions) are not an end, they rather provide support for discussion between stakeholders and are thus another source of data collection. Information selection for forward design strategies remains challenging because of the

difficulty to find reliable prospective data, to work with variables (e.g., social, political, energy, economic trends) with ill-defined boundaries, and to have a clear portray of the future capabilities of innovative technologies.

4.5 Complément méthodologique et de résultats

À la demande du jury de soutenance de doctorat, nous avons créé cette section pour fournir plus de détails sur l'application des méthodes et des résultats de l'article présenté. Ceci afin de faciliter la réplique des méthodes pour ceux qui le souhaitent. L'article ci-dessus est limité au nombre de mots imposé par l'éditeur. Il faut également comprendre qu'il représente en grande partie l'étape de la recherche ÉDI où les chercheurs font leur première collecte de données empiriques, approfondissent la problématique, et confirment l'intérêt et l'adéquation de l'objet d'étude choisi (les stations-service). La suite de la recherche, marquée par l'article suivant (article 2) structure et propose une démarche complète de création de scénarios prospectifs.

Implication des experts

La procédure de recrutement des experts dans une étude prospective dépend du système spécifique et des compétences et connaissances nécessaires pour évaluer et prévoir les scénarios futurs possibles. À cette fin, il convient d'identifier les domaines ou champs de connaissances clés et essentiels pour le système en question, tels que la technologie, l'économie, l'environnement, les politiques publiques, etc. (Berkhout & Hertin, 2002; Khan, 2012). En ce qui concerne le profil des experts, nous nous sommes basés sur les cinq forces de Porter (1980) pour réaliser un diagnostic du système en question et identifier ses acteurs (concurrents, clients, fournisseurs, nouveaux entrants et produits/technologies de substitution).

L'étape suivante consiste à préparer des lignes directrices et des protocoles clairs pour l'étude (Annexe C). L'identification des participants se fait à travers des bases de données académiques ou professionnelles, des publications et d'autres sources pour trouver des experts dans ces domaines. Nous évaluons les qualifications des experts sur la base de leurs titres, de leurs publications, de leur expérience professionnelle, entre autres. Il est nécessaire de souligner que, selon la littérature présentée, un groupe d'experts et diversifiés devrait être sélectionné pour représenter une variété de perspectives (Griffin, 2012). C'est important parce que des experts différents ont des expériences et des connaissances différentes, ce qui peut conduire à des contributions plus complètes et plus

solides aux scénarios futurs (Berkhout & Hertin, 2002; Khan, 2012). En outre, la sélection d'experts diversifiés permet d'éviter les préjugés et les perspectives limitées.

Pour sélectionner des experts diversifiés, le chercheur peut prendre en compte différents critères, tels que le niveau d'études, l'expérience professionnelle, le sexe, etc. (Berkhout & Hertin, 2002; Khan, 2012). Il est important de veiller à ce que l'équipe soit équilibrée en termes de compétences et de points de vue afin que toutes les questions importantes soient prises en compte.

L'une des façons de recruter des experts diversifiés consiste à analyser le réseau de contacts du chercheur. Le chercheur peut commencer par sélectionner quelques experts qu'il connaît personnellement, puis demander à ces derniers de lui suggérer d'autres experts ayant des points de vue différents.

Nous contactons ensuite les experts identifiés et les invitons à participer à l'étude. Nous partageons les protocoles et les procédures avec eux pour s'assurer que les participants soient d'accord. Ensuite, des ateliers, des entretiens et d'autres sessions interactives sont organisés pour recueillir les informations, les opinions et les idées des experts.

Les données recueillies sont transcrites, stockées et analysées. Ici, cela a été fait avec l'appui d'un outil d'analyse de données qualitatives (TamsAnalyzer – section 5.3.1 et 5.3.2).

Conformément aux procédures définies, les participants reçoivent des mises à jour sur le projet et les données sont gérées (par exemple, supprimées après un certain temps, stockées dans une base de données, etc.).

Nous avons mené des entretiens individuels semi-structurés (Annexe C) avec neuf experts.

Parmi les experts sélectionnés, nous avons des parties prenantes qui, dans notre cas, sont également des experts. Ils ont plus de dix ans d'expérience professionnelle, détenteurs des diplômes dans leurs domaines et sont reconnus dans leur domaine. Voici un aperçu de leur profil. Une économiste spécialisée dans les plans d'affaires industriels (E1), un designer spécialisé dans le futur des interfaces (E2), un spécialiste de l'Internet des objets et de la science des données (E3), un directeur des opérations de détail dans une compagnie pétrolière qui a déjà travaillé comme manager des stations-service (E4), un chef d'innovation et projets dans une deuxième compagnie pétrolière concurrente (E5), ancien chef de développement stratégique dans une compagnie d'approvisionnement d'énergie et professeur de créativité (E6), un consultant en stratégie dans une

compagnie énergétique (E7), un chercheur principal en développement des transports et de la logistique (E8), et une professeure experte en modularisation, conversion et distribution d'énergie (E9). Dans cette étude de cas, le temps nécessaire à chaque participant peut varier, mais nous estimons qu'il faut en moyenne une heure par participant. Tous les experts ont plus de 30 ans et plus de 10 ans d'expérience professionnelle. L'un d'entre eux est titulaire d'un DÉC (E5), sept sont titulaires d'une maîtrise dans leur domaine et une est titulaire d'un doctorat (E9).

Nous avons mené un deuxième cycle d'entretiens plus tard dans la recherche, dans le but de valider les scénarios développés (Chapitre 6). Dans la section 6.3.2, nous spécifions les profils des participants. Cependant, nous décidons de décrire ici que deux participants vont être remplacés lors du deuxième cycle d'entretiens (E5 et E6).

Les deux nouvelles participantes sont une directrice des opérations dans une deuxième compagnie pétrolière concurrente (E5') et une cheffe de la modélisation et du cycle de vie dans une compagnie d'approvisionnement d'énergie (E6'). Encore une fois, il a fallu en moyenne une heure par participant. Tous les experts ont plus de 30 ans et plus de 10 ans d'expérience professionnelle. L'un d'entre eux est titulaire d'un baccalauréat (E5'), sept sont titulaires d'une maîtrise dans leur domaine et une est titulaire d'un doctorat (E9).

Pour voir en détails les contributions que les participants ont apportés, consultez la section 5.4.2 et 6.4. Le guide des entretiens et un échantillon des résultats est disponible aussi dans les annexes C et D.

PESTEL

Nous appliquons le cadre PESTEL (Aguilar, 1967; Issa, Chang & Issa, 2010; Perera, 2017; Thakur, 2021) comme cadre théorique qui guide la recherche sur les facteurs qui peuvent impacter le système. Il sert de guide pour la collecte et la classification des données. Il comprend six domaines, référant l'acronyme : Politique, économique, social, technologique, environnemental et juridique/légal. PESTEL est un cadre permettant de comprendre le macro-environnement des entreprises, qui remonte aux travaux d'Aguilar (1967) sur la prise de décision. En comparant les variables établies du système avec PESTEL, nous pouvons examiner de manière plus approfondie les différents aspects de ces variables. Nous pouvons également être en mesure d'évaluer des aspects qui peuvent souvent être négligés, car nous avons tendance à évaluer davantage les aspects technologiques d'un système (Issa, Chang & Issa, 2010).

L'objectif de ce travail est de guider l'analyse des cinq facteurs affectant le secteur afin de générer des idées sur les menaces et les opportunités auxquelles l'organisation est ou sera confrontée. Il est utilisé comme outil par les entreprises pour suivre l'environnement dans lequel elles opèrent ou prévoient de lancer un nouveau produit (Thakur, 2021). Certaines questions doivent être posées lors de la réalisation de cette analyse, ce qui permet d'avoir une idée des éléments à garder à l'esprit.

Les facteurs politiques comprennent normalement l'influence des gouvernements, la stabilité ou l'instabilité politique, la législation, les façons dont le gouvernement peut intervenir dans les affaires, etc. (Aguilar, 1967; Perera, 2017). Ces facteurs peuvent être souvent associés aux facteurs légaux.

Les facteurs économiques comprennent normalement les informations comme la croissance économique actuelle et prévue, l'inflation et les taux d'intérêt, la croissance de l'emploi et le chômage, le coût de la main-d'œuvre, l'impact de la mondialisation, le revenu disponible des consommateurs et des entreprises, les changements probables de l'environnement économique, etc. (Aguilar, 1967; Issa, Chang & Issa, 2010).

Les facteurs sociaux comprennent normalement les données démographiques (âge, sexe, race, taille de la famille); les attitudes, les opinions et les habitudes d'achat des consommateurs, le taux de croissance de la population et les tendances en matière d'emploi, les changements socioculturels, etc. (Aguilar, 1967; Issa, Chang & Issa, 2010; Perera, 2017).

Les facteurs technologiques comprennent normalement les nouvelles méthodes de production de biens et de services, les nouvelles technologies, les innovations, les nouveaux produits, etc. (Aguilar, 1967; Issa, Chang & Issa, 2010; Perera, 2017).

Les facteurs environnementaux comprennent normalement les matières premières, les objectifs en matière de pollution, de l'éthique et de la durabilité de l'entreprise, les données sur l'écosystème, etc. (Issa, Chang & Issa, 2010; Perera, 2017; Thakur, 2021).

Les facteurs juridiques comprennent normalement les données sur la santé et la sécurité, l'égalité des chances, les normes, les droits et lois des consommateurs, l'étiquetage et la sécurité des produits, etc. (Issa, Chang & Issa, 2010; Perera, 2017; Thakur, 2021).

Voici quelques questions du cadre PESTEL adapté à l'objet d'étude, pour guider le processus d'analyse.

Politique : quelles sont les politiques gouvernementales qui affectent l'industrie? Y a-t-il des changements dans les lois et les réglementations qui peuvent affecter le fonctionnement de la station-service?

Économique : quelles sont les conditions économiques du marché dans lequel la station-service est située? Existe-t-il des tendances macroéconomiques susceptibles d'affecter le secteur, telles que les taux d'intérêt, l'inflation, le chômage, etc.?

Socioculturel : quelles sont les tendances sociales et culturelles susceptibles d'affecter le secteur? Y a-t-il des changements démographiques, de mode de vie, de valeurs, etc. susceptibles d'affecter le comportement des consommateurs vis-à-vis de l'utilisation des carburants, par exemple?

Technologique : quelles sont les innovations technologiques susceptibles d'affecter l'industrie? Y a-t-il des changements dans les technologies utilisées pour la production, la distribution ou l'utilisation des carburants, les véhicules, les batteries, etc.?

Environnement : quelles sont les préoccupations environnementales qui affectent l'industrie? La station-service doit-elle se conformer à des réglementations environnementales ?

Juridique/légal : quelles sont les lois et les réglementations qui affectent le secteur? Y a-t-il des changements dans les lois sur la sécurité, la fiscalité, etc. qui affectent l'exploitation de la station-service?

Nous avons utilisé un certain nombre d'autres techniques pour identifier les conditions futures, comme détaillé ci-dessous, tout en cherchant à remplir les dimensions et les sujets de PESTEL. Ce point est abordé dans la section 5.3.

Analyse des brevets, revues scientifiques, études prospectives antérieures, journaux, télévision et radio, programmes politiques et accords internationaux, agences statistiques, rapports sur les tendances, agences de réglementation, agences de contrôle et gouvernement, entre autres. Les données sont classées selon le cadre d'analyse PESTEL. Après avoir traité les données provenant de différentes sources et les différentes méthodes prospectives, nous avons ensuite classé le comportement des facteurs analysés en « négatif, refus ou baisse », « neutre, indéterminé ou

stable » et « positif, acceptation ou hausse ». Cela aide les chercheurs à se souvenir du comportement des multiples facteurs et tendances lorsqu'ils analysent leur impact sur le système.

Afin d'analyser les données (sujet de la section 5.3.2), elles ont été placées dans une matrice de contraste. PESTEL utilise des matrices SWOT ou d'autres matrices pour structurer et analyser les données. Nous construisons une matrice basée sur le QFD (Quality Function Deployment) 5.3.3.

Voici un aperçu des résultats identifiés, guidés par le cadre PESTEL.

Politique-juridique : réglementations gouvernementales relatives aux stations-service, politiques en matière de carburants renouvelables, les taxes, les lois sur l'environnement et sur la santé et la sécurité au travail.

- Pacte de Paris (2015);
- *European Green Deal* (2019);
- Des politiques telles que la « tarification du carbone »;
- L'interdiction de la vente de nouveaux véhicules à essence;
- Plan de gouvernement des pays-clés, etc.

Économique : le prix du pétrole, l'inflation, la concurrence et les changements de comportement des consommateurs en matière de dépenses de transport.

- Le pourcentage des ventes de véhicules électriques;
- Le mode de paiement sans espèces;
- La crise du pétrole;
- Le prix de l'essence, etc.

Socioculturel : les tendances socioculturelles susceptibles d'affecter les stations-service, notamment les changements dans les modes de vie des consommateurs, etc.

- La société durable;
- La préoccupation sur la croissance pour la durabilité;
- Les options de transport alternatives;

- Recyclage;
- Les achats locaux;
- L'immatriculation des véhicules à moteur par type de carburant, etc.

Technologique : les tendances technologiques affectant les stations-service.

- Le passage aux véhicules électriques;
- L'évolution des technologies des batteries et des systèmes de recharge;
- La numérisation des systèmes de paiement;
- L'internet des objets, etc.

Environnement : politiques et réglementations environnementales et leurs implications pour les stations-service.

- Les mesures pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre,
- L'augmentation de l'utilisation des sources d'énergie renouvelables;
- Les données relatives à la contamination des sols et de l'eau;
- Les impacts/influences de l'hiver, etc.

Juridique/Légal : les implications juridiques affectant les stations-service.

- Le droit du travail;
- Les règlements sur la santé;
- La sécurité et les réglementations en matière de responsabilité;
- Les normes de construction;
- Les normes sur la vente et stockage d'énergie, etc.

Une vue d'ensemble des thèmes est donnée à l'annexe D, ainsi que des exemples de sources sur lesquelles ils sont basés.

CHAPITRE 5 ARTICLE 2 : PROPOSING AN APPROACH FOR CREATING FAR-FUTURE PROSPECTIVE SCENARIOS OF USE: THE CASE OF SERVICE STATIONS

Ce chapitre présente le deuxième article d'une série de trois articles. L'article de ce chapitre a été écrit en collaboration avec le Professeur Fabiano Armellini et le Professeur Jean-Marc Robert, soumis en décembre 2022, dans le Journal of Product Innovation Management, qui compte avec un processus de révision par les pairs. Facteur d'impact à 2 ans - 9,885, et facteur d'impact à 5 ans - 10,849, indexé dans les bases Scopus et WoS.

C'est à partir de l'expérience présentée dans le chapitre précédent qu'on a été capable d'élaborer une approche pour la création de scénarios prospectifs, thème central de ce chapitre. Cette approche pluridisciplinaire commence par la collecte d'informations pour comprendre le système considéré, ainsi que les différents facteurs qui pourraient l'impacter. Les données sont ensuite comparées pour créer des visions du futur qui fournissent des indices sur les aspects les plus affectés. Enfin, l'approche aboutit à la construction de scénarios prospectifs. Notre contribution consiste à développer cette approche pour générer des scénarios prospectifs et à fournir des orientations aux futurs concepteurs de produits. Nous présentons une étude de cas pratique axée sur les stations-service (SS) pour illustrer l'approche. Ces scénarios prospectifs sont particulièrement adaptés au domaine des DNPS car ils fournissent une représentation multidimensionnelle de l'avenir, ce qui n'est généralement pas le cas dans la littérature sur la conception, qui tend à être plus axée sur la créativité, ou dans la littérature sur la gestion, qui est plus axée sur l'extrapolation des tendances.

Proposing an approach for creating far-future prospective scenarios of use: the case of service stations

Auteurs : Joao Gabriel Alves Ribeiro Rosa, Fabiano Armellini, Jean-Marc Robert

Soumis le 19 Décembre 2022 au Journal of Product Innovation Management.

Résumé : Les scénarios prospectifs sont un outil qui peut aider à la tâche difficile de créer des produits futurs et de prendre des décisions dans la phase frontale floue du processus de développement de nouveaux produits (NPD). La création de ces scénarios reste cependant un défi. La littérature manque de propositions et d'exemples concrets qui pourraient guider les chercheurs et les praticiens dans leur objectif de concevoir le futur. Ils doivent comprendre les besoins, maîtriser la collecte de données, et être capables de concevoir dans le temps en confrontant ces informations. Nous proposons une approche pluridisciplinaire qui associe la réflexion sur la construction de scénarios issue du management et les outils des disciplines du design, afin de créer des scénarios prospectifs pour le futur lointain à partir d'informations actuelles pertinentes. Cette approche commence par la définition du produit/système et de son écosystème, et par l'identification et l'analyse des facteurs conditionnels qui pourraient les affecter. Les données sont ensuite croisées pour générer des analyses d'impact afin de produire diverses visions de l'avenir. Elles permettent aux développeurs de produits de créer des scénarios pour des avènements lointains et des produits ou systèmes, en s'appuyant sur des techniques de créativité et une logique intuitive. Pour illustrer et tester l'approche, nous présentons un cas d'application concernant les stations-service au Québec, au Canada. Cette industrie est sur le point de connaître des changements majeurs qui compromettront sa logique actuelle et nécessiteront la conception d'un nouveau système dans les 30 prochaines années environ.

Mots clés : Design - Stratégie d'innovation – Méthodologie – Scénarios Prospectifs

5.1 Introduction

For the new product development (NPD) process to be successful, companies must predict the trends that will determine the future of their target market, regardless of whether the product provides a good service or system. Product designers attempt to anticipate the behavior of the many variables that could impact their business and act on opportunities that are often still ill-defined (Kahn, 2012). There is therefore a need to provide practitioners in this “front-end stage” of the NPD process with more information to guide them, using substantial inputs and a holistic approach (Simms, Frishammar et al., 2021).

Anticipating robust, far-future scenarios remains difficult as much as imagining new activities in future environments (Zhao, Hoeffler et al., 2012; Guenther, Eisenbart et al., 2021). Adner (2006) uses the notion of ecosystems to assert that ignoring the “ecosystem” of a new product reduces the number of solutions that can be proposed for the market. Adner (2006) also states that in order to design for the future, it is imperative to evaluate changes in multifaceted aspects, interactions, stakeholders and to understand the importance of the ecosystem.

A successful NPD strategy is one that ensures that decisions can be made right from the start of the innovation process (Bruseberg & McDonagh-Philp, 2001; Kahn, 2012; Achiche et al., 2013). Effective decision making can be guaranteed by assembling information packages with the most pertinent information (Reid & De Brentani, 2004) so that different scenarios can be more easily communicated throughout the development process (Meissner & Wulf, 2015), particularly during moments of high uncertainty (de Brentani & Reid, 2012). However, long-life products and systems with distant prospects make the task of creating these imagined future constructs complex (Ruault, Gardinetti et al., 2014). The literature lacks concrete examples on how to anticipate scenarios for designs that are far in the future, using information from the present.

Using the results of prospective tools and methods as input in the creation of scenarios are areas that relate to the field of strategic management (Voros, 2006), while situational analysis methods for man-machine interactions and, above all, creative methods to imagine these scenarios, are more related to the field of design (Blauth, Mauer et al., 2014; Guenther, Eisenbart et al., 2021). Methods to improve foresight and planning can greatly contribute to NPD, since the foresight process should be transdisciplinary, participatory and solution/problem oriented (Rasmussen, Andersen et al., 2010). Different disciplines can also be combined. This may lead to increased

robustness (Rasmussen, Andersen et al., 2010) by combining different methods for the collection of data on future variables.

The purpose of our work is to present, in detail, an approach to build prospective scenarios of use. In the methodology section, we describe our study on the future of gas stations in Canada, particularly in the province of Quebec. These scenarios are suitable for systems or products, in order to equip practitioners and scholars in the fuzzy front end of NPD. Our proposed approach seeks to integrate various types of information to strengthen decision making and inspire ideas. We explore the gaps addressed above, as well as management foresight tools and various frameworks from the field of design, such as user needs and activity orientation.

Our approach comprises four macro phases: (1) understanding and defining system variables, (2) identifying and categorizing conditions of future, (3) confronting and analyzing data, and (4) designing prospective scenarios of use.

The paper is structured as follows. In Section 2, we present a literature review. Section 3 proposes an approach for developing prospective scenarios of use and presents an application case and Section 4 provides the results and discussion. Finally, the conclusions, limitations and future research are presented.

5.2 Literature review

It is important to first assess how scenarios are understood and operationalized in different domains. Three domains affect the approach that we proposed here: strategic management, design and new product development.

5.2.1 Social science scenarios and strategic management

Scenarios have been studied within the social sciences for more than 40 years and the subject continues to be debated (Bradfield, Wright et al., 2005; Wright, Cairns et al., 2013). The creation of scenarios has been known to cause “methodological chaos” (Spaniol & Rowland, 2019). Even the definition of the term “scenario” lacks a consensus, with the concept being redefined and used in several different domains (Bradfield, Wright et al., 2005; Spaniol & Rowland, 2019).

However, some consistencies can be found in the literature. Scenario-creation methods are usually data-driven and based on events, trends, competitor’s positioning, and other criteria

(Spaniol & Rowland, 2019). The goal of these methods is to determine future possibilities through probability-based approaches or quantitative models to make strategic decisions (Amer, Daim et al., 2013). The main objective of scenario building is not necessarily to predict the future, but rather to make organizations more responsive to change (Godet, 2000). Organizations should develop strategies that are flexible, and especially, to observe the environment throughout the planning process (Ratcliffe, 2006; Van der Heijden, 2011).

Most discussions on the classic definition of forecasting revolve around the work of Porter (1980), based on the “five forces” model for company strategies. This considers competitors and industries, but does not directly discuss NPD strategies. Withal, Porter (1980) predicted that what he had created could always be enriched, where nothing static was intended.

The French economist Michel Godet helped to develop what is known today as “*la prospective*.” This reflects on the nature of the problem and the use of theories for collective thinking. As Godet and Durand (2011) state, “prospective is also an art that needs other talents to be exercised, such as non-conformism, intuition and common sense.”

Works on foresight and scenario creation are generally linked to a systematic process of identifying and analyzing the future effects of interactions between humans, technologies, and environment (Porter, 2004). It is worth noting that the human component, however, does not have the same meaning as that in the current design disciplines. In classic management forecasting, the human factor is considered a managerial decision-making element. Although this less broad concept of human helps to elucidate the industry relationships that make up the competitive and structural determinants of a business, they overlook new factors such as users, needs, and the new definition of the market.

5.2.2 Scenarios in design

Most often, scenarios are tools that are used by stakeholders to anticipate and provoke change (Nelson, Buisine et al., 2014). The concept of scenarios is applied in many different fields. In the field of design, scenarios are thought to represent present activities that can be analyzed in order to identify problems and propose solutions (Jonas, 2001). In the NPD process, scenarios may be set in the present or future and are used by practitioners to come up with new ideas (that will become products) (Bacciotti, Borgianni et al., 2016; Knight, Fitton et al., 2019). NPD practitioners can also

prepare scenarios for users in order to analyze the user's response to a product or situation (Fulton Suri & Marsh, 2000; Von Hippel, 2001). In the fields of human-computer interaction (HCI) and software engineering, a scenario is an "idealized but detailed description of a specific instance of HCI" (Young & Barnard, 1986). Scenarios also play a role in human-machine interactions (HMI) by identifying human behavior during simulations (Rosson, Carroll et al., 2002).

Scenario parameters generally consist of an agent with objectives realized through a flow of actions in a given context (Weidenhaupt, Pohl et al., 1998; Rosson & Carroll, 2007; Nelson, 2011) that represent a given situation at a certain time. They can take the form of presentations, written stories or verbal exchanges. Audiovisual resources such as videos, drawings and animations may also be used to help present a scenario (Achour, 1999; Kankainen, Vaajakallio et al., 2012). Scenarios are informed through data that have been collected on the key drivers, studies on certain interactions, or through the personal knowledge and experiences of their creators (Schmidt-Scheele, 2020).

Among the several types of scenarios used for the NPD process, there are a few that are particularly employed. These include problem scenarios, design scenarios, activity scenarios and usage scenarios, each having many different applications.

Problem scenarios: a current practice that has a problem, dysfunction, or something suboptimal that could be improved. These scenarios propose activities that represent real outcomes for stakeholders (Rosson, Carroll et al., 2002, Rosson & Carroll, 2007).

Design scenarios: a design solution to a specific problem. They take different forms due to various dynamics and carefully defined design choices (Rosson, Carroll et al., 2002; Manzini, Jégou et al., 2009).

Activity scenarios: very common in ergonomics. These seek to construct new activities, where the user performs activities to reach a goal (Companion & Corso, 1982; Hackos & Redish, 1998; Rosson & Carroll, 2007). They are also a way to find flaws in the activity pathway and thus optimize the system or create a new one (Hackos & Redish, 1998).

Usage scenarios: it's the user's mental model representation of imagined or real use of a product. They are often part of usability testing techniques where users are recruited to perform tasks with prototypes (Rosson & Carroll, 2007; Lallemand & Gronier, 2018). This type of scenario

provides important information about how and why design features impact users (Rosson & Carroll, 2007; Lallemand & Gronier, 2018).

Many disciplines mix or build on these scenarios. This results in new types of scenarios, such as exception scenarios (where one seeks to prepare for exceptional events) or misuse scenarios (where one seeks to prepare for product misuse or risks), among others (Shudo & Ohnishi, 2010; Flegel & Meier, 2012). Because scenarios are used for different purposes in different disciplines, we can expect scenarios to go in many different directions.

The works of Rosson and Carroll (2007), for instance, deal with building scenarios for user interfaces with digital systems, in the Scenario-Based Design (SBD) framework. The SBD framework starts with scenarios for problems with the current practice and product claims that are iteratively worked to provide a starting point. Then, through studying the appropriate solutions to support these activities are identified and used to create scenarios for certain activities and interactions. Finally, they prototype the usability specifications of these digital solutions for evaluation and ongoing optimization. This approach is activity-oriented and takes into account the way users interact with the system by refining an existing concept through retrospective analysis (Nelson, Buisine et al., 2014).

Nelson (2011), Nelson, Buisine et al. (2014) in the fields of ergonomics and NPD, constructed scenarios that aimed to imagine new concepts without referring to existing ones. This was done by the creative problem-solving method TRIZ, and by relying on the experiences and knowledge of the group of people involved in the workshops.

Other researchers and practitioners also create scenarios based on the imaginative potential of the various creative methods and the knowledge of their participants (Moon & Han, 2016; Brangier, Vivian et al., 2019). They may also attempt to portray user-product interaction (Fulton Suri & Marsh, 2000).

5.3 Methodology and application case

We propose a detailed approach for creating prospective scenarios (Tableau 5.1) that are related to the concept of usage scenarios (presented previously), where we imagine a description of the future use of a product or system. This approach finds its inspiration in scenario planning rationale derived from management science (Aguilar, 1967; Porter, 1980; Godet, 2000; Porter,

2004; Godet and Durance, 2011), combined with best practices of opportunity recognition and screening, from design science (Cheng, 2002; Rosson, Carroll et al., 2002; Lallemand & Gronier, 2018). The approach comprises four phases: (1) understanding and defining system variables; (2) identifying and categorizing conditions of future – the term “conditions of future” is related to data that indicate developments in the future that may impact the system, such as technological and social trends, etc. The literature also calls these data “conditioning factors” (Fabrice et al., 1993); (3) data confrontation and analysis, and (4) creating prospective scenarios of use.

Tableau 5.1 : Proposed approach.

Phases	Activities	Methods	Outcomes
(1) Understanding and defining system variables	Define scope	Field observation Task analysis	System variables
	Understand system		
	Select variables		
(2) Identifying and categorizing future conditions of future	Determine sources	PESTEL	Conditions of future
	Identify conditions of future	Documentation review	
	Classify conditions of future	Patent analysis	
		Interviews	
(3) Data confrontation and analysis	Analyze data	Impact matrices	Visions of future
	Confront data	Elements of disruption	
	Make sense	Intuitive logic	
(4) Creating prospective scenarios of use	Define scenarios parameters	Brainstorming	Scenarios
	Generate scenarios	General Analysis	
	Generate storylines	Morphological Creativity and ideation	

We apply the approach in a study application, to gas stations in Canada, particularly in the province of Quebec. This multimillion-dollar business is currently facing disruptive changes that will affect their sector in the medium- to long-term. The decisions that these businesses make are important, as they are dealing with long-lasting systems of 40 years or more. They also face high

construction and operational costs and strong competition in the market as new technologies emerge (Alves Ribeiro Rosa, Armellini et al., 2021). Gas/service stations need to rethink their entire structure and business model. This task is complex and uncertain for both the distant future and the transition periods. We are now on the verge of historical changes that will shape the future of this industry (among others) and make the next 30-plus years uncertain.

5.3.1 Understanding and defining system variables

Defining scope

We must first define the scope of the prospective project. Our research asks: What are the determinants of the system/product in question, and its structures and boundaries? What is the typical life cycle of the system/product and what is the timeframe in which the work is portraying?

Understanding the system and selecting variables

Practitioners and scholars seek to acknowledge the system or product and its impact on the needs and activities of the stakeholders. To understand the system, conventional management approaches usually start with the identification and selection of a system's variables through a structural and historical analysis of the system, focusing on the uncertainties in a business. This kind of solid structure for creating new prospective scenarios may be especially beneficial in the front-end of the NPD process.

We chose to start understanding the system through field observations (Kawulich, 2005; Ciesielska, Boström et al., 2018) and a hierarchical task analysis (HTA) (Annett, 2003; Phipps, Meakin et al., 2011). Other potential methods and tools are discussed in Section 4 (results and discussion).

First, in order to conduct a structural analysis and understand the system, its actors, and the services involved, we carried out field observations at a service station. The purpose of these field observations was to identify and begin to understand the actors, the actions of the system, and their relationship. The field observations also helped to specify the various activities at service stations that would be further investigated by HTA.

We conducted two different HTA of service station workers and service station users. We then analyzed the results together. The tasks were also evaluated according to two areas: external

payment at the pump and payment inside the establishment, at the cash register. We determined the goals of the two actors (worker and user) and related these goals at the task level to map the interactions that occur and identify aspects that may change in the future. After mapping, we discuss the components at different hierarchical levels: which elements tend to be influenced by external factors?

Understanding the system means also understanding the interrelationship between its parts and their fundamental functions. This also leads to a broader understanding of the dynamics. The goal of this part is also to identify the stakeholders and their needs, goals and actions, as well as the technologies used and products and services offered. We determine the boundaries of the system and make clear what kind of business it represents and what value it brings. HTA is a tool applied as a result of field observations that provide clarification about the activities and needs of the station's users and workers. The observation is not limited to this. Complementing what has already been said, the observations is to identify elements of the system and understand the culture, the stakeholders, the needs and the dynamics at different levels.

We can therefore determine the key elements of the system. The variables are anchored in the needs of the stakeholders and the goals behind the system's activities. These variables will guide the search for data that demonstrate how the variables unfold.

5.3.2 Identifying and categorizing conditions of future

Classifying conditions of future

Morphological analysis can be used to break down the key factors related to the future of the system into dimensions (Durance & Godet, 2010). Here, we implement the PESTEL framework, which considers factors from six fields: Political, economic, social, technological, environmental and legal. PESTEL is a framework for understanding the macro-environment of companies that goes back to the work of Aguilar (1967) on decision making. It functions as a guide for data gathering and data classification. Over the years, PEST has incorporated other dimensions (EL) that were not fully taken into account and questions or topics to better guide the evaluation of these factors. By contrasting the established system variables with PESTEL, we can more thoroughly consider the different aspects of these variables. We might also be able to evaluate aspects that may often be neglected, as we may tend to evaluate more the technological aspects of a system. PESTEL

also serves as a guide, framing the search (reported in the next topics) for conditions of future that will impact the ecosystem.

Identifying conditions of future

We used a number of other techniques to identify conditions of future, as detailed below, as we seek to fulfill the PESTEL dimensions and topics.

Patent analysis: To analyze patents, we chose North American databases such as the Canadian patent database from the Canadian Intellectual Property Office (CIPO) and the PatFT and AppFT platforms from the United States Patent and Trademark Office (USPTO). To identify projects from big players in Asia and elsewhere in the world, the PATENTSCOPE database from the World Intellectual Property Organization was used. PATENTSCOPE provides access to international Patent Cooperation Treaty (PCT) applications. Searches for patents and patent applications with related terms generated thousands of results. We analyzed the results by relevance and most recent results, starting the search with broad terms such as “vehicle” and “gas/service station.” Then, we started narrowing the search with terms such as “vehicle and energy,” “vehicle and battery,” “energy generation/generator,” and “energy and service station,” among others.

The patent titles provided a clear summary of the content, which helped identify those relevant to our study. The applicants were also identified to determine which patents they hold and which patent applications they recently submitted. We also identify the countries that hold the most patents or patent applications in the area; which companies, laboratories or research centers dominate this domain; whether the quantity of patents has been increasing or decreasing over time (thus demonstrating whether this subject is trending) and finally; the specific area of the patent using the identified product family codes (IPC - International Patent Classification). From the IPC, we can exploit the occurrence of secondary codes and target technologies to indicate how widespread they are.

It is impossible to cover all patents and patent applications. Several search tactics were used to cover not only the system (in this case, service stations), but also other essential interacting elements such as cars, batteries, chargers and supply systems. The methodologies differ.

We also used text mining as a complementary way to treat data from patent databases. We were able to identify trends and technological possibilities for the future of the system in question.

However, much of this information is beyond the scope of this paper and can be a source for further exploration.

Academic review: To conduct a search of the academic literature, we used the Web of Science (WoS) database, which presents results from engineering, environmental sciences, multidisciplinary sciences, computer sciences, transportation sciences, energy, management and economics—all closely aligned with the target of our study. We searched for the term “gas/service station” (over 2400 results) and “vehicle” (over 400 thousand results). Many of these results were not useful for our research. Due to the speed of academic publications (as opposed to patent publications), we considered the most recent publications from the last five years. These publications were then filtered according to the field of study. Three thousand of the most relevant publications based on citations and references were then exported. These publications were treated with the software VOSviewer (for constructing and visualizing bibliometric networks). The software allowed us to identify the authors and journals which most frequently published using the search terms, and most importantly provided a text mining functionality that allowed us to find the search terms that were most frequently addressed in these articles. This type of data visualization helped to more easily identify the themes and interconnections of the research by dividing them into clusters.

Two more searches were performed for studies over the last five years, using ((“service station”) OR (“gas station”)) AND ((“future” OR “prospect*” OR “improvement” OR “development” OR “chang*” OR “enhanc*”)) and again, “service/gas station.” These searches generated a few hundred results (under 200 for the first search and under 500 for the second), which was much easier to treat with more in-depth analyses. Once again, we used the VOSviewer software with the same intention: to better visualize the data and gain more insight from them. Due to the manageable number of results, it was also possible to screen the articles by reading their titles and abstracts.

VOSviewer detailed explanation: We use two functions of the VOSviewer software (Waltman, van Eck & Noyons, 2010; Perianes-Rodrigues, Waltman & van Eck, 2016). The first use is as a bibliometric map visualization tool that can be used to build clusters or groups of keywords and

terms in a set of documents. The cluster construction in VOSviewer is based on a term co-occurrence analysis technique. It uses a community detection algorithm to identify clusters or groups of terms that occur together frequently. This algorithm uses measures of centrality and modularity to identify which terms are more strongly related to each other than to other terms in the document set. The size of each point on the map represents the frequency of occurrence of the term, while the distance between points represents the measure of association between them.

The second use was with the text mining function with titles, abstracts and keywords by identifying terms in a set of documents. With this information, the software is able to identify patterns and trends in the dataset, allowing users to perform deeper and more accurate analysis. VOSviewer helps identify emerging issues or weak points through cluster analysis and density maps. In cluster analysis, similar to the first use, VOSviewer groups terms into clusters based on frequency and co-occurrence. If such a cluster shows a significant increase in its co-occurrence frequency over a given period of time, this may indicate an emerging topic or a growing area of interest. Meanwhile, in the density map, VOSviewer displays the distribution of terms over a given time period. The density of terms in a particular area of the map may indicate a subject area of growing interest, or a gap in knowledge in a particular area. If an area of the map has a low density, this may indicate a weak point or an area of research that still needs to be explored.

Previous prospective studies: An important part of a prospective study is to learn from the successes and failures of past prospective studies, as reported by Bezdek and Wendling (2002). These authors emphasize the importance of analyzing previous prospective studies, in this case, previous long-range energy forecast studies. From these, we can understand not only how the research has evolved over time, but we can also contrast those predictions with today's reality and understand how the situation evolved over time. We consulted two more complete, previous prospective studies: one on energy and another on transportation (Bezdek & Wendling, 2002).

Newspapers, tv and radio: These media sources can provide a snapshot of political events and social and economic factors. They can also report news on technology, agreements between companies and the daily news. These data are usually presented in an accessible way and accompanied by information that leads to other sources for further searches.

We scanned one Canadian newspaper in its entirety on a daily basis over the last two years, as well as a few other North American newspapers that provide free access and allow articles to be filtered by theme and/or keywords. We also consulted some select newspapers from strategic and technological areas on a daily basis, and other periodicals on a weekly basis. This continuous search for information is detailed in Section 4.

Political agendas and international agreements: We started with an overview of the G20 and then focused on USA, Canada and China. This was done through the analysis of their governmental plans and by following their main actions in the fields of energy and environment. The world economy and the major transformations that impact society are strongly linked to politics. The dynamic changes in world politics can be followed through newspapers and the plans, agendas and actions of key governments and international agreements. Major international agreements such as the Paris Agreement on climate change and the European Green Deal provide a summary of agreed-upon measures from several countries over the next few decades that will redefine important aspects of our lives.

Statistical agencies: We used graphs based on data gathered by statistical. Government statistical agencies usually provide reliable information about the economy and society. We compared these recent government data with those previously published to evaluate the evolution of matters related to the economy and society. We can investigate whether the population is increasing, aging, consuming more fossil fuels, or using more electric cars, etc. We consulted Statistics Canada, Statistics Quebec, WHO, OECD Statistics, United Nations Statistics Division and World Bank Open Data. Statistical agencies provide cyclically collected data in several domains. There was a wealth of data in the areas of energy, demography and economy. Robust data were available on how the population is evolving, the number and types of service stations throughout the country, detailed fuel consumption patterns, vehicle registration (electric and other), the number of people that get their license per quarter, etc.

Trend reports: Trend reports are usually made by large teams of collaborators and experts from various fields. This interdisciplinarity contributes to the robustness of these reports and provides

insight into the ways these professionals see the future. Although the vast majority of trend reports are technological in nature, there are now organizations that publish on economics and society as well. A technological trend report, for example, contains dozens of different technologies that are the perceived trends in various industries. There are reports that are open access or facilitated academic access such as Gartner, KPMG, World Bank Group, International Energy Agency and others. The trend reports that we analyzed allowed us to compare the different forecasts and trends, and to select those that are associated with service stations. Some of these reports use graphics to demonstrate the relationship between time and the expectations of these emerging factors, allowing us to visualize the factors that have already reached productivity plateaus.

Regulatory agencies, control agencies and government: Regulatory agencies, control agencies, and governments provide information on safety standards, laws, and regulations that ensure a functioning society and environment. This information about the prospective ecosystem is fundamental to understand the effects of changes to the ecosystem and to visualizing ways to keep the future system safe. These norms can change over time, as might the evolution of transition scenarios in the near future. Nevertheless, the norms for the installation of electrical terminals, for example, have already been approved and published by the municipal and provincial governments in Québec. This information is therefore essential for the creation of scenarios in order to understand the future construction of new systems and to guarantee the safety of people. We consulted regulatory agencies related to the target system such Canada Energy Regulator, Régie de l'Énergie Québec and ministries' reports.

International organizations: International organizations publish data on the environment, reports and studies. We chose key organizations that do work related to our theme, such as the IEA (International Energy Agency), and follow their publications. The UN and OECD, cited above (in statistical agencies), were also consulted. Their publications include statistical reports and updated news.

Interviews: Other important sources of data are expert and stakeholder interviews. Experts can offer their opinions on “what-if” questions, often backed by qualitative and quantitative evidence

(Kahn 2012). We conducted interviews with stakeholders and experts from various fields whose work had strong connections with the service station ecosystem. Our panel of stakeholders and experts included economists, designers, service station workers and managers, research and development managers from energy and transportation companies, professors, and energy experts. We included stakeholders in our interviews because as parties that are directly involved in service stations, we expected them to be able to provide insights into the future of their activities.

We conducted semi-structured interviews with nine respondents from the fields detailed above. The discussion was developed around, but not limited to, questions sent in advance to the interviewees. Interviews lasted a maximum of one hour each. We discussed the key drivers and barriers to the future of service stations and the trends they see based on their experience/field (technological, political, social, demographic, etc.). For more details on our choice of experts and their profiles, see section 4.5.

The expert interviews were transcribed and analyzed using qualitative coding and data analysis software (TamsAnalyzer). The assigned codes were divided into three groups: trends, constraints, and visions of future. Once we analyzed the information, we further organized the trends into four subgroups: energy, socio-economical, technological and vehicle. The constraints were also organized into three subgroups: environmental, socio-economical, and technological (see Section 4.3, Results). Using software analysis, we identified the trends/constraints/visions of future that were most often mentioned in the interviews. This step allowed us to see the trends most cited by the experts, the problems/issues that were mentioned, and the visions of future they are building.

We next extracted the most quoted words and the co-occurrence of words (through text mining) from the interviews. We were therefore able to detect the words that were most frequently associated with those that were most quoted, and in what context these co-occurred. For more details on the results of the expert interviews, see Annex C.

5.3.3 Data confrontation and analysis

In the data treatment and analysis phase, we put the identified system elements and conditions of future into perspective and started outlining different contexts where prospective scenarios may exist.

We classified the prospective data in order to reduce complexity and facilitate analyses. At this point, we had three types of data: trends classified according to the PESTEL analysis framework, constraints that can also fit into the PESTEL classification, and image of the future. The visions of future were separated for later at the scenario-creation step, which leaves us with conditioning factors belonging to the two major groups “trends” and “constraints.”

After processing data from various sources and the different prospective methods, we further categorized the behavior of the analyzed factors as “negative, refusal or downward,” “neutral, indeterminate or stable” and “positive, acceptance or upward.” This helps researchers to remember how the multiple conditioning factors behave when analyzing their impact on the system.

In order to organize data of two different natures (variables of the system and conditions of future), the data were put in a matrix for contrasting. This was inspired by the quality function of the QFD matrix (Quality Function Deployment). The QFD is a decision support tool that represents aspects that are critical for the customer (Cheng, 2002). The method seeks to convert customer opinions into engineering specifications and thus, into production (Cheng, 2002). QFD also aims to prioritize the customer by assigning values or weights to elements in the matrix. In our case, we treated the data in the “system variables $\times$ conditions of future” matrix by assigning the value 1 when the impact of the conditional on the system element was strong and/or direct, 0.5 when it was moderate and/or indirect, and 0 when there was no significant or apparent impact. Through this weighted data process, we were able to visualize the relationship between each disturbance element (here the conditions of future) and system variable. The total sums of the scores were then color-coded. Sums that exceed 10 are yellow, those above 20 are orange, and finally, those above 30 are red. By adding the scores, we could identify the elements that disturb more variables or elements that are more likely to cause disturbances and the variables that may be more impacted or disturbed (Tableau 5.2). The purpose of this step is to make correlations and make sense of the information by combining it in a coherent way, by identifying similarities and cause-and-effect phenomena.

Tableau 5.2 : System variables and conditions of future confrontation matrix.

(Abbreviations: Cl. Classification; S/Ec. Socio-economic; Env. Environmental; S. Societal; T. Technological).

		Variable:	Fuel	Refueling time	Guiding user	Milestone	Energy storage		Total
Condit. factor	Cl.	Behavior							
Cashless society	S/Ec.	1	0	0	0.5	0	0	...	11
VEZ matriculation	S/Ec.	1	1	1	1	0	1	...	20
Recharging point cities	Env.	1	1	1	1	1	1	...	30
Stand-alone service stations	Env.	1	0	0.5	1	1	0	...	32
Aging population	S.	1	0	1	1	1	0	...	32
Solar energy	T.	1	1	1	0.5	0	1	...	15
Digital twins	T.	1	0	0	0	0	0	...	10
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Total			43	30.5	14.5	24.5	20.5	...	...

Although the goal is to build prospective scenarios, this step focused on creating relationships between system variables and conditions of future, resulting in projections of change (or stagnation) at different levels. That is, the variable-conditional relationships, identified during data processing, can result in projections at the discrete-event level that would impact products and functions, up to projections that would impact entire systems.

5.3.4 Designing prospective scenarios of use

Defining parameters

After understanding the system, selecting the main variables, identifying trends and constraints (conditions of future), and confronting the data, we must next define the parameters of our scenarios. Note that interpolating and structuring these data already provides researchers with a rich understanding of the relationships and may result in various visions of future or scenarios even before this scenario-building step.

Scenarios in the field of design usually take the form of a character who performs an activity in a certain environment (in this case, a future environment) and who uses artifacts (as described in the literature). Here, we categorized the “artifacts” into “technology or interface” and “vehicle”, and the “environment” into “energy” and “context” in order to make these more applicable to our study. The scenario structure is defined by the elements below:

(1) activity or need – what is the objective of your action and how would it be performed (e.g., recharging);

(2) stakeholder/user – what is their role and what characteristics imply their participation (e.g., family with children);

(3) energy – what type of energy (e.g., hydroelectricity);

(4) vehicle – what type of vehicle is being used (e.g., flying car);

(5) context or location – in which of the three domains does the scenario occur (urban area, countryside and roads/highways);

(6) technology and interface – what technology or technologies would be needed to perform the activity (e.g., induction charging).

Creating scenarios

Once we have defined the structures of our scenarios, we need to bring them to life. We inserted the parameters into columns and completed the “values” of these parameters based on the search. We chose to apply the creativity brainstorming method (Al-Samarraie & Hurmuzan, 2018) with the general morphological analysis (GMA) (Zwicky, 1969; Ritchey, 2011) as part of scenario structuring and ideation. We coded the creativity method so it matches randomly the parameter values to make up the scenarios. The GMA takes the parameters and their values and explores possible relationships that can be used to structure different scenarios. We ran some random combinations and from these results created a scenario for each. Tableau 5.3 shows an example of a random configuration. Here, we calculated that the matrix involves 120 possible configurations (not counting additional lines).

Tableau 5.3 : GMA matrix for random scenario generation.

Activity/Need	Stakeholder/user	Energy	Vehicle	Location	Technology/interface
Refuel completely	Young adult	Hydroelectricity	Electric	Urban	Voice command
According to time	Seniors	Hydrogen	Flying	Countryside	Virtual reality
According to %	Adult	Electricity induction	Light-duty	Roads/highways	AI
Maintenance	Family	Wind source	Heavy-duty		Internet of things
Information	Employee	Solar source	Autonomous		Cellphone
Milestone	Minor age	Nuclear	Shared		Manual
...	...	...	...	...	...

For the six parameters we defined above, we assigned values based on the research. In the random combination that GMA produced for one iteration as shown in Tableau 5.3, we have the following scenario: a young adult who is the owner of an autonomous car needs maintenance and uses induction in the urban area, using artificial intelligence (AI).

Writing narratives

Once we have structured scenarios, we then develop the storyline that defines the chosen scenarios, always referring to the points highlighted by the research that make the scenarios plausible. The storyline is a resource used to better communicate the scenarios to designers. We can apply brainstorming as a method for writing the storylines, using inputs from the structural combinations of the GMA matrix and the study.

The question that we asked during the construction of our scenarios was “when is it complex enough?” When do we know that the scenario created is good enough to be validated. The scenario presented above was robust due to the story-telling behind it. When the scenario had enough elements to completely visualize the activities and key elements that the designated user interacts with, we considered it to be robust enough.

5.4 Results and discussion

In this section, we consider the specific results from the application case and present a general discussion through a critical analysis.

5.4.1 Understanding the system

We have defined that the work will show a time frame of between 5 and 10 years for short term scenarios and long-term scenarios over 20 years from now. The boundaries of the system analysis are determined by the choice of the focus of the analysis and the objectives set for the field observations and task analysis. In this case, the analysis is limited to the needs and interests of the stakeholders that have direct interaction or influence on the system (owners, employees, customers, suppliers, government, and the community). Then, the activities of the cashier in the process of selling fuel and products in the convenience store and the activities of the user/customer.

The limits of the system analysis for the user who goes to the gas station and fills up the tank include his actions performed inside the gas station, such as filling up the vehicle, paying and eventually buying products at the convenience store. The products and technologies he interacts with, such as the vehicle itself and the type of fuel used. The user's route to the gas station and any external factors that may affect the trip, such as traffic, location of the gas station, and weather conditions. As for the gas station worker, his actions inside the gas station, the products and technologies he interacts with, and the functions he performs (such as ensuring safety inside the environment, etc.).

The methods we used here to better understand the system were selected because access could be guaranteed at a service station in Canada. Furthermore, Rosson and Carroll (2007) suggested the possibility of exploring the potential of HTA (more details of HTA in annex D) in perceiving products/systems. In our case, the field observations helped us to understand the system. HTA facilitated our decoding of the workplace, activities, interfaces, and the people who use them. We identified the influence of various stakeholders and understand that other related systems and business will evolve over time. HTA helped to define the unit of analysis and its dimensions. HTA and field observations also facilitated scenario-building while applying the exploratory GMA. They provided us with a systemic view of the system variables and their hierarchical importance. Furthermore, they determined the important domains in which the prospective data collection would take place.

The relationship between the gas station stakeholders is complex and interdependent. The suppliers provide the products that the gas station sells, and in return receive an income. The customers buy these products, and in return they receive the service and fuel they need. The cashier

is responsible for processing the sales transactions and making sure that the customer pays for what he has bought. The manager is responsible for making sure that the gas station is running properly and meeting the needs of the customers. The owner is responsible for making sure that the gas station is generating revenue and complying with government regulations. All of these stakeholders have different goals, but they all depend on each other for the gas station to operate effectively and profitably.

We seek to understand the needs behind service stations in order to conceive of future stations or other products and systems that will fill those needs. It is therefore paramount to discuss the objectives and actions that underlie their operating logic (both from the user and worker perspectives). From this, we were able to select the variables of the system and choose key words and fields for gathering data. Future impacts may compromise and eliminate service stations, making it imperative to understand what the stations represent and what needs they satisfy.

We defined 41 variables for prospecting, data crossing, and impact analysis. Of these, 11 were strictly linked to the needs of the stakeholders (refueling the vehicle, inflating tires, etc.), 13 were linked to aspects that govern the user experience (payment mode, interface, etc.), eight were to ensure security (security regulations, theft, etc.), four were related to energy (energy storage, sales mode, etc.), three were related to the type of vehicle (heavy, light and motorcycles) and two were strictly related to system functions (refueling of goods and particularities of dealing with cash). No variables were added after the exercise, but some of them were merged as they were different aspects of the same variable.

The service station system variables were established based on user and worker needs, goals, and tasks, as well as the main functional elements of the service station. At the macro level, some goals such as refueling/recharging the vehicle and paying for the service were likely to be less volatile in the coming years. However, at the micro levels, we might consider that these goals may be achieved through actions and interactions that are different than those used today. This, above all, already provides us some tips for NPD strategies.

As for physical products and softwares, other factors may achieve a similar understanding of the system and its variables: questionnaires and interviews with users, workers and managers, literature and historical analysis of the product/service, focus groups with system stakeholders, abstraction-decomposition hierarchy (ADH), requirement analysis and the KJ method.

5.4.2 Data gathering and treatment

The wealth of data collected must be processed and analyzed. We identified more than two hundred trends and constraints that were then filtered and pared down to one hundred. This initial screening process was based on disparities in the relationships between certain conditions of future and the selected variables.

Structuring data is key to visualizing, understanding and making sense of the information they present. However, we should be mindful that this process does not limit innovation. The analysis must rely in part on slight correlations, since today's slight indications can become tomorrow's trends. Obviously, trends are easier to identify, but in the case of technological data, it is difficult to clearly see the possible applications. Technological training and knowledge may be essential to consider the developments that such technologies have on other unique systems and their proposed interfaces. Multidisciplinary teams, or technology-oriented practitioners or scholars can also help facilitate these analyses.

It takes time to gather a good amount of information, analyze, and classify it. The prospective exercise proves to be laborious and long. However, we cannot take shortcuts when it comes to decision making. The scenarios must be robust, based on solid information, and be convincing as soon as we bring strong elements that try to reduce the associated uncertainties.

Patent analysis: The search tactics were similar to those used for scientific articles. There are many free tutorials and mini-courses provided by the intellectual property offices themselves on how to do patent searches and, above all, how to read and find specific information. These databases are a precious source of information that can help the creation of scenarios and future decision making. We used them as a way to identify technologies and practices that have been developed or will be applied in the future. These patents also allowed us to follow technologies or companies and their intentions for research and development. This may not help directly in the production of scenarios, but it is certainly essential for strategic discussions. Other aspects of the patents were more technology-oriented.

Below, we show the results from a quick search using a broad term, in this case “vehicle” (Tableau 5.4). We can see the countries that hold the most patents or patent applications in the area (China, USA, Japan, etc.), which companies, laboratories or research centers are dominating this niche (Hyundai, Honda, etc.), if the quantity of publications has increased or decreased over time (they have increased) and finally, which product family codes (IPC) they were associated with. The IPCs identify the specific areas to which the patent documents belong.

The top five codes with the most published patent documents.

B60R - Vehicles, vehicle fittings, or vehicle parts.

B62D - Motor vehicles; trailers.

B60K - Arranging or mounting propulsion units or transmissions in vehicles; arranging or mounting plural diverse prime-movers in vehicles; auxiliary drives for vehicles; instrumentation or dashboards for vehicles; arranging parts associated with cooling, air intake, gas exhaust or fuel supply of propulsion units in vehicles.

G08G - Traffic control systems.

B60L - Propulsion of electrically-propelled vehicles; supplying electric power for auxiliary equipment of electrically-propelled vehicles, electrodynamic brake systems for vehicles in general; magnetic suspension or levitation for vehicles; monitoring operating variables of electrically-propelled vehicles; electric safety devices for electrically-propelled vehicles.

In the documents we found attempts to develop technologies that make the vehicle more energy independent. Examples include algorithms and machines that predict the efficiency and location of the electric terminals, technologies that make the vehicle produce part of the energy necessary for its operation, and centers for drones and flying vehicles. It is important to note that some of these patents have not yet been approved.

Tableau 5.4 : Patent analysis. Patent results based on search term “Vehicle” according to country, applicant, IPC code and year.

(Abbreviations: PCT. Patent Cooperation Treaty; P.O. Patent Office).

Countries - No. of documents		Applicants – No.		IPC code – No.		Year – No.	
China	768,971	Hyundai Motor Co	49,779	B60R	314,803	2013	67,282
USA	434,309	Honda Motor Co Ltd	47,590	B62D	205,896	2014	79,016
Japan	366,788	Toyota Motor Co	47,097	G08G	130,023	2015	92,717
PCT	185,551	Denso Co	31,488	B60L	126,001	2016	99,617
European P.O.	181,933	Ford Global Tech Llc	26,087	B60W	121,510	2017	144,771
Republic of Korea	155,644	Nissan Motor Co Ltd	24,614	B60T	92,171	2018	190,890
UK	103,009	Toyota J. K. Kaisha	24,058	F16H	88,613	2019	215,265
Germany	100,840	Kia Motors Co	21,171	B60N	84,751	2020	253,305
Canada	48,163	Robert Bosch GmbH	20,944	B60J	75,692	2021	209,190

Literature review: The literature review includes all document analyzed through searching newspapers, scientific articles, previous prospective studies, political agendas and international agreements, statistical and regulatory agencies, publications of international organizations, and trend reports.

For the bulk of scientific articles, text mining showed great potential for drawing insights on which authors mentioned the topics, continued the research, and could be contacted for future interviews. Text mining was also useful for processing the texts and revealing current trends and how they relate to each other. In addition, the conference papers that we identified showed works in progress, which are more up-to-date.

Figures 5.1 and 5.2 below show examples of the word co-occurrence network visualizations developed using the VOSviewer software. Clustering was performed for the most quoted words in articles on energy futures (Figure 5.1) and the future of service stations (Figure 5.2). Each node in a network represents one word (the larger the node, the more frequent the occurrence of the word). The links between the nodes indicate that those words appear together (the more links, the more often the words appear together). Each color represents a topic group, in which the nodes and links

are related. This type of analysis saves time in the association and discovery of areas that are tangential to the theme for further searches, analysis and filtering.

After applying the search and filtering strategies described in the methodology section, due to the manageable number of results, we were able to screen the articles by reading all their titles and a few abstracts (under 20 percent) and analyze their relevance. About ten percent of the articles identified by this step were retained. Searches that generate larger numbers of results can use artifices such as text mining tools (in addition to the above-mentioned artifices). Those studies could identify conditioning factors in the literature and classify them through clustering or other analyses.

The retrospective research of newspapers is more difficult to perform, while programmed, daily research requires long periods of analysis. Newspapers are a crucial source of information as they provide important socio-political information that defines not only trends, but also constraints.

The statistical agencies that we considered provided a great deal of robust, confirmed data that were supported by graphs and government research. Because of the case used, these data may have been easier to access. Other domains that had less information than the service stations and their ecosystems may have resulted in more challenging data collection.

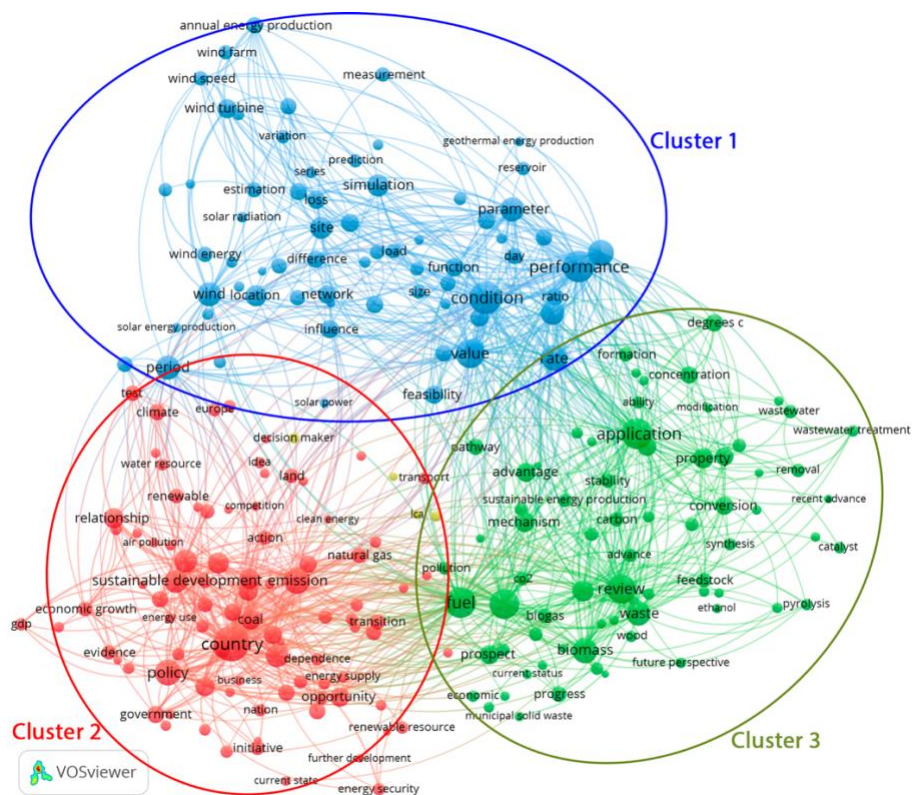


Figure 5.1 : Findings from the literature on the future of energy (VOSviewer).

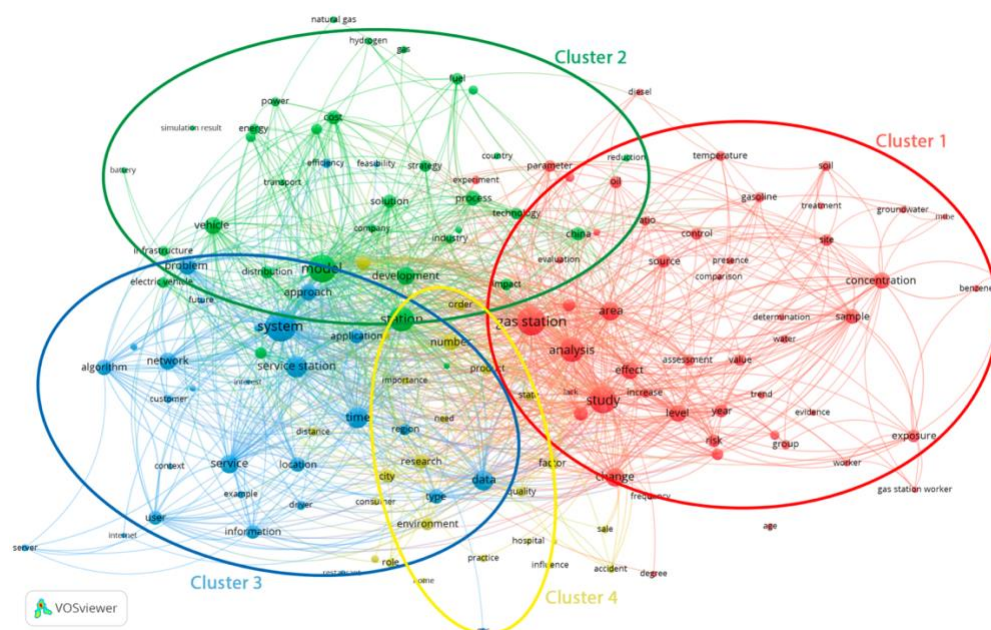


Figure 5.2 : Findings from the literature on the future of service stations (VOSviewer).

Interviews: The experts we interviewed did not reveal many trends that were different from those identified through document analysis. Only 16% of the total trends were identified through expert interviews alone. Of the total trends, 22% were identified through both interviews and document analysis. However, the experts were often able to expand on these trends and put them into context. Expert interviews also greatly contributed to providing visions for the future (29 visions for the future were identified). These visions for the future were fairly complete and directly contributed to the construction of prospective scenarios in the following steps.

Among the interesting data that were revealed during the interviews were what we called “constraints”. We defined constraints as elements addressed by the experts that might influence the maintenance of the current state of the object (here, the service stations) and/or elements that might work against or limit the main trends identified by the document review. These constraints were mostly conditional factors for certain changes that could dictate the speed at which changes happen, and they were not usually identified in the documents (87% of the total constraints were identified through expert interviews).

The interview analysis process was time consuming. It involved transcribing the interviews, correcting the transcripts, making note of personal data, and then the analysis itself. Thus, we decided to analyze the interviews according to novel details that each expert interview brought to the work in terms of trends (e.g., energy import and export), constraints (e.g., existing oil infrastructure) and visions of future (e.g., energy-producing service stations), in order to understand if the expert contributions would reach a plateau or if it would be necessary to invite more experts. The graphs below show the new elements that were introduced by each expert, in chronological order of when the interviews were conducted. In Figure 5.3, we can see the number of new trends that each expert introduced, while Figure 5.4 shows the visions of future, representing the number of new elements that were not previously mentioned. We concluded that the nine interviews resulted in an adequate amount of novel information and it was therefore not necessary to continue searching for more collaborators at this stage.

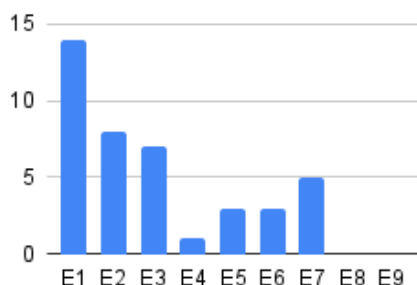


Figure 5.3 : New trends from experts.

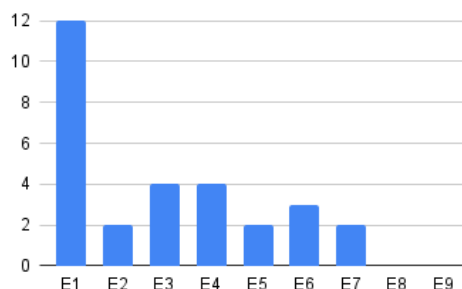


Figure 5.4 : New visions of future from experts.

The four trends most cited by experts were (Tableau 5.5): “electricity” and “electric vehicles,” tied for first place; “government interventions” in second place; and “hydrogen” in third place. Electricity appears to be a strong trend in expert opinions, especially for the region of Quebec, Canada, which is endowed with hydroelectric potential that has high production capacity (producing a third of all electricity in Canada) and a giant hydroelectric park, making this resource highly renewable. Electricity seems to be the solution when it comes to energy for most scenarios over the next 30 years.

Electric vehicles are seen as the future of vehicles for most experts. Despite several problems and unsolved needs before this type of vehicle can be widely accepted by the general population, electric vehicles have been entering people’s everyday lives and dictating large industrial investments.

Government interventions were revealed to be a trend in the socio-economic field. Experts believe that to achieve transition scenarios and boost the population's adherence, a series of government measures will be necessary to (1) regulate the various products and services, (2) economically and fiscally encourage the required changes, and (3) invest in the ecosystem to make these changes possible. Some recent government interventions stand out, such as the ban on the sale of gasoline vehicles within the coming years, the implementation of carbon taxes over the last few years, and measures following the Paris agreement on climate change.

Hydrogen was cited as an important trend that can take advantage of some existing fossil fuel infrastructure and replace electricity if needed.

Tableau 5.5 : The most addressed topics.

Trends - citations		Constraints - citations		Visions of future - citations	
Electricity	17	Battery	11	Charging station home	10
Electric vehicles	17	Recharge duration	9	Attractiveness	10
Political intervention	16	Energy price	8	Commercial charging	6
Hydrogen	12	Winter period	7	User participant	5
...		...			

5.4.3 Scenarios

The GMA method gathered and treated information to generate many random combinations. We acted as mediators for the data and worked the parameters, classifying them by importance according to our experience and competencies. This same analysis could perhaps be conducted using a system expert as a mediator, as well as other actors (entrepreneur, user, etc.). The field observations and HTA also led to a better understanding of the parameters. In the case of gas stations, we are also users. In other cases, the focus on understanding and multidisciplinary teams (including entrepreneurs and users) can be beneficial.

Other tools related to creativity can have a positive or an even better effect than GMA. For example, the SCAMPER method (Eberle, 1996).

As for the scenarios themselves (see an example of a storyline scenario further below – the developed and selected scenarios are in Annex B), there is a strong need in the medium term for the transformation of spaces into parking spaces for recharging, with entertainment and catering services included. Among the five major scenarios developed for highways, one included transforming gas stations into large recharging centers with a variety of service options, from stores to entertainment for children. In addition to these large centers, we have modular automated stations, which can eventually become mobile and seem to be interesting systems for various areas. As far as more disruptive scenarios are concerned, we have intelligent roads and specific road sections for recharging. These would be possible through induction charging, as these are already being prototyped and tested in different countries. There is also always the possibility that scenarios

where cars generate their own energy will become reality. There are patents and documents from major automobile companies that are racing to make vehicles partially energy independent. Everything indicates that in the future, the goal will be to make users more independent of charging stations.

All this energy generation and storage requires physical space. This is a challenge, especially when considering urban centers. This energy shift demands a decrease in the turnover time of vehicles in recharging stations. This is reflected in scenarios that show an increase in the value of underground spaces or the construction of parking buildings. In the short term, scenarios where service stations are unnecessary due to recharging at short, daily stops (e.g., supermarket, shopping centers, work, etc.) are already a reality. Meanwhile, in some disruptive scenarios, flying cars were abounded. Also, structures that make better use of vertical spaces for service stations. That based among other things on patents, such as those from Amazon that foresee integrated systems in buildings for drones that will perform deliveries. It is also understood that the role of building rooftops will change, as they will become valued and may be opportunities for innovation. Another, more distant scenario transforms urban centers into smart cities where recharging occurs in small doses at different points that may or may not have a common backup system. These charging points include those already mentioned above, such as at establishments, but also at traffic lights and other stretches of the street.

The scenarios generated often provide design clues, especially for transition periods where different products and energy sources overlap. Interface design will therefore need to be simplified during the overlap period. Users should receive guidance that hides the mechanisms and possible complications of the technological back end. We have scenarios that indicate the more varied energy choices that customers may have and even their active participation in the network. Products must also enable more technologies, invest and take advantage of data sharing, and integrate between the various new technologies.

The consolidating eco-responsible consumption patterns together with the urban exodus that intensifies during different periods show that investments in only buildings and education will not be enough. It is necessary to invest in infrastructure, especially in areas that are geographically difficult to access.

In places where the space limitation is less significant, notably in the countryside, there are scenarios where the service stations will produce energy and also become an active contributor to the grid. For larger vehicles, scenarios with such battery exchange technologies would demand more energy and space. In addition, the safety and practicality of the user removing the battery from the car by themselves is still unclear.

There are scenarios that not only help companies innovate and prepare, but show that, at the government level, concentrating investments to supply incremental advances is inadequate. The risk of missing the disruptive leap means that the large amounts of money invested may be lost when future situations demand rapid adaptation.

An example of storyline scenario generated by this experiment is shown below.

Storyline 1 – A young adult wishes to have his autonomous vehicle serviced and updated. He schedules it for the night so that the vehicle can drive itself to an underground space where it can perform these tasks. There, the vehicle will park and connect via wifi to the store. The facility will be able to scan it and make the updates while performing the usual tire inflation and fluid change. In addition, the vehicle will automatically recharge its battery through an induction router located in the parking space. The garage uses electricity provided by the grid. The user can allow services, connect and track the status of his vehicle through a cell-phone application. Furthermore, minor updates can be made when the vehicle is parked with access to a private wifi network. The vehicle will be ready at a scheduled time and will finally pick up its owner for a new day of work. The vehicle will alert the owner, according to the configuration chosen by him, of any repair needs and for scheduling the next major maintenance.

The final form of the scenarios can take the shape of storylines, such as that above. They might include visual aids. Once again, the relationship between the various projections and the construction of the storyline demands the creative skills of the practitioners. Once we have defined the structure of our scenarios, it becomes easier to bring these scenarios to life. The combination of different types of information for the scenarios facilitates this task.

5.4.4 Systematic reevaluation and the iterative process

There is always the need to search for updated data that will eventually provide new conditional factors, as perceived conditional factors may evolve over time. In addition, the role of system variables can also evolve over time. This requires that we define a systematic reevaluation of the work that can be planned in order to maintain consistency. Obviously, this means that the construct can and should be modified. The goal of this kind of exercise is not only to try to anticipate changes, but also to create products and strategic plans that are more flexible and adapted to such changes.

Re-evaluation of the construct happens fairly infrequently and can be scheduled to occur within a certain timeframe or when a certain amount of new data has been collected. The prospective process is iterative, similar to the evaluation of the NPD strategy. This process can be organized into small steps or the entire process can be redone at once.

The methods described here for understanding the system and identifying variables have been previously used. However, the subsequent methods that we described overlapped with and sometimes returned to the previous methods to re-evaluate the parameters that were established. At the macro level, this approach is iterative, as required of a prospective study. However, on the micro level, the various iterations between the steps helped add clarity and made them more robust and the parameters completer and more comprehensive.

5.5 Conclusions, limitations and future research

In this paper, an approach to generate new concepts in the form of prospective scenarios of use was proposed through a multidisciplinary approach that brings together the management of scenario-building and scenarios and tools from design disciplines such as HTA, QFD, and GMA, among others. This approach was used to define the product/system and its ecosystem, and to identify and analyze conditional factors that might impact them. The data were then cross-referenced to generate impact analyses that will produce several visions for the future. Finally, from these, scenarios can be created, aided by creativity techniques and intuitive logic.

Seeing the connections and forming scenarios can be facilitated through the structuring practices proposed here and the application of the various tools mentioned. Providing pertinent information as inputs resulted in more robust and well-founded results. Our method stands out for

its flexibility in the application and choice of tools, while at the same time it allows data to be structured and scenarios to be created. It allows several participants (stakeholders, users, researchers) in the study and communicates easily with them.

Access to experts may be difficult in some cases and some data processing may require specific skills. Data processing may also be time consuming, requiring long periods of data collection and analysis.

For disciplines that are entering into the discussion about future constructions, this type of tool/analysis is essential for new information and empirical results. Furthermore, providing a roadmap for designers and other professionals can foster discussion for new practices and further studies that can lead to adaptations in more fields. It is worth trying to mitigate the complexity of prospective products and systems through problem-solving and the robustness of multidisciplinary tools.

Although we considered the ecosystem as a facet of our study, it is worth noting that several disruptive innovations that have impacted companies in recent decades have come from other unrelated ecosystems or from connections that are not obvious. This demonstrates that this prospective study demands a constant generalized search for technological developments across the world. Also, there will still be rupture factors that will certainly escape the study.

Hypothetical scenarios are a good way to communicate within a business and could reveal opportunities and product needs. The analysis of these scenarios could be conducted with multidisciplinary teams. Scenarios are not a standalone tool, as they are parts of a discussion. Examining the usefulness of these methods and adapting and creating new ones ensures the continuity of the work for the changing purposes of the prospective customers.

In order to integrate the generated scenarios into a NPD strategy in the near future, the scenarios could be evaluated according to their degree of uncertainty and the impact on the system. The scenarios could also be analyzed differently based on their impact on the strategy and the position of the associated company. This exercise could prepare the company for changes in the future. In summary, there are many ways to analyze the generated scenarios, for example:

- They can be classified and evaluated according to score cards that reflect the company's criteria for portfolio deployment.

- They can be analyzed according to the best choices along axes such as market attractiveness, financial reward, technical feasibility and risk.

- They can be used in different matrices with objectives such as inspiring discussion, comparing business strategies, comparing product alignment, and generating product ideas and requirements.

- They can be input in the portfolio management of the companies according to various methods.

- Service stations can apply this work by acquiring and developing the capabilities to manage the future of their business by creating a roadmap or expanding their business and area of operation, etc.

Finally, our approach proposes the creation of several scenarios that could compose a portfolio of scenarios.

The management of these scenarios is the next step in this field of research. These scenarios should be considered in companies' strategic discussions and could be treated in such a way that they represent transition scenarios and desired scenarios to be reached by the stakeholders.

In addition, care should be taken when generalizing our results, since they are based on a system that is already well-defined and presents urgent threats. Further research is needed to complement and validate our approach, as it should be tested extensively using other tools and in other environments.

CHAPITRE 6 ARTICLE 3 : PROPOSING THE INTEGRATION OF FAR-FUTURE PROSPECTIVE SCENARIOS TO STRATEGIC MANAGEMENT TOOLS AS PART OF THEIR VALIDATION: THE CASE OF GAS STATIONS IN NORTH AMERICA

Ce chapitre présente le dernier article d'une série de trois articles. L'article de ce chapitre a été écrit en collaboration avec le Professeur Fabiano Armellini et le Professeur Jean-Marc Robert, soumis en mars 2023 au Creativity and Innovation Management, qui compte avec un processus d'évaluation par les pairs. Facteur d'impact 2021 – 3.644, et facteur d'impact à 5 ans – 4.527, indexé dans les bases Scopus et WoS.

Notre troisième contribution porte sur la validation et l'intégration de scénarios prospectifs dans le processus DNPS. Nous proposons une approche pour valider ces scénarios sur la base d'un ensemble de critères issus des sciences sociales et de l'implication de neuf participants dans des discussions. Nous évaluons également l'utilité de ces scénarios par rapport à d'autres outils et au processus DNPS. En outre, nous discutons de la partie amont du processus DNPS et de deux outils de gestion stratégique des produits : la gestion du portefeuille de produits (PPM) et la cartographie routière technologique (TRM). Nous fournissons des lignes directrices pour la validation des scénarios prospectifs pour la conception et soulignons leur valeur pratique. Nous utilisons les six critères suivants : plausibilité, cohérence, pertinence, nouveauté, différenciation et prise en compte de l'incertitude. Les critères de nouveauté et de pertinence nécessitent une intégration avec les outils PPM et TRM, qui n'a pu être évaluée que partiellement dans le cadre de ce travail.

Proposing the integration of far-future prospective scenarios to strategic management tools as part of their validation: The case of gas stations in North America

Auteurs : Joao Gabriel Alves Ribeiro Rosa, Fabiano Armellini, Jean-Marc Robert

Soumis le 14 mars 2023.

Résumé : Cet article traite de l'importance des scénarios prospectifs dans la phase en amont du processus de développement de nouveaux produits (DNPS) et de leur intégration dans les outils de gestion stratégique tels que la feuille de route technologique (TRM) et la gestion du portefeuille de produits (PPM). La validation des scénarios prospectifs est souvent une tâche difficile, et leur utilisation est limitée au développement d'idées et d'incertitudes plutôt qu'à l'exploration du potentiel des scénarios multidimensionnels. Cet article présente une étude de cas sur l'avenir des stations-service au Canada et propose un processus de validation des scénarios. La validité des scénarios a été établie par une analyse approfondie qui a pris en compte six critères (plausibilité, cohérence, pertinence, nouveauté, différenciation et prise en compte de l'incertitude) et impliqué neuf experts. Les critères de nouveauté et de pertinence nécessitent une intégration avec les outils PPM et TRM, qui n'a pu être évaluée que partiellement dans le cadre de cet article. L'approche utilisée dans cette étude fournit des informations précieuses sur l'amont du DNPS, de la PPM et de la TRM en mettant en avant des informations pertinentes et en favorisant des discussions productives sur la stratégie produit. Elle contribue à la théorie en abordant la nécessité et l'adéquation des approches de développement de scénarios dans les outils de gestion stratégique de l'innovation. Le document a également des implications pratiques en examinant un cas d'actualité et en proposant une procédure de validation des scénarios.

Mots clés : Scénarios prospectifs – Validation – Gestion stratégique de l'innovation

6.1 Introduction

Prospective scenarios are representations of future possibilities. They have great potential to contribute to the many problems faced in the front-end (FE) of the new product development (NPD) process and in the design of future products (Nelson, Buisine & Aoussat, 2012; Nelson et al., 2014). Especially in this phase, methods for stakeholder involvement, mining of secondary information sources (such as scenarios) and generation of insights are needed in different industrial applications (Patricio, Moreira & Zurlo, 2018; Chakraborty, Nijssen & Valkenburg, 2022). Nevertheless, the validation and integration of such scenarios by product developers requires more work and depth. Initially, the use of scenarios is limited and partially used to develop insights and uncertainties rather than working with the potential of multidimensional scenarios (Hussain, Tapinos & Knight, 2017). Then, it can be challenging to validate prospective scenarios, especially when they include long-term changes, which is one of their main limitations. Finally, this topic has not received sufficient attention in the management innovation literature.

The success of new products depends of strategic decisions and opportunity analysis that are often made through unstructured processes in the FE (Cooper, 2019; Simms, Frishammar & Ford, 2021). Technology Road Mapping (TRM) and Product Portfolio Management (PPM) are two processes commonly used for this purpose, which are constantly tested and adapted to achieve success in this important but under-researched phase (Oliveira & Rozenfeld, 2010). It is essential to develop tools that support multifaceted analysis for the TRM process in order to mitigate pure technology foresight (Vatananan & Gerdri, 2010; Hussain, Tapinos & Knight, 2017). PPM, in turn, is a dynamic process that needs to be reviewed periodically, aligning projects with the new dynamics that emerge and the company's strategy (Oliveira & Rozenfeld, 2010). These strategies need entrants and other tools to work fully (Oliveira & Rozenfeld, 2010; de Alcantara & Martens, 2019). The same is true for scenarios: as a stand-alone tool in the FE of NPD, it may be ineffective in supporting product planning.

This paper presents part of a research project (source²) on the use of far-future prospective scenarios for FE of NPD. The specific part of this research that is presented in this paper consists of a case study whose goal is to discuss the validation of prospective scenarios. To do this, we work on a system of current practical relevance: the future of gasoline service stations in North America, particularly in Canada (due to the disruptive changes recently announced). The ultimate goal of this paper is to assess the suitability of the results of a prospective scenario development approach for strategic thinking/planning tools such as TRM and PPM. This study contributes to the theory by addressing the need for multi-method approaches that strengthen decision making during the early phases of innovation (Oliveira & Rozenfeld, 2010; Cooper, 2019; Chakraborty, Nijssen & Valkenburg, 2022). Furthermore, it contributes to practice by examining a case of current business relevance and also by proposing a procedure for scenario validation.

The remainder of this article is organized as follows: section 2 presents a topic review of the literature on related themes, followed by the methodology (section 3), then the results (section 4), discussion (section 5), and conclusions (section 6).

6.2 Literature review

The topics "Scenarios and their Validation" and "Strategic Tools in the FE of NPD" are briefly introduced in the next two subsections with the aim of introducing the reader to the relevant topics that will be related throughout the article.

6.2.1 Scenarios and their Validation

Scenarios are an umbrella of methods adapted for different purposes. In short, they are representations of a given imagined or real situation to stimulate reflection and discussion. They allow for learning and building mental maps before making decisions (Chermack, 2005; Hussain, Tapinos & Knight, 2017).

² Care has been taken not to cite the source, as this would reveal the authors of the article during the blind review process. This will be added if the article is approved.

In NPD, scenarios are usually representations in which an actor interacts with an object/system to achieve a goal in a given context (Rosson, Carroll & Hill, 2002). They can be based on past, present, or future experiences. Prospective scenarios create representations of the future (Rasmussen, 2008) and convey interactions with currently planned products to identify subsequent gaps and impending failures (Rosson, Carroll & Hill, 2002).

The creation of prospective scenarios in NPD, based on prospective data, the creative potential of practitioners, and intuitive logic, has the potential to be explored in the FE of NPD. Defining scenarios early in the innovation process allows critical points to be identified, and doing so can improve decision making (Meissner & Wulf, 2015; Hussain, Tapinos & Knight, 2017).

Once created, prospective scenarios should be validated. Their validation remains a major challenge that is little addressed in the literature. Moreover, the difficulty of validating representations of the future is understandable. In this case, prospective scenario validation usually consists in confirming the robustness and value of the constructed scenarios, reducing and eliminating errors, that is, scenarios that are useless for the given purposes (Amer, Daim & Jetter, 2013). A possible validation would be to see if they come true. This could only be done in longitudinal studies, which would take a lot of time. In addition, if a scenario comes true, it becomes reality and therefore no longer relevant for foresight purposes.

Across the various disciplines that work on scenarios, there are some frameworks that attempt to provide some sort of validation for the scenarios created. A non-exhaustive list of applications of prospective scenarios found in the existing literature is presented below.

Reality check: Comparing the scenario with real-world data and evidence to assess its plausibility. This may involve analysis of historical data and field research (Chakraborty, 2011; Berkhout, Hertin & Jordan, 2002). In the field of climate change, it is common to use a combination of observational data, models, and expert judgment, often guided by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Special Report on Emission Scenarios (SRES).

Stress testing: Subjecting the scenario to a range of extreme or unlikely conditions to assess its robustness. This may include simulating unexpected events, exploring the limits of key assumptions, and testing the scenario against a range of alternative hypotheses (Sorge, 2004). The practice of stress testing scenarios is widely used in risk management and risk assessment, particularly in the financial sector (Sorge, 2004).

Sensitivity analysis: Varying key assumptions or parameters in the scenario to see how they affect the outcome. This can include changing variables such as population growth, technological progress, or the availability of natural resources (Saltelli, Vidoni & Mascherini, 2009). Environmental modeling makes extensive use of this technique.

Involving stakeholders: Engage in dialogue with stakeholders, experts, and other interested parties to discuss the scenario and gain insight into its implications and potential challenges. This can help identify areas of agreement and disagreement, as well as potential unintended consequences (Berkhout & Hertin, 2002).

These are some of the most common techniques used for scenario validation, whose goal is to ensure their robustness with respect to a set of criteria. But what should be the criteria for validating a scenario? To answer this question, Amer, Daim and Jetter (2013) in their work compared the scenario validation criteria of different authors. These criteria are often not explicit or the validation is not called as such. For us, Wilson (1998) and Van der Heijden (2011) stand out because they present a more complete set of criteria. Wilson proposes 5 criteria where: plausibility - "the selected scenarios must be capable of happening", consistency - "the combination of logics in a scenario must ensure that there are no built-in internal inconsistencies and contradictions", relevance - "each scenario should contribute specific insights into the future that help make the decision", novelty - "the scenarios should challenge the organization's conventional wisdom about the future" and differentiation - "they should be structurally different and not simple variations on the same theme" (Amer et al., 2013). Van der Heijden's (2011) criteria are: "each is plausible, internally consistent, relevant to the client's concerns, and generates original perspectives on the issues" (Amer et al., 2013). Van der Heijden also suggests selecting at least two scenarios that reflect uncertainty.

6.2.2 Strategic tools in the FE of NPD

The FE of NPD is the early stage of the process that precedes the concept proposal and approval of the product to be developed (Koen et al., 2001; Patricio, Moreira & Zurlo, 2018). It is when the development team identify and evaluate product opportunities and concepts, market needs and technological possibilities, trace plans and select product projects (Koen et al., 2001; Oliveira & Rozenfeld, 2010; Crawford & Di Benedetto, 2011). Thus, these various analyses, filtered and discussed from product strategies, are transformed into product concepts and then into

projects that realize these concepts (Oliveira & Rozenfeld, 2010). According to researchers in the field, this phase lacks structure and tools and needs more attention (Barczak, Griffin & Kahn, 2009; Oliveira & Rozenfeld, 2010; Simms, Frishammar & Ford, 2021).

TRM is a type of strategic planning tool used to define the evolution plan of a product, establishing a relationship between the strategy, the product charter, and the technologies needed to achieve the company's goals (de Alcantara & Martens, 2019). Its widespread use justifies the convenience of choosing such an approach here. The goal of this exploratory and iterative process is to draw a time plan for the company from the considerations of where it is now, where it wants to be in a certain time and how to get there (Phaal, Farrukh & Probert, 2007).

Organizations find it difficult to adapt roadmapping to different dimensions and contexts and to combine it with other resources (Phaal, Farrukh & Probert, 2004; 2007). In addition, TRM cannot be only about technology development, it must integrate other exercises that bring important reflections of different aspects of the market, needs, etc. (Nimmo, 2013). Finally, TRM does not lead to a portfolio, which is desirable for PPM maneuvers.

Aiming at some difficulties that companies have in applying TRM, different approaches have been developed and studied such as the T-plan (technology plan) and S-plan (strategic plan) (Phaal et al., 2003; Phaal, Farrukh & Probert, 2004). T-plan was developed to facilitate the rapid insertion of the technology roadmap, seeking to establish links between technology resources and business drivers, identify gaps and insights in technology intelligence, the market, etc. (Phaal, Farrukh & Probert, 2007). On the other hand, S-plan is tailored to support the overall strategic assessment, identify and explore opportunities, support investment prioritization, etc. (Phaal, Farrukh & Probert, 2007). Both processes (which can be highly customized) include a planning, preparation and scoping phase, a series of workshops, and conclude with a final review or roll-out phase (Tableau 6.1) (Phaal, Farrukh & Probert, 2007). Therefore, these two approaches have been chosen for this article.

Tableau 6.1 : Comparison between S-plan and T-plan approaches. Adapted from Phaal, Farrukh and Probert (2007).

S-plan phases	S-plan activities
Planning	Define scope; prepare exercise.
Market	Identify market/business drivers; prioritize.
Product	Develop product features concepts; measure impact; construct product strategy; identify gaps.
Technology	Propose/create technology solutions; measure impact.
Roadmapping	Link technology resources to future market opportunities; identify gaps.
Roll-out	
T-plan phases	T-plan activities
Planning	Define scope, prepare exercise.
Strategic landscape	Identify, review and prioritize issues.
Innovation opportunities	Identify and prioritize opportunities.
Opportunities exploration	Explore way forward and identify key issues; repeat.
Way forward	Review opportunities; agree way forward actions; agree roadmapping in NPD.
Review	Review learning and actions.

Strauss and Radnor (2004) and Saritas and Aylen (2010) have suggested merging scenario planning and TRM. Hussain, Tapinos and Knight (2017) attempt to approximate them through a sequence of activities. They finally invite researchers and practitioners to "engage in technology foresight by starting with a comprehensive approach to scenario development and using roadmapping" (Hussain, Tapinos & Knight, 2017, p. 173).

In turn, PPM is a process that aligns the management of individual product projects with the management and strategy of business operations (Oliveira & Rozenfeld, 2010). More than just managing individual projects, it involves managing a group of projects to achieve specific business goals, commercial and technological partnerships, reaching new market niches, etc. (Levine, 2005; Oliveira & Rozenfeld, 2010).

Below a PPM process (Tableau 6.2) whose authors (Archer & Ghasemzadeh, 1999) made a deep analysis of each feature and for us is a timely reference. It is defined as a dynamic process in which the product portfolio is aligned with the established organizational strategy and is periodically reviewed and updated into active, inactive, starting and retiring projects (Levine, 2005). That is, during the process, current product projects are revised or canceled and new ones are evaluated, selected, and prioritized (Cooper, Edgett, & Kleinschmidt, 2001; 2002).

Tableau 6.2 : PPM process of Archer and Ghasemzadeh (1999).

Pre-process	Process	Post-process
Definition of strategy	Pre-screening	Control of ongoing products
Selection of the process methodology	Individual product project analysis	
	Screening	
	Product portfolio selection	
	Portfolio adjustment	

While these strategic methods address the above-mentioned purposes of trying to mitigate some of the problems of FE of NPD, they have their weaknesses and are far from covering all the flawed aspects of FE, such as: It is difficult to have a clear vision of the future (Vettorello, Eisenbart & Ranscombe, 2022; Pham, Magistretti & Dell'Era, 2023), and without a clear understanding of the future landscape, organizations may struggle to develop effective TRM and PPM (de Alcantara & Martens, 2019); Organizations are often unable or may struggle to anticipate and adapt to changes in the market, technology, emerging lifestyles or other external factors (Oliveira & Rozenfeld, 2010; Dell'Era, Altuna & Verganti, 2018); It is difficult to align product development activities with their overall strategic goals (Cooper, 2019); It is also difficult to select the best NPD options with limited resources and an uncertain future (Vettorello, Eisenbart & Ranscombe, 2022); Finally, among other problems, it is difficult to create a comprehensive product portfolio that addresses the needs of different stakeholders and considers the potential impact of emerging technologies and external factors (Gattringer et al. 2021; Kock & Gemünden, 2021).

In summary, strategic management requires a holistic vision that identifies and defines the goals and the actions needed to achieve those goals. Garvin and Levesque (2006) identify four key stages of strategic management. The first is **environmental scanning**, where companies examine external factors that may affect their business, such as economic trends, political changes, and market developments. This is followed by **strategy formulation**, in which the company defines its mission, vision, and strategic positioning based on the opportunities and threats identified in the external environment. Scenario planning contributes to these first two steps. The third step, **strategic programming**, consists of developing detailed plans to implement the previously defined strategy. This is where strategic tools such as TRM and PPM come into play, preparing the organization for the final phase, **strategic implementation**.

These two tools are therefore useful examples of strategic planning because they help to specify the plans, programs, and initiatives needed to implement the organization's overall strategy. They have been chosen here because they are the best-known tools for this purpose. Moreover, recent studies have reformulated and adapted these tools to new realities (Hussain, Tapinos & Knight, 2017; de Alcantara & Martens, 2019; Chakraborty, Nijssen & Valkenburg, 2022; Jugend et al., 2022). Finally, by using scenarios for steps 1 and 2 of strategic planning, organizations can create templates for subsequent steps of strategic programming, making tools such as TRM and PPM even more effective.

In summary, the validation of prospective scenarios is a significant challenge that is often overlooked in the literature. It generally involves confirming the robustness and value of the constructed scenarios by reducing and eliminating errors, ensuring that the scenarios serve their intended purposes.

Berkhout and Hertin (2002) propose engaging in dialogue with stakeholders, experts, and other interested parties to discuss the scenarios and gain insights into their implications and potential challenges. This can assist in validating the plausibility of the scenarios and identifying areas of agreement and disagreement.

Wilson (1998) and Van der Heijden (2011) present several validation criteria such as plausibility, consistency, relevance, novelty, differentiation, and reflection of uncertainties. However, the criteria of relevance and novelty are closely tied to the usefulness and novelty that

the scenarios bring to the organization. In the context of innovation, processes and tools are needed to aid in structuring and overcoming the challenges of identifying and evaluating opportunities.

6.3 Methodology

Our research utilizes an exploratory case study methodology (Yin, 2011) to explore the complex topic of scenario validation and gain preliminary insights into its dynamics and context. Specifically, we propose activities aimed at validating prospective scenarios and discuss its possible integration into innovation management tools, focusing on the gas station system as a case study application.

We propose that the scenario undergoes a journey (scenario journey - Figure 6.1) where the scenario is created (1), validated (2), and, in the context of the study domain of this research, integrated (3) into the product strategic management process. The focus of this paper is on the validation of prospective scenarios, drawing inspiration from the criteria proposed by Wilson (1998) and Van der Heijden (2011). In addition to the five common criteria, we include Van der Heijden's (2011) requirement that at least 2 scenarios must reflect uncertainties. To ensure that the scenarios meet the validation criteria throughout their journey, we propose certain activities (Parrish, 2006; Quesenbery & Brooks, 2010; Rhydderch, 2017; Al-Samarraie & Hurmuzan, 2018) and engage in dialogue with stakeholders and experts (Berkhout & Hertin, 2002) for the evaluation of these criteria, once the scenarios are created. Two of these criteria, relevance and novelty/original perspectives, are closely related to the integration of scenarios into the product strategic management process. Since such integration was not achieved, we discuss in section 6.5.1 the suitability to the front-end of new product development (NPD) and its tools.

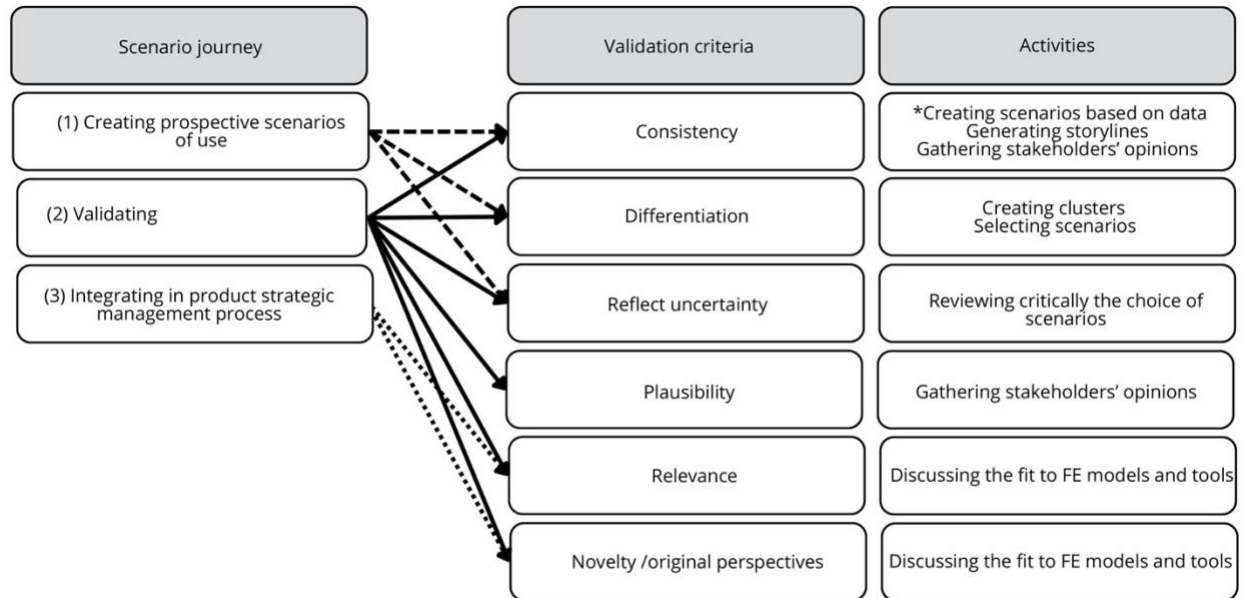


Figure 6.1 : Relationship between scenario journey and scenario validation criteria and activities performed.

* With the exception of creating scenarios based on data (part of the activities described in 3.1), all of the activities in Figure 6.1 are detailed in the following subsections.

To this end, we will briefly present the scenario creation approach (source³) and then move on to the main discussion of the validation process.

6.3.1 (1) Creating prospective scenarios of use - Overview of scenario creation approach

The scenario building approach used here consists of the following 4 steps.

Creating scenarios based on data - System variables understanding and definition

We understand the dynamics of the system, identify the needs it satisfies, the objectives behind the activities that permeate it (of the different stakeholders, users, workers, etc.), and other products and systems that may interact with it. We employed task analyses (Annett, 2003; Phipps

³ Care has been taken not to cite the source, as this would reveal the authors of the article during the blind review process. This will be added if the article is approved.

et al., 2011) and field observations (Kawulich, 2005; Ciesielska et al., 2018). We determine the key units that define this system, focusing on the human needs and activity/objective aspects, including the ecosystem in which it is inserted and/or interacts. These identified key variables of the system will guide the search for future trends and constraints that may affect them.

Creating scenarios based on data - Conditions of future identification and categorization

From the previously selected system variables, a search for future trends and constraints that may affect them begins. We discuss with stakeholders (Berkhout & Hertin, 2002; Kahn, 2012), review literature (Snyder, 2019; Donthu et al., 2021), analyze patents (Breitzman & Moge, 2002; Trappey et al., 2011; Abbas, Zhang & Khan, 2014), trend reports, and other documents (previous prospective studies, statistical agency reports, regulatory agency reports, newspapers, and international agreements and communications).

Creating scenarios based on data - Data confrontation and analysis

A matrix of confrontation of system variables and conditions of future is created, based on the principles of QFD (Quality Function Deployment) (Cheng, 2002). Thus, we analyze and determine which are the trends that most affect the variables and also which are the most likely variables to be affected.

Creating scenarios based on data - Creation prospective scenarios of use

Once the parameters of the scenarios have been determined, it is necessary to create them. From the activities carried out so far, several possibilities are approached and potentialized through creativity techniques (Grube & Schmid, 2008; Leopoldino et al., 2016) and intuitive logic (Wilson, 1998; Derbyshire & Wright, 2017). The General Morphological Analysis (GMA) (Zwicky, 1969; Ritchey, 2011) is used as a method that generates random combinations for the generation of different scenarios and associated with brainstorming, based on the learning accumulated so far from the identified tendencies and the circumscribed system.

6.3.2 (2) Validating

Once the scenarios have been generated, the question arises as to how they can be validated. Our proposal to validate the generated prospective scenarios is to try to satisfy the combination of

Wilson's and Van der Heidjen's criteria (a total of six, where novelty and original perspectives are counted as one criterion) by essentially associating them with different activities and uses.

The first criterion, **consistency**, is primarily related to the creation of scenarios. For these to be consistent, one must rely on data and methods that guarantee such robustness. For validation, consistency is ensured by developing the selected scenarios and ensuring that they are understood by the audience. We develop them by creating storylines based on the research on future trends, constraints, etc. Later, we ask the experts if they think the scenarios make sense and are consistent.

As for their selection, the criterion of **differentiation** is the main guide. We regroup similar scenarios into clusters and then select from each cluster the scenarios that will proceed to the next step. We need scenarios that are differently representative and not variations of the same scenario. The goal is not only to form a final heterogeneous group, but also to ensure that disruptive and highly uncertain scenarios are included that meet the criterion of **reflecting uncertainties** (at least two scenarios). To do this, the scenario writers evaluate and assign scores to the representative scenarios.

The **plausibility** criterion, in turn, is validated by stakeholders and experts in fields highly related to the scenarios in question. They evaluate and score the scenarios based on their plausibility.

Finally, the criteria of **relevance** and **novelty/original perspectives** correspond to the usefulness of that these scenarios will have in the NPD. Here, we discuss the adequacy of the scenarios to the FE and some of its tools.

Creating clusters and selecting scenarios

Once the scenarios have been generated, the question of what to do with the piles of scenarios arises. The validation work begins with the grouping, selection, and development (here in storylines) of the scenarios.

The number of scenarios can be driven by the creativity technique used here (generation of random combinations) and escape from a realistic number of scenarios to be elaborated. In order to arrive at a rational scenario, taking into account the **validation criteria of differentiation**, the scenarios are regrouped in clusters (Kaufman & Rousseeuw, 2009). The use of clustering to

facilitate scenario selection can provide a better understanding of the possibilities, a reduction in the complexity of the analysis, which can make it easier to identify and visualize patterns.

We need scenarios that are original and very different from each other. Many scenarios will differ slightly, for example, in technological and/or design responses to the technological parameter. One way to do this is to group families of scenarios according to their characteristics. Here we can group them according to major axes such as the types of vehicles they contain, the parameter location in which the gas stations serve, the type of energy/fuel the scenarios propose, etc. We understand that you can also create clusters depending on the strategic objective of the organization.

From this point on, we are going to merge and edit scenarios that diverge in small aspects, creating the most relevant and representative scenarios.

Now we have to select the representative scenarios for each group. For us, the goal would be to have a diverse group of scenarios for each of the three values of the location parameter (urban center, rural/outskirt area, and highway). Also, to focus on the scenarios where the vehicle parameter is a domestic car (excluding motorcycles, trucks and heavy vehicles, etc.).

To determine the representative of each cluster, we look for the most frequent elements and analyze the advantages and disadvantages of the options, taking into account the objectives, constraints and priorities of the group. The decision is based on consensus or voting. If necessary, the options or aspects considered important are adjusted.

For example, in the cluster of highway scenarios, a scenario where the user is a family (composed of several members of different ages) will generate more questions and thus become more representative than a scenario where there is only the driver of the vehicle.

Reviewing critically the choice of scenarios

The selected scenarios are subjected to an analysis based on the criterion **uncertainty**, where in each final set there must be at least two scenarios that reflect major uncertainties. For this purpose, an analysis of the scenario composition is carried out by the development team and the scenarios are classified as having 1 to 5 high uncertainties.

In order to create a matrix analysis and facilitate discussions and data visualization (Rhydderch, 2017), we assign the uncertainty criterion in axis x. In addition, to create another

interesting dimension of analysis, we add other axis (y) based on the apparent disruption that each scenario would bring to the status quo where: 1 (minor or expected) to 5 (major or unexpected disruption). The addition of the disruption criterion in the matrix is valid because it represents significant changes that may occur in the system, generating new opportunities or challenges for the companies involved. As such, the scenarios considered more disruptive may cause more threats to the system and, therefore, should be analyzed more carefully.

Once it is agreed that the selected scenarios represent the most salient options from the set of scenarios generated and represent uncertainties, they could be developed in detail.

Generating storylines

In this activity, with a reasonable number of different scenarios representing different future situations, the development team can create narratives (Parrish, 2006; Quesenbery & Brooks, 2010) so that these scenarios are richer in detail and supported by other elements that make up the system. To do this, we draw on the insights and data generated earlier. Future trends and constraints will be essential to fill in the scenario storylines and imagine interactions. We use extensive prospective research and brainstorming techniques (Al-Samarraie & Hurmuzan, 2018). We also create and collect drawings and images for visual support.

Gathering stakeholders' opinions

The scenarios created, selected and developed in the form of storylines have been subjected to the criteria of consistency, differentiation and reflection of uncertainties. It is necessary that they pass through a **plausibility** validation, here done by the method of out loud voting by stakeholders and experts, individually consulted. For each group of scenarios presented (outskirt/rural area, urban area or highway), the participants assign scores to the three most plausible in the group (scores of 3, 2 and 1). A certificate of ethics (Annex A) was obtained for this interaction with human subjects, and data protection procedures were strictly followed.

With the same objective (used in the uncertainty criterion) of creating a matrix that facilitates the analysis, discussion and visualization of data (Rhydderch, 2017), we assign the results of the plausibility criterion in axis x and create in axis y a time line (short-term and long-term). The experts judged, in each scenario group, the shortest-term and the longest-term scenarios. The sum of the votes generated the y position of each scenario in the matrix.

The choice of the axes "plausibility" versus "time" in a prospective analysis matrix allows the researcher to visualize the probability of a scenario occurring in relation to time. Time was chosen because it allows one to discuss and evaluate the urgency or relevance of the scenario, which can be short, medium or long-term.

We consulted individually with 9 experts in fields highly related to the system in question: An economist specializing in industrial business plans (E1), a designer specializing in the future of interfaces (E2), an Internet of Things and data science specialist (E3), a retail operations director in an oil company (E4), an operations director in a second oil company (E5), a head of modeling and life cycle in an energy company (E6), a strategy consultant in an energy company (E7), a senior research scientist in transportation and logistics development (E8), and an expert in energy conversion and distribution (E9). In this case study, the time required for each participant may vary, but on average it is estimated to take approximately one hour per participant. All experts are over 30 years old with more than 10 years of professional experience. One has a bachelor's degree (E5), seven have master's degrees in their fields, and one has a Ph.D. degree (E9).

Their role is first to express whether the scenarios are plausible. They were also asked whether the scenarios presented were consistent and made sense, in a "yes" or "no" evaluation, for a revalidation of the consistency criterion. In addition, participants were asked to identify the shortest and longest scenario in each group. Finally, they were asked to express any new ideas, criticisms, or new images of the future that the presentation of these scenarios might evoke.

6.3.3 (3) Integrating in product strategic management process

Relevance and **novelty/original perspectives** are linked to the use and application of scenarios. The first concerns the contribution of the scenarios to decision making, demonstrating their value, and the second stimulates and drives the organization's knowledge of the future, working on the innovation potential. These last two criteria are in the discussion section (section 5) and not in the results.

In consulting key references, we aimed to understand the basic principles of PPM and roadmapping methods and their practical application in strategic management (Cooper, Edgett, & Kleinschmidt, 2001; Phaal, Farrukh & Probert, 2004; Levine, 2005; de Alcantara & Martens, 2019; Park, et al., 2020). We carefully analyzed the input requirements of these methods and compared

them to the data and information available from the scenario journey. Our analysis is a preliminary investigation that helps us understand the potential usefulness of these methods at this time. It's an analysis of possibilities in lieu of an empirical implementation that we haven't done yet.

6.4 Results

By applying the methods and activities described in the methodology, we arrived at the results presented in this section.

Since the scenarios developed in this research were not framed in the strategic plan of a specific organization, as our main objective was to weave the possibilities, we were not able to apply them directly in an NPD process in this paper.

To illustrate what we mean by a scenario (Annex B), we share below an excerpt from one of the scenarios created in this study. These storylines are accompanied by visual support (drawings and images)⁴.

Scenario C - An elderly woman wants to recharge her electric car by 30% on the road during a short trip. The car's navigation system locates the next service station before it reaches its remaining battery capacity of 15%. After locating the station, the woman drives to the location. When she arrives, she parks in the indicated space and starts the pairing between the vehicle and the service station. The woman accepts the pairing through the on-board screen and the station's virtual assistant greets her and starts the service. She makes selections using voice-activated commands. The animated virtual assistant asks her if she will get out of the car and use one of the offered services on the site (catering, accommodation or entertainment). The woman says she will stay in the car. The assistant asks if she wants some type of product (beverages, food, etc.) to be delivered to the spot she occupies (14A). She says no. It asks if she would like to charge by minute, battery-charge percentage or amount of money. She suggests by percentage. It asks by how many percent she wants to recharge. She answers 30%. It asks for a few seconds to calculate time and price. It informs her that the service will take 15 minutes and cost 5 dollars. She accepts and the recharge starts through a robotically-coupled cable. The lady puts her streaming service on the onboard screen and continues to watch her series from where she left off. After the estimated time, the assistant interrupts saying that the objective was accomplished and that she can see the receipt on the store's app or through the app of the registered credit card. It

⁴ There is the possibility to insert the illustration of the exemplified scenario if the article is accepted.

asks if the woman wants something else. She answers no. Then the guide ends the service and thanks her, releasing the car and ending the pairing. This roadside station generates its own energy through solar panels and wind towers.

The differentiation criterion (Wilson 1998; Van der Heijden, 2011) is ensured by selecting representative scenarios in clusters (Kaufman & Rousseeuw, 2009). They must be very different and represent the most salient options of the group. In this way, we have selected 12 scenarios that are different from each other, divided into 3 groups (urban center, highways, and rural and/or outskirts zone). The aim is to have emblematic scenarios that stimulate the richest discussion on the disruption of the status quo.

Example of GMA (Ritchey, 2011) randomizing scenario parameters.

```
['according to the percentage', 'teenager', 'hydrogen', 'stand alone',  
'electric', 'underground', 'touch screen', 'highway']
```

```
['according to time', 'adult', 'induction', 'gratuity/data',  
'electric', 'parking', 'manual', 'highway']
```

```
['according to the percentage', 'seniors', 'induction', 'generate own  
energy', 'flex', 'top buildings', 'voice command', 'rural']
```

```
['according to the percentage', 'employee', 'wind', 'generate own  
energy', 'autonomous', 'work place', 'manual', 'rural']
```

```
['refuel completely', 'young adult', 'hydrogen', 'stand alone',  
'shared', 'top buildings', 'decentralized', 'urban']
```

```
['according to the percentage', 'seniors', 'solar', 'profit/vol',  
'shared', 'work place', 'decentralized', 'urban']
```

As stated in the literature/methodology, in each group of scenarios selected, at least two must have high uncertainties (the second criterion) (Van der Heijden, 2011). In order to validate the choice in line with the uncertainty criterion, the group of scenario developers analyzed the level of uncertainty of each scenario, classifying them as having 1 to 5 high uncertainties. The other axis of discussion was the apparent disruption that each scenario would bring to the status quo - 1 (minor or expected) to 5 (major or unexpected disruption). The result was the matrix (Rhydderch, 2017), below (Figure 6.2).

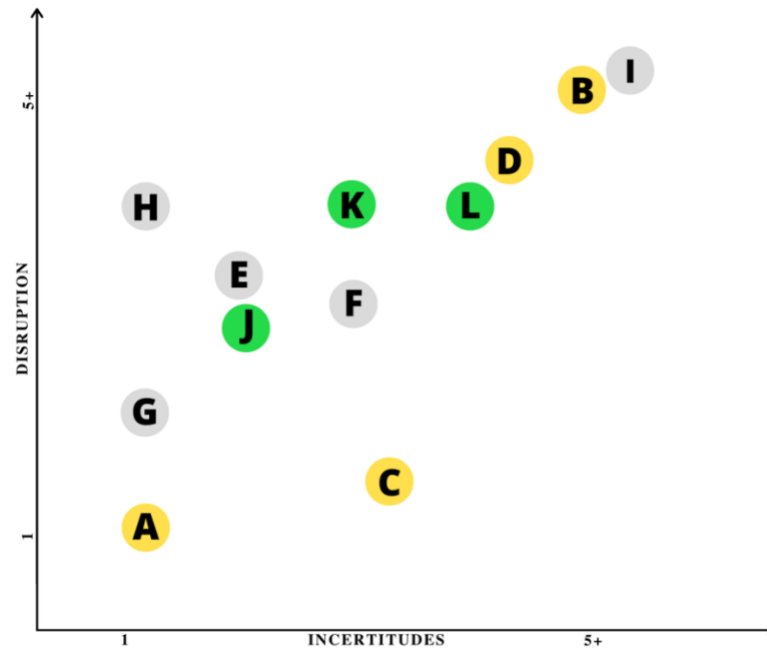


Figure 6.2 : Scenario matrix – Disruption versus uncertainties

Green – Rural and/or outskirt zones; yellow – highways; gray – urban centers

A – Major center - elderly woman stops to recharge during her trip at a center that offers many services, accommodations and entertainment

B – Smart highway - recharging is done by induction on a lane reserved for recharging

C – Stand stations – family stop in a stand for supercharging and tire inflation, distributed on the highway

D – Vehicle auto-recharging - the vehicle partially recharges itself while driving

E – Station building - user recharges his flying electric vehicle at the top of the buildings.

F – Underground station - autonomous vehicle is maintained and recharged by induction in an underground station

G – Parking station - co-sharing vehicles recharge at their milestone, parking center

H – Commercial centers stations - user goes shopping at the mall and the recharge of his vehicle is related to the time and money spent inside

I – Smart city - decentralized charging model at intersections, traffic lights, and mandatory stops, with public-private partnerships.

J – Energy generator station - station offers a mix of energies and produces part of its own energy

K – User generates/provides energy - user becomes an active participant in the network and partially fills the role of the service station in its surroundings

L – Battery station - senior with removable battery, inserts the almost empty battery on the station and takes a charged one

Although it is assumed that all 12 selected scenarios represent different uncertainties, it is confirmed that in each group there are at least 2 scenarios with 3 major uncertainties. In particular, scenarios J, K, and L are not only rural and/or outskirt scenarios. They were chosen for the rural group precisely to stimulate discussion about their suitability and possible new scenarios and insights. Finally, they are also scenarios that need more physical space to happen, as is the case in rural areas.

The validation process then continued with the participation of experts and stakeholders (as described in the Methodology section) (Berkhout & Hertin, 2002; Berkhout, Hertin & Jordan, 2002). The participants voted on the plausibility (Wilson, 1998; Van der Heijden, 2011) in each group by assigning the scores 3, 2 and 1 to the most plausible scenarios (with 3 being the most plausible in the group). Tableau 6.3 below shows the degree of plausibility of the scenarios presented according to the respondents.

Tableau 6.3 : Sum of plausibility scores for scenarios.

Group	Urban center scenarios					Highway scenarios				Rural/outskirt zone scenarios		
Scenario	E	F	G	H	I	A	B	C	D	J	K	L
Sum of scores	6	10	14	21	3	20	12	12	10	19	20	15

We take advantage of the exercise with the various experts to discuss another possible analysis: which scenarios they consider to be the longest or the shortest time. The weightings are shown in Tableau 6.4 below.

Tableau 6.4 : Sum of votes scenarios long and short-term.

Group	Urban center scenarios					Highway scenarios				Rural/outskirt zone scenarios		
Scenario	E	F	G	H	I	A	B	C	D	J	K	L
Long term	0	0	0	0	9	0	7	0	2	4	2	3
Short term	0	0	1	8	0	6	0	3	0	1	5	2

From this two-dimensional analysis, we create a plausibility versus time matrix for the scenarios presented (Figure 6.3) (Rhydderch, 2017).

Finally, they validated whether the scenarios presented were consistent and made sense, in a "yes" or "no" evaluation, for a revalidation of the consistency criterion. For them, all the scenarios are understandable and the combination of logics in each scenario ensures that there is no built-in internal contradiction.

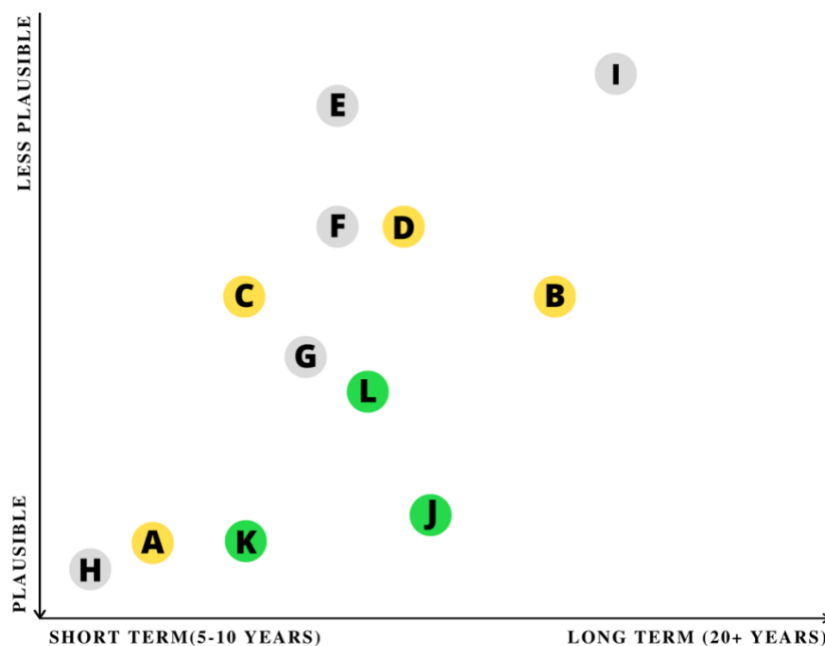


Figure 6.3 : Scenario matrix plausibility versus time.

6.5 Discussion

It is important to understand that the validation of prospective scenarios is more comprehensive than their evaluation. For prospective scenarios, especially those with distant time windows, validation would be to see them come true. However, the goal of this type of prospective exercise is to create scenarios that stimulate discussion and the creation of useful products, even if the scenarios do not come to pass.

The difficult attempt to validate scenarios has been theoretically described by Wilson and Van der Heijden. Based on their work, we adapt the validation in the stages of scenario development, the evaluation by stakeholders and experts, and the integration of the scenarios in NPD.

The distributed validation, through the scenario journey, in the creation, evaluation and use of these scenarios allows to guide the process and to arrive at results that are consistent with the objective of supporting the FE phases of the development process.

According to the "consistency" criterion, we must create scenarios that are consistent, have a combination of logics, and are based on reliable sources. To this end, the creation of scenarios leads to an understanding of the object of study and to the identification of future conditions factors based on solid information. The cross-analysis of this data gives rise to logics that represent concrete future possibilities.

We then try to ensure in the approach that we have scenarios that are different from each other (not variations on the same theme), directly linking this criterion to the selection of the scenario among the clusters created.

The validation plausibility criterion is linked to its own validation activity, where we present the scenarios to experts and stakeholders and create a plausibility versus time matrix. The activity demonstrates that the scenarios are feasible according to the experts.

The criterion that at least two of the scenarios developed must reflect uncertainties is here linked to the whole approach and specifically to phase 1 (through selection) and the validation phase. Internally, when we analyze the level of uncertainties that the scenarios present in relation to the status quo (aborted in the previous section), we consider that they all represent uncertainties at different levels and we have presented it through a matrix.

Finally, the last two criteria, relevance and novelty, are related to the use of the scenarios created and evaluated here. The relevance of these scenarios lies in the value that their instrumentalization can have. The possible insights into the future that they can bring fit into the strategic product management tools presented here (PPM and TRM). If they are able to inspire strategic planning for the design of new products and services, they fulfill the relevance criterion. The same applies to the novelty criterion. The scenarios must challenge the conventional and thus serve as a tool for designing disruptive innovations.

In the case of this research case, the scenarios that contain fewer elements of uncertainty tend to be the most likely, and the most disruptive scenarios are the most dangerous to the current system. Thus, the scenarios to pay the most attention to are those with less uncertainty and greater disruptive potential. Thus, we see some evidence that the likely trajectory of scenarios is beginning to be drawn in a bottom-up, left-to-right direction (Figure 2.1).

Scenario H is considered the most plausible and the shortest in time, and still the most preferred in urban centers; the user distributes his recharging between commercial centers. Meanwhile, the farthest in time (I) was considered to be the smart city that integrates several charging points at road intersections, mandatory stops, etc.

In the area of roads, large charging stations with various services and energy sources were chosen as the nearest, while the intelligent road was considered the furthest away. Nevertheless, the intelligent road is plausibly linked to the charging stations and, finally, to the vehicle that partially recharges itself. For rural and outskirts areas, the most plausible scenario, and also the most immediate, according to the experts, was the user becoming an active participant in electricity production, becoming an energy supplier and at the same time fulfilling the role of a gas station. While they see the most plausible scenario in the short term, this scenario could also become a long-term one. This is another interesting point of limitation in validating scenarios that represent more distant moments on the scale. Their creation may be facilitated by the information gathered and the creativity techniques seen in the approach, but their validation remains complicated.

It is interesting to note that there is some agreement when it comes to analyzing scenarios for urban centers. When presented with scenarios for roads, suburbs, and rural areas, opinions are much more divided. In addition to the fact that the discussion is more advanced, we have many images of what the future of cities will look like, shared collectively through movies, TV news, etc., while

the discussion of the future of these other zones is still in its infancy. The negative side is that we may already be biased by the solutions that have already been discussed, and it is difficult to go for more radical innovations.

Another hypothesis is that the scenarios chosen for the discussion of roads and rural/outskirt areas are not the ideal representatives (as our choice in placing the rural scenarios). Nevertheless, other scenarios or insights did not appear among the experts. The exercise can show where more attention is needed to identify combinations that have not yet been considered.

Given the system chosen as the object of application of the approach, future research could focus on scenarios for roads and rural areas. Another interesting obstacle for future service stations in urban centers is the limited space to support the production of different energies, infrastructure, longer charging time, etc. This obstacle has less impact in rural areas and on roads. Other problems resulting from the lack of space include the implementation of energy generation (wind, solar, geothermal, etc.), energy conversion and storage. Therefore, during the evaluation of our discussion, we identify the rural/outskirt areas as the first place to implement some interesting and yet disruptive innovations and/or to test some of those identified as distant scenarios.

6.5.1 Integration in product strategic management

The development of prospective scenarios is shown to be a tool that fits the different activities of the FE of NPD. These activities can help to create, use or deploy scenarios (according to the scenario journey phases 1 - scenario creation or phase 2 - scenario validation).

The general first activities related to the identification, discovery and analysis of opportunities, whether market or technological, are inputs to the creation of such scenarios. Thus, the activities that typically follow this phase, related to the development of objectives, selection of ideas and concepts, can in turn use scenarios. Finally, the activities involved in product planning, product evaluation and approval for development can use scenarios to communicate and derive requirements for future products from future activity scenarios.

The communicative and facilitative potential of scenarios serves as a materialization of prospective technological, market (focused on activities and needs), societal information, among others. It is a piece that can be strategically manipulated and discussed through matrices, trial sessions, construction of trajectories, etc.

As for the adequacy of prospective scenarios, we propose the fit to TRM and PPM (Tableau 6.5), in the validation phase (Phase 2) of the approach. This fit is justified because we have an exercise of strategic discussion that could generate a prioritization that is current in the planning and execution of TRM. Thus, the scenario approach increases the tool set to allow TRM participants to work around something more reliable to support its initialization and strategic definition process for PPM as well. The approach looks for market profiles and needs, builds a portfolio that can be passed on to TRM and PPM, supports the evaluation, prioritization and selection of opportunities, brings about the materialization of future impacts and threats, and facilitates the discussion of the consequences of product requirements. Scenarios create provocations at different levels (product, industry, needs, technological, marketing, mental models, etc.) and address the weakness of the literature in integrating technical and human problems.

Tableau 6.5 : Approach's fit to PPM and TRM. Abbreviations: Sc.J. Scenario journey.

PPM	Fit	Sc. J.	S-plan	Fit	Sc. J.	T-plan	Fit	Sc. J.
Pre-process								
Definition of strategy	Create	1	Planning	Create	1	Planning	Create	1
Selection methodology			Workshop A	Create	1	Workshop A	Create	1
Process			Workshop B	Create	1	Workshop B	Create	1
Pre-screening			Workshop C	Create	1	Workshop C	Create/use	1/2
Individual product project analysis	Use	2	Workshop D	Use	2	Workshop D	Use	2
Screening	Use	2	Review	Deploy	2	Roll-out	Deploy	2
Product portfolio selection	Use	2						
Portfolio adjustment								
Post-process								
Control of ongoing projects								

Both the strategy definition and planning phases of PPM and TRM are linked to phase 1 of the scenario approach and have the potential to contribute to the creation of scenarios. Next, the pre-screening phase in PPM, which includes the activities of product design analysis, evaluation, construction, and selection of a product portfolio, can make extensive use of prospective scenarios. Here, the validation phase generates direct input for the construction of a product design portfolio.

For TRM, it is an opportunity to instrumentalize scenarios. TRM benefits from using scenarios as input and the approach as a partner tool because of the robustness of the information, the logic and cross-referencing of the data, the holistic approach, and the creative potential that the approach brings. In addition, Phase 2 can be used in TRM to create a scenario trajectory according to the defined strategy (e.g., best trajectory, riskiest trajectory, preferred trajectory, etc.). At the same time, initial TRM activities can be input for the approach, which does not specifically foresee an initial strategic reflection linked to a company and its vision. The approach is conceived in a more neutral way, aiming only at the prospective exercise of the object under analysis.

As with the other FE issues identified in the literature, scenario building approaches can help identify and understand future trends and constraints, providing a more complete view of the future and enabling organizations to make more informed decisions. They can also help identify potential future developments, enabling organizations to anticipate and plan for change. Here they identify the key system variables and goals, enabling organizations to ensure that product development is aligned with these key factors, addressing the difficulty of aligning product development with strategic goals. Then we identify the most likely or impactful trends, enabling organizations to prioritize product development options that are most likely to be successful. Finally, by identifying key system variables and objectives, it enables organizations to create a more comprehensive PPM that is aligned with these key factors.

6.6 Conclusion

The focus of this paper was to propose a procedure to validate prospective scenarios in the context of innovation projects and how they can be integrated into strategic processes at the FE of NPD. This phase of product development needs more analytical, up-to-date tools for today's dynamic context and that address the problems of design uncertainty for the future. In turn, the validation of prospective scenarios is a rare and complex issue.

The validity of the scenarios developed in this research project was established through a thorough analysis that considered six criteria and involved experts. The approach used in this study provides valuable insights into the FE of NPD, PPM, and TRM by bringing relevant information to the forefront and fostering productive discussions about product strategy. In addition, these prospective scenarios serve as a valuable starting point for strategic reflection and can be adapted and leveraged over time.

The experts confirmed the consistency of the scenarios when presented to them, and it was emphasized that robust data should be the basis for scenario storylines. Differentiation was achieved by selecting scenarios that were representative of a broad range of issues, but that differed significantly from each other. The plausibility of the scenarios was assessed by external agents.

Their relevance and novelty have been demonstrated through their use in the development process and their compatibility with the tools we propose for these validation criteria: PPM and TRM. Prospective scenarios have much to contribute to the FE of NPD, PPM and TRM by materializing relevant information for product strategy, the ease of manipulation and discussion that scenarios bring, and the potential to project into the future. On the other hand, such processes have strategic considerations that can serve as a starting point and adapt the scenario development approach and ultimately instrumentalize it.

Finally, future scenarios should attempt to integrate both human and technological problems, stimulate thinking that focuses on human needs and activities, and encourage discussion about the future.

The implications of this paper are many. The paper highlights the importance of multi-method approaches in decision making to ensure robustness and comprehensiveness. It contributes to theory by addressing the need for and suitability of scenario development approaches in strategic innovation management tools. The paper also has practical implications by examining a case of current business relevance and proposing a procedure for scenario validation. In addition, the paper highlights the importance of robust decision making in the early stages of innovation and opens avenues for future research. Overall, the study provides valuable insights for decision makers in the industry to make better-informed decisions and account for uncertainties and potential changes in the future.

One of the major limitations of this research project is the small sample size. This small pool of participants may lead to an oversimplification of the results. While the sample size is within the range recommended by the relevant literature, the use of a larger sample may provide a clearer picture and reveal new insights.

Another limitation is the potential for bias in part of the validation process, as the "reflect uncertainties" criterion was evaluated by those who created the scenarios. Additionally, we did not apply it to the strategic planning of a specific organization, which somewhat limits our strategic validation, specifically what concerns the criteria of relevance and novelty. They require long-term evaluation and, as a means of partial validation of these criteria, we have adopted the adjustment to the TRM and PPM.

Validation of prospective scenarios remains a challenging issue, and the results of this study partially address the criteria raised in the literature by attempting to operationalize the validation process through the approach itself and the usefulness of the scenarios. The study is mostly qualitative, we consult many sources, but we are limited by our bounded rationality.

There are numerous opportunities for further exploration and development within this research project. Future work could include conducting additional empirical studies and conducting in-depth application analyses to deepen the understanding of the results. One can tailor the use case to an organization's objectives. There is also significant potential for the creation of new methodologies that seamlessly integrate PPM, TRM, and scenario building. In addition, there is a need for the development of theoretical frameworks designed to validate prospective scenarios over both short and long-time horizons. Another exciting avenue for future research is the study of external, real-world validation of scenarios, which has received limited attention in the current literature. These avenues of future work have the potential to significantly increase the impact and practical relevance of this research project.

CHAPITRE 7 DISCUSSION GÉNÉRALE

Ce chapitre présente la discussion générale de la thèse, en mettant en évidence les résultats exposés dans les trois articles présentés ci-dessus.

7.1 Résumé et discussion des résultats

L'objectif général de cette thèse de doctorat est de proposer une approche pour la création de scénarios prospectifs, afin d'outiller les concepteurs en amont de l'innovation, pour la conception de produits et services futurs. Cet objectif a été divisé en quatre objectifs spécifiques, traités dans trois études complémentaires qui ont été transformées en trois articles de contribution originales.

La première étude (chapitre 4) répond initialement et partiellement au premier objectif spécifique « développer une approche pour la création de scénarios prospectifs adaptée au DNPS » et celui de « présenter un cas illustratif d'application ». Elle porte principalement sur l'importance des disciplines de conception pour entrer dans la discussion sur la prospection, l'importance de cette thèse dans ce contexte, le potentiel des données prospectives, les premiers résultats de l'application des techniques, ainsi que sur la pertinence de l'objet d'étude choisi, les stations de service. Cette première étude a mis en évidence des menaces imminentes pour le *statu quo* du système, provenant de différents domaines (technologique, sociétal, etc.). Il est également important d'observer l'évolution des besoins jusqu'à présent, car le marché est en constante évolution et les utilisateurs modifient leurs habitudes de consommation.

Cette première analyse de la littérature et expérimentation, avec la collecte de données prospectives, principalement des données empiriques et des données statistiques et démographiques, a été essentielle pour structurer et proposer une approche de scénarios prospectifs, décrite dans l'article suivant (chapitre 5). Cette étude a permis de comprendre la pluralité et la dispersion des données, ainsi que la nécessité de les structurer de manière à ce qu'elles soient utiles aux disciplines de conception. Les résultats démontrent que les données changent rapidement. La création de ces scénarios doit ainsi se refaire régulièrement et de manière itérative. Finalement, nous comprenons également que les besoins des parties prenantes doivent être au cœur de la prospection proposée ici et guider le processus.

La deuxième étude, présentée dans le chapitre 5, a principalement abordé le développement d'une approche pour la création de scénarios prospectifs, en lien avec l'objectif principal de la thèse

et l'objectif spécifique « développer une approche pour la création de scénarios prospectifs adaptée au DNPS », ainsi que fournir un cas d'application. Les résultats de cette étude ont mis en évidence l'importance des différentes sources de données ainsi que l'implication des parties prenantes dans cette tâche. La création de scénarios prospectifs s'est avérée complexe, mais la structure proposée a facilité cette tâche en fournissant des orientations pour rassembler des données solides et pertinentes, guidées par les besoins, les tâches et les parties prenantes. Cette étude a également souligné le potentiel de la combinaison de méthodes et d'outils provenant de différentes disciplines, ce qui confère une plus grande robustesse à l'étude, mais nécessite également une adaptation aux disciplines de conception. Il est important de noter que cela démontre l'importance des équipes et des parcours multidisciplinaires, ainsi que l'orientation future des philosophies et des méthodes de conception. Lorsque ces disciplines s'impliquent dans la prospection, elles apportent leurs propres connaissances et méthodes, ce qui leur permet d'aborder de nouveaux angles d'analyse et d'apporter une contribution unique à la prospection.

Cette approche de création de scénarios de prospective s'insère dans les théories du design et du développement de produits. Elle applique les logiques de procédure et de résolution de problèmes de la littérature sur le design. L'approche suit les logiques de définition du problème - qui comprend également la collecte de données prospectives -, d'idéation, de prototypage (ici en relation avec l'élaboration de scénarios) et de test. Les outils et méthodes extraits d'autres disciplines sont adaptées au champ d'application du design. Ils suivent l'intention de collaborer à la création d'objets, de systèmes, d'interactions, etc. qui sont fonctionnels, utiles et qui répondent aux besoins identifiés des utilisateurs. L'approche est alors centrée sur l'utilisateur en proposant des scénarios innovants et créatifs qui déboucheront sur des produits et des services innovants. L'approche facilite la génération de nouveaux concepts de manière itérative.

Cet héritage théorique et méthodologique est également visible dans la manière dont la recherche a été menée (DRM). Après tout, l'auteur de cette thèse est un concepteur, il s'appuie sur une méthodologie de recherche en conception et conçoit une approche pour les concepteurs.

Pour le design (et l'ergonomie), il est important, avant tout, d'identifier correctement les besoins. Cependant, dans le cadre d'une conception orientée vers l'avenir, ces besoins sont spéculatifs, incertains et imaginatifs, ce qui les rend difficiles à anticiper. Il a également été étudié que les besoins complexes et diversifiés sont souvent des extensions des besoins plus simples et

connus. En utilisant ce raisonnement et en imaginant des situations hypothétiques, nous pouvons obtenir des indications sur l'extension de ces besoins dans le futur.

Comme nous l'avons dit, l'approche hérite de la pensée de design et des disciplines de conception. L'ergonomie (dont l'histoire et la spécialité sont présentées dans la section 2.2.3) apporte plusieurs contributions à cette étude prospective appliquée aux stations-service. Elle aide à comprendre comment les travailleurs et les utilisateurs (ici travaillant dans des stations-service) effectuent leurs activités et quels sont leurs principales exigences. Elle contribue à identifier les risques et défis ergonomiques éventuels susceptibles d'affecter la santé et le bien-être des personnes. Un autre aspect central est qu'elle contribue à la réflexion des solutions ergonomiques pour l'avenir. Par exemple, nous pouvons imaginer la conception des stations-service qui garantissent plus de sécurité pour tous. L'interaction homme-machine, la sécurité, le confort et la facilité d'utilisation sont essentiels à cet égard. Elle a aussi contribué à la réflexion sur des solutions qui prennent en compte les besoins et les attentes spécifiques des utilisateurs des stations-service. Par exemple, lors d'une longue recharge, comment élaborer une expérience plus agréable et plus confortable pour les utilisateurs ?

L'idée d'identifier les variables du système, surtout à partir de méthodes issues des disciplines de conception (ergonomie, design et ingénierie), renforce le développement axé sur les besoins humains. Ces variables guident la recherche thématique et parfois spécifique des données prospectives. Cependant, il est possible que cela aurait pu être réalisé différemment en utilisant d'autres méthodes mentionnées dans le chapitre 5. Une alternative supplémentaire serait d'essayer de combiner les méthodes de stratégie organisationnelle. Une fois de plus, l'étude et l'approche pourraient gagner en robustesse grâce à des collaborations et à des équipes multidisciplinaires.

L'identification et l'analyse des données prospectives sont souvent longues et difficiles. Comme mentionné précédemment, les données sont dispersées, multiples et difficiles à rassembler. Bien que nous ayons utilisé quelques techniques de *text mining* (fouille de textes) et d'autres méthodes, suite à l'analyse de la littérature, il serait possible d'approfondir ces méthodes. Cependant, cela reste limité par les compétences de l'équipe. Il n'est pas surprenant qu'il y ait un manque de recherche dans ce domaine (phase convergente des scénarios prospectifs) en ce qui concerne le design. Cette étude permet d'élargir le champ d'action du domaine de la conception et

d'identifier les points à améliorer. D'un autre côté, la prospective se bénéficie d'angles et de possibilités d'analyse supplémentaires.

Dans l'étape finale de création de scénarios, il est nécessaire de créer des paramètres pour déterminer les structures des scénarios et les générer. La sélection des scénarios à travailler pourrait toutefois être plus facile s'il existait une stratégie d'entreprise en toile de fond. Nous avons dû s'adapter car le partenaire industriel a quitté le projet (comme décrit dans l'item 1.6 portée). Finalement, la création d'histoires pour les scénarios est la partie qui demande à la fois de la créativité et l'évaluation de l'ensemble de l'exercice jusqu'à présent, renforçant que l'exécution de l'approche est aussi importante que les résultats.

À la fin de cette étude, nous arrivons aux scénarios prospectifs (voir l'annexe B). L'artefact, ainsi, remplit son rôle : crée des scénarios prospectifs. La question qui se pose est généralement la suivante : que doit-on faire avec ces scénarios et comment peut-on les valider ? Ces pistes nous conduisent à la dernière étude décrite dans le chapitre 6.

La dernière étude (chapitre 6) s'est principalement concentrée sur les objectifs de recherche consistant à « proposer la validation des scénarios prospectifs pour une conception orientée vers le futur » et « proposer l'intégration de ces scénarios dans d'autres méthodes et/ou processus du DNPS ». Cette étude a également contribué à atteindre le dernier objectif spécifique de la recherche, qui est de fournir un cas d'application. Dans ce cadre, il a été possible de présenter les résultats de l'approche, c'est-à-dire les scénarios prospectifs, à différentes parties prenantes. Cette occasion unique a contribué à la validation et à l'évaluation des scénarios, ainsi qu'à celle de l'approche. Les résultats ont été satisfaisants, car les parties prenantes impliquées dans les plus grandes entreprises et institutions de l'écosystème des stations de service ont montré un profond intérêt, de l'enthousiasme et de l'approbation pour les scénarios prospectifs générés. Cette dernière étude a validé en partie l'approche créée par l'étude précédente tout en apportant une nouvelle discussion et proposition sur la validation des scénarios prospectifs. L'adaptation des critères de validation des scénarios des sciences sociales au contexte actuel et au DNPS permet une nouvelle instrumentation de la validation. Enfin, l'approche et les scénarios prospectifs présentent un grand potentiel de collaboration avec les outils, en particulier PPM et TRM, ainsi que les processus du *front-end* du DNPS.

Le manque de discussion dans la littérature sur la validation des scénarios prospectifs se justifie par la difficulté du sujet. Cette validation est encore plus complexe lorsque l'on parle de fenêtres temporelles longues, comme c'est le cas de l'objet de l'étude. De plus, il y a une certaine confusion dans la littérature sur ce que représente la validation interne et externe d'un scénario. Certains auteurs ignorent le concept de validation externe et abordent l'utilisation d'évaluateurs externes à l'exercice prospectif. Une validation externe, sur le terrain, pour un tel cas, serait complexe et nécessiterait des études longitudinales. Dans le cadre de cette recherche, nous sommes limités par le calendrier de la recherche doctorale et les partenaires industriels (ces limitations sont abordées dans la portée et dans la section suivante).

L'approche présentée par cette recherche est conçue pour les concepteurs mais peut être adaptée à différents publics. En général, le processus de DNPS est piloté par une équipe dédiée, qui peut inclure des membres de différents départements de l'entreprise, tels que la R-D, le marketing, les ventes et la production. Cette équipe est responsable de la coordination des activités de DNPS, de l'évaluation des idées de produits et de la prise de décision pour sélectionner les concepts à développer. Dans le cas spécifique des stations-service, les scénarios prospectifs générés peuvent être destinés à plusieurs niveaux décisionnels, en fonction de leur portée et de leur pertinence. À partir de l'expérience que l'approche apporte, les concepteurs sont capables de provoquer des discussions et de soutenir l'argumentation basée sur la recherche développée. Ainsi, ils sont en mesure de convaincre les managers et le conseil d'administration des impacts identifiés, des possibilités de création de valeur et des opportunités d'innovation. Dans le cas des autres organisations, selon le contexte de la structure organisationnelle de l'entreprise qui essaye d'utiliser l'approche prospective, ces scénarios peuvent nourrir aussi des discussions au niveau des stratégies de croissance. Ils peuvent être utilisés par les dirigeants pour planifier la stratégie de l'entreprise à long terme, par les responsables du marketing pour développer de stratégies répondant aux besoins futurs des clients, ou encore par les équipes de R-D pour développer de nouveaux concepts.

Quant à la présentation des scénarios, elle peut être adaptée grâce aux paramètres choisis pour structurer les scénarios, d'une manière différente de ce que nous avons fait au point 5.3.4.

Bien qu'il puisse y avoir une tension entre les approches de planification délibérée et émergente, de nombreux auteurs et praticiens contemporains cherchent à réconcilier ces perspectives dans leurs pratiques. L'approche présentée tente d'intégrer la logique de la

planification délibérée aux réalités du changement émergent et de l'incertitude. Pour ce faire, nous combinons les méthodes rationnelles avec les méthodes créatives, en intégrant des points de vue multiples et le processus itératif. En adoptant cette approche prospective de création de scénarios, les concepteurs peuvent travailler avec l'incertitude de manière proactive, en introduisant de la flexibilité dans la planification de leurs produits. Plutôt que d'essayer de prédire l'avenir avec précision, les concepteurs peuvent se concentrer sur la création d'espaces d'exploration, d'expérimentation et d'apprentissage, permettant aux stratégies et aux solutions de se développer de manière plus organique et émergente. Cette approche cherche à éviter les pièges d'une planification délibérée trop rigide et d'intégrer les opportunités et les menaces qui se présentent dans un environnement en constante évolution. Nous ne pensons donc pas que les approches doivent être incompatibles, comme le dit Graetz (2002) « Si le processus d'élaboration de stratégie doit être vraiment efficace, il ne peut pas reposer sur un ensemble rigide de routines prédéterminées, mais doit être dynamique, opportuniste, flexible et adaptatif. Pour que cela se produise, il doit combiner la planification stratégique délibérative avec une réflexion stratégique émergente et intuitive ».

Globalement, cette thèse répond à l'objectif de proposer une approche pour la création, la validation de scénarios prospectifs. Cette approche se distingue par sa flexibilité dans l'application et le choix des outils, tout en permettant de structurer les données et de créer des scénarios. Les scénarios créés permettent aux différents participants du projet (propriétaires, gestionnaires, experts, usagers-clients, chercheurs) d'avoir un référentiel commun de communiquer plus facilement entre eux. La création de scénarios prospectifs peut être facilitée par les pratiques de structuration et l'application des différents outils proposés ici. Le fait de fournir des informations pertinentes en entrée a permis d'obtenir des résultats robustes et mieux fondés. La thèse présente un cas d'application, en démontrant son déroulement, et discute des implications qu'un tel exercice prospectif engendre. Elle apporte également de nombreuses contributions au domaine des stations de service. Les études génèrent des données qui peuvent être pertinentes pour l'objet de l'étude.

7.2 Posture des auteurs face à l'avenir

L'approche rationnelle et volontariste suppose que les acteurs ont la capacité d'influencer le cours des innovations et que les entreprises et les concepteurs peuvent utiliser des stratégies et la conception de produits pour se projeter dans l'avenir et façonner l'orientation des innovations. Cette

approche souligne l'importance d'une vision claire de l'avenir, de l'anticipation du changement et de l'adaptation rapide aux évolutions du marché. Le design se centre surtout sur ce discours volontariste pour définir ces pratiques. D'autre part, l'approche perplexe suggère que dans certains cas, les acteurs peuvent avoir peu d'influence sur les changements historiques qui façonnent l'avenir d'une industrie. Cela peut être dû à des changements technologiques perturbateurs, à l'incertitude politique ou économique, ou à d'autres forces externes qui échappent au contrôle des acteurs individuels. Pour nous, les deux approches ont leurs mérites et leurs limites. Pour faire face à l'ambiguïté dans le contexte d'un exercice de prospective, il est important d'adopter une démarche qui permette d'explorer différentes perspectives et différents scénarios, sans s'engager dans une vision unique ou définitive de l'avenir. Il est important de veiller à ce que les personnes impliquées dans l'exercice de prospection aient des antécédents, des expériences et des visions du monde différents. Cela permet d'éviter les préjugés et les limites d'une perspective unique et d'explorer des scénarios plus diversifiés. Plutôt que d'essayer de prédire l'avenir, il est utile de travailler avec une variété de scénarios plausibles et qui présentent différents niveaux d'incertitudes (section 6.3.2). En outre, la base de cette approche de création de scénarios consiste à réunir des données de prospective, des techniques de créativité et le potentiel de projections des participants. Malgré cette tentative de l'approche de combiner les facteurs perturbateurs (à travers aussi des méthodes de créativité et d'imagination), extrapolatifs et incrémentaux, il y a toujours des choses qui vont échapper l'étude prospective et contribuer à la perplexité face à la possibilité d'action.

L'exercice prospectif peut être considéré comme un outil permettant de gérer l'incertitude et l'ambiguïté de l'avenir, plutôt que d'essayer de le contrôler. Cela implique qu'il faut être ouvert au changement et à une révision constante au fur et à mesure que de nouvelles informations et de nouveaux événements se produisent.

Un autre point important à discuter est le développement de produits qui semblent aller à l'encontre du sens commun et des tendances connues, comme les aberrations environnementales. Nous ne pouvons pas ignorer qu'un facteur important peut être la pression exercée par les actionnaires dans le choix de la conception des produits. La culture d'entreprise a également son poids et l'accent est souvent mis davantage sur les aspects esthétiques, monétaires et de performance que sur les questions environnementales. Il y a aussi la question de la demande des consommateurs, puisqu'il y a encore beaucoup de consommateurs qui préfèrent les voitures grandes et puissantes, par exemple, même si cela peut signifier une plus grande consommation de carburant

et des émissions plus élevées. En résumé, s'il y a des gens prêts à acheter le produit, même s'il a un impact négatif sur l'environnement, cela peut conduire à des décisions qui vont à l'encontre du bon sens. Cela peut suffire pour que les entreprises continuent à produire ces produits. Il faut aussi souligner que l'interprétation et l'utilisation des données prospectives et des tendances comportementales ne font pas toujours l'unanimité. Les données peuvent être interprétées de différentes manières et des intérêts contradictoires peuvent être en jeu.

La littérature aborde la contribution que différentes parties prenantes peuvent apporter à la prospection et au DNPS (sections 2.1.2 et 2.2). Plusieurs auteurs soulignent la difficulté inhérente à la capacité humaine à se projeter dans l'avenir lointain et même à exprimer des besoins actuels (Griffin, 2012; Ulwick, 2013; Engeler, 2017). D'autres auteurs estiment que la clé de la prospection réside dans la compréhension de la racine des besoins actuels et leur extension dans un contexte futur, en affirmant que les besoins « primaires » ne changeront pas avec le temps (par exemple, se déplacer, communiquer, se reposer, etc.) (Brangier & Robert, 2014).

Dans la section 2.2.1, nous avons présenté des auteurs qui utilisent des méthodes de créativité ou même la science-fiction pour apporter un aspect disruptif à l'exercice de prospection. Nous avons tenté de travailler dans une perspective de complémentarité, en employant les outils rationnels des disciplines et en les combinant avec des méthodes de créativité. De plus, nous avons impliqué les parties prenantes, en accord avec la littérature du design et en même temps avec la perspective sociale constructiviste. Nous croyons que l'exercice prospectif est à la fois « une construction sociale et un mécanisme de construction sociale », comme le dit Fuller et Loogma (2009).

7.3 L'intelligence artificielle

L'intelligence artificielle prend de plus en plus d'importance dans le travail des chercheurs, la prospective et le travail stratégique sur l'avenir des nouveaux produits et services. Elle peut faciliter l'analyse des données en étant capable d'analyser de grands volumes de données et d'identifier des modèles qui peuvent être utilisés pour prospecter les tendances futures. Cette caractéristique serait particulièrement utile dans le cadre de cette recherche. L'analyse des données peut aider à prospecter le comportement des consommateurs, les tendances du marché, etc.

L'IA peut être utilisée pour identifier des modèles utiles et des modèles qui dépassent les capacités des chercheurs. À notre avis, elle pourrait également aider le chercheur à collecter des données. Une façon d'y parvenir est d'automatiser les tâches de routine, comme la recherche quotidienne de sujets pertinents dans les journaux et les médias. Le chercheur peut ainsi se concentrer sur d'autres tâches. Les décideurs peuvent alors évaluer différentes options et comprendre les implications de leurs choix.

Finalement, la capacité de certaines intelligences artificielles à générer des images et des illustrations pourrait être alimentée par les scénarios développés ici (en format textuel) pour alimenter les discussions et l'imagination des personnes impliquées.

7.4 Validation des scénarios

Il est important de valider les scénarios prospectifs créés pour s'assurer qu'ils sont utiles et pertinents pour la prise de décision. Outre les critères déjà mentionnés (6.3.2), nous proposons, à l'issue de l'exercice de recherche, d'autres critères qui pourraient être ajoutés. Tout d'abord, si l'exercice est basé sur une stratégie organisationnelle définie, la validation pourrait inclure la faisabilité. Cela signifie que les scénarios doivent être réalisables d'un point de vue technique, financier et opérationnel pour l'organisation.

Dans le cas d'études plus longues que la recherche doctorale, par exemple, avec la possibilité d'itérer au fil des ans, l'un des critères qui peut être ajouté serait celui de la pertinence temporelle. Les scénarios doivent être pertinents pour un horizon temporel spécifique, en tenant compte de la vitesse à laquelle les changements se produisent sur le marché.

En ce qui concerne le degré de discussion des scénarios avec les experts, il serait judicieux d'examiner la validité des scénarios en tenant compte du retour d'information et de l'implication des experts. Cela peut aider à identifier les lacunes et à améliorer les scénarios prospectifs pour les rendre plus robustes et plus fiables. Considérant que l'une des principales fonctions des scénarios prospectifs est de susciter des discussions, ces critères pourraient être basés sur des méthodes d'évaluation de l'expérience des utilisateurs, des échelles, des notations, etc.

L'utilisation de démarches de créativité nous permet de sortir des limites temporelles définies comme étant à long terme (20 ans) et nous permet d'imaginer et de discuter de futurs encore plus

lointains. Cela montre que l'utilisation d'un cadre de type TRM est importante pour nous forcer à retemporaliser les actions lorsque nous souhaitons intégrer ces scénarios au processus de DNPS.

7.5 Nature itérative du processus

Comme indiqué à la section 5.4.4, il est essentiel de rechercher des données actualisées pour fournir de nouveaux facteurs conditionnels susceptibles d'évoluer dans le temps, ainsi que la fonction des variables du système. Nous avons vu que le système change aussi avec le temps (section 4.3). Cela nécessite une réévaluation systématique du travail afin de maintenir la cohérence et de créer des produits et des plans stratégiques plus flexibles et adaptés à ces changements.

La réévaluation du concept doit être programmée à intervalles réguliers ou lorsqu'une quantité importante de nouvelles données est collectée. Ce processus prospectif est itératif, similaire à l'approche de la pensée en design et à la méthodologie de recherche DRM choisie pour cette recherche.

Les itérations peuvent être organisées en petites étapes (phase 1, 2 ou 3 de l'approche) ou refaite dans son ensemble, ce qui permet à l'équipe d'améliorer continuellement les analyses qui aboutissent à des scénarios, jusqu'à ce qu'elle soit satisfaite du résultat final.

CHAPITRE 8 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Ce chapitre présente la conclusion de cette thèse de doctorat, en résumant et en concluant le travail en question et en abordant les limites de la recherche et des possibilités d'études futures.

8.1 Conclusion, limitations et recherche future

La construction d'une approche multidisciplinaire qui articule la génération de scénarios prospectifs orientés vers l'activité humaine contribue à la théorie et à la pratique. Cette approche consiste à intégrer le processus de prospection technologique - pour l'enrichissement de la génération d'idées - avec l'approche prospective de l'activité humaine orientée, à partir de l'ergonomie - pour l'identification des opportunités de scénarios prospectifs. La méthode est appliquée dans un cas réel dans le but de minimiser la difficulté d'envisager des futurs plausibles et robustes et de soutenir les concepteurs dans les projets de conception de produits futurs.

Dans le cadre de cette recherche, nous contribuons à la conception de produits innovants. La recherche pour la prospective plus robuste, du point de vue DNPS, doit travailler pour anticiper les besoins et envisager l'écosystème innovant et technologique où ces besoins auront lieu. Ce résultat pourrait être incorporé au processus de DNPS sous de nombreuses formes, comme intégré aux méthodes de PPM et TRM ou comme source pour l'extraction des exigences de produit, etc. L'utilisation de scénarios prospectifs d'usage peut concilier le caractère concret et la flexibilité nécessaire pour travailler sur l'avenir.

Nous considérons que les objectifs de la recherche ont été atteints car (1) nous avons construit une approche de création de scénarios qui démontre sa robustesse et guide les concepteurs dans la conception de produits pour le futur, (2) nous proposons et discutons la validation de ces scénarios ancrés dans les critères de la littérature et (3) nous démontrons l'adéquation de ces scénarios à d'autres outils et processus de DNPS. En outre, nous fournissons aussi un cas d'application à un système qui peut servir d'exemple et de guide pour les praticiens qui veulent s'essayer à la prospection. Cette recherche peut aider dans l'orientation pour l'identification et l'exploration des opportunités dans le *front-end* du DNPS pour des futurs lointains. Elle peut aussi contribuer à la recherche de l'indépendance du design, à l'amélioration de la communication et à l'aide à la prise de décision, au soutien de la stratégie et de l'innovation.

Proposer une telle approche a comme objectif que les concepteurs et les développeurs de produits aient les moyens d'imaginer, de convaincre des possibilités qu'offre l'avenir et d'acquérir davantage de connaissances. Cela peut conduire à une discussion plus profonde qui va au-delà de la technicité. Nous comprenons aussi que lorsque les scénarios sont élaborés de manière transdisciplinaire, il est possible de répondre à des questions dérivées dans le cadre d'une conception orientée vers l'avenir. Pour les disciplines qui entrent dans le débat sur les constructions futures, ce type d'analyse est essentiel pour obtenir de nouvelles informations et des résultats empiriques. En outre, le fait de fournir des orientations aux concepteurs et aux autres professionnels peut favoriser la discussion sur les nouvelles pratiques et les études complémentaires qui peuvent conduire à des adaptations dans d'autres domaines. Il vaut la peine d'essayer d'atténuer la complexité des produits et systèmes futurs par la résolution de problèmes et la robustesse des outils multidisciplinaires.

Il convient d'être prudent lors de la généralisation de nos résultats, car ils sont basés sur un système déjà bien défini et présentant des menaces urgentes. L'une des limites de ce travail est qu'un échantillon aussi petit peut être simpliste.

Nous avons travaillé surtout des aspects qualitatifs de l'approche, plusieurs méthodes peuvent être ajustées au niveau de leurs paramètres. Par exemple, nous avons utilisés la paramétrisation suggérée par défaut des logiciels de fouille et analyse de texte. Dans une étude future, quelqu'un pourrait travailler la spécificité des méthodes et analyser l'impact que ça peut apporter.

Nous soulignons les limites de la partie de la recherche présentée au chapitre 6, sur la validation des scénarios. Tout d'abord, notre validation stratégique est limitée car elle n'a pas été appliquée à la planification stratégique d'une organisation spécifique. Ainsi, l'absence d'un partenaire industriel a surtout un impact sur les phases finales de la recherche. D'autre part, l'étude est essentiellement qualitative et, bien que nous ayons consulté de nombreuses sources, notre rationalité limitée impose certaines limites. En ce qui concerne les critères de pertinence et de nouveauté, qui nécessitent une évaluation à long terme, nous avons adopté comme moyen de validation partielle de ces critères l'ajustement au TRM et au PPM. La possibilité d'une validation longitudinale des scénarios est ici limitée en raison de la durée du doctorat et les opportunités

d'application. Nous concluons que la phase ÉDII de cette recherche pourrait gagner en robustesse dans des études longitudinales, ce qui demeure une opportunité de travail futur.

Il existe plusieurs possibilités de travaux futurs. D'autres recherches sont nécessaires pour compléter et valider notre approche, car elle devrait être testée de manière approfondie à l'aide d'autres outils et dans d'autres environnements. Cela signifie qu'il y a de grandes possibilités d'études empiriques et d'analyses d'applications supplémentaires. Ensuite, les travaux futurs peuvent porter sur la création de méthodes qui intègrent le PPM, le TRM et la création de scénarios. Il y a la possibilité de création des cadres théoriques qui cherchent à valider les scénarios prospectifs, qu'il s'agisse de petites ou de grandes fenêtres temporelles. Finalement, les chercheurs peuvent se plonger dans la discussion sur la validation externe, sur le terrain, de tels scénarios, une fois qu'elle est presque inexistante.

RÉFÉRENCES

- Abbas, A., Zhang, L., Khan, S. U. (2014) A literature review on the state-of-the-art in patent analysis. *World Patent Information*, 37, 3-13.
- Achiche, S., Appio, F. P., McAloone, T. C., Di Minin, A. (2013). Fuzzy decision support for tools selection in the core front end activities of new product development. *Research in engineering design*, 24 (1), 1-18.
- Achour, C. B. (1999) Guiding scenario authoring. In *Information Modelling and Knowledge Bases X*, 152-171. Amsterdam, IOS Press.
- Adner, R. (2006) Match your innovation strategy to your innovation ecosystem. *Harvard Business Review*, 84 (4), 98-110.
- Agogué, M., Arnoux, F., Brown, I., Hooge, S. (2013) *Introduction    la Conception Innovante : Éléments théoriques et pratiques de la théorie CK*. Presses des MINES.
- Aguilar, F. J. (1967) *Scanning the business environment*. New York, Macmillan.
- Al-Samarraie, H., Hurmuzan, S. (2018) A review of brainstorming techniques in higher education. *Thinking Skills and Creativity*, 27, 78-91.
- Allinc, A., Cahour, B., Bukhardt, J.M. (2019) The Guided Imaginary Projection, a New Methodology for Prospective Ergonomics. In *Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018)*, 824(7), pp.1340-1347.
- Alves Ribeiro Rosa, J. G., Armellini, F., Robert, J.M. (2021) Capturing Future Trends in Customer Needs for the Design of Next-Generation Gas Station Services. In *Proceedings of the 21st Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2021)*, 781-787. Cham, Springer.
- Amer, M., Daim, T. U., Jetter, A. (2013) A review of scenario planning. *Futures*, 46, 23-40.
- Annett, J. (2003) Hierarchical task analysis. In *Handbook of cognitive task design*, 2, 17-35. New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates.
- Archer, N. P., Ghasemzadeh, F. (1999) An integrated framework for project portfolio selection. *International Journal of Project Management*, 17(4), 207-216.

- Arruda, C., Rossi, A. Savaget, P. (2009) Criando as condições para inovar. *DOM*, 36.
- Bacciotti, D., Borgianni, Y., Rotini, F. (2016) An original design approach for stimulating the ideation of new product features. *Computers in Industry*, 75, 80-100.
- Barczak, G., Griffin, A., Kahn, K. B. (2009) Perspective: trends and drivers of success in NPD practices: results of the 2003 PDMA best practices study. *Journal of Product Innovation Management*, 26(1), 3-23.
- Bendor, R., Eriksson, E., Pargman, D. (2021) Looking backward to the future: On past-facing approaches to futuring. *Futures*, 125, 102666.
- Berkhout, F., Hertin, J. (2002) Foresight futures scenarios: developing and applying a participative strategic planning tool. *Greener management international*, 37, 37-52.
- Berkhout, F., Hertin, J., Jordan, A. (2002) Socio-economic futures in climate change impact assessment: using scenarios as ‘learning machines’. *Global Environmental Change*, 12(2), 83-95.
- Bérard, S., Uhl, M. (2012) La science-fiction: de la perspective à la prospective. In *Les Cahiers de la CRSDD: «Collection recherche*, 8.
- Beverland, M.B., Micheli, P., Farrelly, F.J. (2016) Resourceful sensemaking: Overcoming barriers between marketing and design in NPD. *Journal of Product Innovation Management*, 33(5), 628-248.
- Bezdek, R. H., Wendling, R. M. (2002) A Half Century of Long-Range Energy Forecasts: Errors Made, Lessons Learned, and Implications for Forecasting. *Journal of Fusion Energy*, 21(3), 155-172.
- Blauth, M., Mauer, R., Brettel, M. (2014) Fostering Creativity in New Product Development through Entrepreneurial Decision Making. *Creativity and Innovation Management*, 23(4), 495-509.
- Blessing, L.T.M., Chakrabarti, A. (2009) *DRM: A design research methodology*. London, Springer.
- Bornet, C., Brangier, E. (2013) La méthode des personas : principes, intérêts et limites. *Bulletin de psychologie*, 524(2), 115-134.
- Bradfield, R., Wright, G., Burt, G., Cairns, G., Van der Heijden, K. (2005) The origins and evolution of scenario techniques in long range business planning. *Futures*, 37(8), 795-812.

- Brangier, E., Vivian, R., Bornet, C. (2019) Prospective ergonomic methods applied to the identification of requirements for hydrogen-based energy systems: Exploratory research. *Psychologie Francaise*, 64(2), 197-222.
- Brangier, E., Robert, J.M. (2014) Prospective Ergonomics: Foundations and Issues. *Le Travail humain*, 77(1), 1-20.
- Breitzman, A. F., Mogee, M. E. (2002) The many applications of patent analysis. *Journal of information science*, 28(3), 187-205.
- Brown, S. L., Eisenhardt, K. M. (1995) Product development: Past research, present findings, and future directions. *Academy of Management Review*, 20(2), 343-378.
- Brown, T. (2008) Design thinking. *Harvard business review*, 86(6), 84.
- Bruseberg, A., McDonagh-Philp, D. (2001) New product development by eliciting user experience and aspirations. *International Journal of Human-Computer Studies*, 55(4), 435-452.
- Bürdek, B. E. (2006) *Design: história, teoria e prática do design*. Sao Paulo, Editora Edgard Blucher Ltda.
- Cader, M. (2008) Innovation is iteration: Thinking next to the box. *Publishing research quarterly*, 24(4), 240-250.
- Calderon, M. L. S. (2010) The design research methodology as a framework for the development of a tool for engineering design education. In *DS 62: Proceedings of E&PDE 2010, the 12th International Conference on Engineering and Product Design Education-When Design Education and Design Research meet...*, Trondheim, Norway.
- Camburn, B., Viswanathan, V., Linsey, J., Anderson, D., Jensen, D., Crawford, R., Wood, K. (2017) Design prototyping methods: state of the art in strategies, techniques, and guidelines. *Design Science*, 3, e13.
- Casenote, I. E., Linden, J. C. D. S. V. D. (2017) Desenvolvimento de competências em design para inovação: um modelo conceitual para a educação de novos designers. *Educação gráfica*. 21(2), 313-329.
- Chakraborty, A. (2011) Enhancing the role of participatory scenario planning processes: Lessons from Reality Check exercises. *Futures*, 43(4), 387-399.

- Chakraborty, S., Nijssen, E. J., Valkenburg, R. (2022) A systematic review of industry-level applications of technology roadmapping: Evaluation and design propositions for roadmapping practitioners. *Technological forecasting and social change*, 179, 121-141.
- Cheng, L. C. (2002) A guide for QFD implementation in product development. *Product: Management and Development*, 1(3), 5-15.
- Cheng, L. C., Filho, L. D. R. d. M. (2010) *QFD: desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos*. 2 ed. Sao Paulo, Blücher.
- Chermack, T. J. (2005) Studying scenario planning: Theory, research suggestions, and hypotheses. *Technological forecasting and social change*, 72(1), 59-73.
- Ciesielska, M., Boström, K. W., Öhlander, M. (2018) Observation methods. In *Qualitative methodologies in organization studies*, 33-52. Cham, Plagrove Macmillan.
- Clark, K. B., Wheelwright, S. C. (1993) *Managing new product and process development: text and cases*. Harvard Business School, Free Press.
- Companion, M. A., Corso, G. M. (1982) Task taxonomies: a general review and evaluation. *International Journal of Man-Machine Studies*, 17(4), 459-472.
- Conway, M. (2006) An overview of foresight methodologies. *Thinking Futures*, 1-10.
- Cooper, R. G. (2019) The drivers of success in new-product development. *Industrial Marketing Management*, 76, 36-47.
- Cooper, R. G. (2011) *Winning at new products: Creating value through innovation*. Basic Books.
- Cooper, R. G., Edgett, S. J., Kleinschmidt, E. J. (2002) Portfolio management: fundamental to new product success. In Belliveau, P., Griffin, A. and Somermeyer, S. (eds.) *The PDMA ToolBook 1 for New Product Development*. John Wiley & Sons, New York, pp. 331-364.
- Cooper, R.G., Edgett, S., Kleinschmidt, E. (2001) Portfolio management for new product development: results of an industry practices study. *R&d Management*, 31(4), 361-380.
- Crawford, C. M., Di Benedetto, C. A. (2011) *New products management*. McGraw-Hill, New York.

- Cross, A. (1984) Towards an understanding of the intrinsic values of design education. *Design Studies*, 5(1), 31-39.
- Cross, N. (1982) Designerly ways of knowing. *Design studies*, 3(4), 221-227.
- Cross, N. (2006) Design as a discipline. *Designerly ways of knowing*, 95-103.
- Cross, N. (2018) Developing design as a discipline. *Journal of Engineering Design*, 29(12), 691-708.
- Crowe, S., Cresswell, K., Robertson, A., Huby, G., Avery, A., Sheikh, A. (2011) The case study approach. *BMC Medical Research Methodology*, 11(1), 100.
- Crystal, J. D. (2013) Prospective memory. *Current Biology*, 23(17), R750-R751.
- da Silva, R. H., Kaminski, P. C., Armellini, F. (2020) Improving new product development innovation effectiveness by using problem solving tools during the conceptual development phase: Integrating Design Thinking and TRIZ. *Creativity and Innovation Management*, 29(4), 685-700.
- Datorre, C. C. J., Hermosilla, J. L., da Silva, E. C. C. (2016) Aplicação do Método Quality Function Development/QFD no Desenvolvimento de Produto em uma Empresa Fabricante de Implementos Agrícolas. *FTT Journal of Engineering and Business*, 1(1).
- de Alcantara, D. P., Martens, M. L. (2019) Technology Roadmapping (TRM): a systematic review of the literature focusing on models. *Technological forecasting and social change*, 138, 127-138.
- de Brentani, U., Reid, S. E. (2012) The Fuzzy Front-End of Discontinuous Innovation: Insights for Research and Management. *Journal of Product Innovation Management*, 29(1), 70-87.
- Delengaigne, X. (2012) *Organiser sa veille sur Internet: Au-delà de Google... Outils et astuces pour le professionnel*. Editions Eyrolles.
- Dell'Era, C., Altuna, N., Verganti, R. (2018) Designing radical innovations of meanings for society: Envisioning new scenarios for smart mobility. *Creativity and Innovation Management*, 27, 387– 400.
- Derbyshire, J., Wright, G. (2017) Augmenting the intuitive logics scenario planning method for a more comprehensive analysis of causation. *International Journal of Forecasting*, 33(1), 254-266.

- Dias, M.A.P., Viana, J.N.S., Felby, C. (2016) Sustainability in the prospective scenarios methods: A case study of scenarios for biodiesel industry in Brazil, for 2030. *Futures*, 82, 1-14.
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., Lim, W. M. (2021) How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285-296.
- Dresch, A., Lacerda, D.P., Antunes, J.A.V. (2015) *Design Science Research: A Method for Science and Technology Advancement*. Cham, Springer International Publishing.
- Dunne, A., Raby, F. (2013) *Speculative everything: design, fiction, and social dreaming*. MIT press.
- Durance, P., Godet, M. (2010) Scenario building: Uses and abuses. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(9), 1488-1492.
- Eberle, B. (1996) *Scamper on: Games for imagination development*. Prufrock Press Inc.
- Engeler, B. (2017) Towards prospective design. *The Design Journal*, 20(sup1), S4591-S4599.
- Eppinger, S. D. (2001) Innovation at the speed of information. *Harvard business review*, 79(1), 149-158.
- Flegel, U., Meier, M. (2012) Modeling and Describing Misuse Scenarios Using Signature-Nets and Event Description Language. *Information Technology*, 54(2), 71-81.
- Fraser, H. M. A. (2007) The practice of breakthrough strategies by design. *Journal of business strategy*, 28(4), 66-74.
- Fuller, T., Loogma, K. (2009). Constructing futures: A social constructionist perspective on foresight methodology. *Futures*, 41(2), 71-79.
- Fulton Suri, J., Marsh, M. (2000) Scenario building as an ergonomics method in consumer product design. *Applied Ergonomics*, 31(2), 151-157.
- Garvin, D., Levesque, L. (2006) A Note on Scenario Planning. *Harvard Business School*, Case 9-306-003, pp.9-306.
- Gattringer, R., Damm, F., Kranewitter, P., Wiener, M. (2021) Prospective collaborative sensemaking for identifying the potential impact of emerging technologies. *Creativity and Innovation Management*, 30, 651– 673.

- Gévert, P. (2018) Prospective et science-fiction : Le dialogue nécessaire. *Prospective et stratégie*, (1), 89-97.
- Ghosh, S., Wu, A. (2021) Iterative coordination and innovation: Prioritizing value over novelty. *Organization Science*.
- Godet, M. (1982) From forecasting to 'la prospective' a new way of looking at futures. *Journal of Forecasting*, 1(3), 293-301.
- Godet, M. (1985) *Prospective et planification stratégique*. Paris, Economica.
- Godet, M. (2000) The Art of Scenarios and Strategic Planning: Tools and Pitfalls. *Technological Forecasting and Social Change*, 65(1), 3-22.
- Godet, M., Durance, P. (2011) *La prospective stratégique : Pour les entreprises et les territoires*. Paris, Dunod.
- Goel, V., Pirolli, P. (1992) The structure of design problem spaces. *Cognitive science*, 16(3), 395-429.
- Griffin, A., Hauser, J. R. (1993) The voice of the customer. *Marketing science*, 12(1), 1-27.
- Griffin, A. (1996) Obtaining customer needs for product development. In *The PDMA handbook of new product development*, 2, 211-227.
- Grube, P. P., Schmid, K. (2008) Selecting creativity techniques for innovative requirements engineering. In *2008 Third International Workshop on Multimedia and Enjoyable Requirements Engineering-Beyond Mere Descriptions and with More Fun and Games*, pp. 32-36. IEEE.
- Guenther, A., Eisenbart, B., Dong, A. (2021) Creativity and successful product concept selection for innovation. *International Journal of Design Creativity and Innovation*, 9(1), 3-19.
- Hackos, J. T., Redish, J. (1998) *User and task analysis for interface design*. New York, Wiley.
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., Ram, S. (2008) Design science in information systems research. *Management Information Systems Quarterly*, 28(1), 6.
- Hevner, A., Chatterjee, S. (2010) Design science research in information systems. In *Integrated Series in Information Systems*, pp. 9-2. Boston, Springer.

- Hodgson, A., Arman, H., Gindy, N. N. (2008) An intelligent technology watch function for the high technology enterprise. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 3(1), 38-52.
- Hubka, V., Eder, W. E. (1992) *Engineering design*. Zürich, Heurista.
- Hubka, V., Eder, W. E. (2012) *Theory of technical systems: a total concept theory for engineering design*. Springer Science & Business Media.
- Hussain, M., Tapinos, E., Knight, L. (2017) Scenario-driven roadmapping for technology foresight. *Technological forecasting and social change*, 124, 160-177.
- Iden, J., Methlie, L. B., Christensen, G. E. (2017) The nature of strategic foresight research: A systematic literature review. *Technological Forecasting and Social Change*, 116, 87-97.
- ICoD – International Council of Design. (2023) *What is design?*. Retrieved May 2, 2023, from <https://www.theicod.org/en/professional-design/what-is-design/what-is-design>.
- Issa, T., Chang, V., Issa, T. (2010) Sustainable business strategies and PESTEL framework. *GSTF International Journal on Computing*, 1(1), 73-80.
- Jonas, W. (2001) A scenario for design. *Design issues*, 17(2), 64-80.
- Jugend, D., Fiorini, P. d. C., Teles, D. A., Armellini, F., Pinheiro, M. A. P. (2022) Proposal for Integration of Circular Economy Within Product Portfolio Management. In Ghadimi, M. D. Gilchrist and M. Xu (eds.), *Role of Circular Economy in Resource Sustainability*. Springer International Publishing, Cham, pp. 31-41.
- Kahn, K. B. (2012) Forecasting new products. In *The PDMA handbook of new product development*, 265-281. New Jersey, Wiley.
- Kankainen, A., Vaajakallio, K., Kantola, V., Mattelmäki, T. (2012) Storytelling Group – a co-design method for service design. *Behaviour & Information Technology*, 31(3), 221-230.
- Kaufman, L., Rousseeuw, P. J. (2009) *Finding groups in data: an introduction to cluster analysis*. John Wiley & Sons.
- Kawulich, B. B. (2005) Participant Observation as a Data Collection Method. *Forum: Qualitative Social Research*, 6(2).

- Khurana, A., Rosenthal, S. R. (1998) Towards holistic “front ends” in new product development. *Journal of Product Innovation Management*, 15(1), 57-74.
- Kim, J., Wilemon, D. (2002) Focusing the fuzzy front-end in new product development. *R&d Management*, 32(4), 269-279.
- Kimbell, L., Street, P. E. (2009) Beyond design thinking: Design-as-practice and designs-in-practice. In *CRESC Conference*, pp. 1-15, Manchester.
- Knight, J., Fitton, D., Phillips, C., Price, D. (2019) Design Thinking for Innovation. Stress Testing Human Factors in Ideation Sessions. *The design journal*, 22, 1929-1939.
- Kock, A., Gemünden, H. G. (2021) How entrepreneurial orientation can leverage innovation project portfolio management. *R&d Management*, 51(1), 40-56.
- Koen, P., Ajamian, G., Burkart, R., Clamen, A., Davidson, J., D'Amore, R., Johnson, A. (2001) Providing clarity and a common language to the “fuzzy front end”. *Research-Technology Management*, 44(2), 46-55.
- Koen, P. A., Bertels, H. M. J., Kleinschmidt, E. (2014) Managing the Front End of Innovation—Part I: Results From a Three-Year Study. *Research-Technology Management*, 57(2), 34-43.
- Lallemand, C., Gronier, G. (2018) *Méthodes de Design UX. 30 méthodes fondamentales pour concevoir des expériences optimales*. Paris, Éditions Eyrolles.
- Le Masson, P., McMahon, C. A. (2015) Armand Hatchuel et Benoit Weil : La theorie CK, un fondement formel aux theories de l'innovation. In *Les grands auteurs du management de l'innovation et de la créativité*. Editions EMS, pp. 588-613.
- Leopoldino, K. D. M., González, M. O. A., de Oliveira Ferreira, P., Pereira, J. R., Souto, M. E. C. (2016) Creativity techniques: a systematic literature review. *Product: Management and Development*, 14(2), 95-100.
- Levine, H. A. (2005) *Project portfolio management: a practical guide to selecting projects, managing portfolios, and maximizing benefits*. San Francisco, John Wiley & Sons.
- Liem, A. (2019) Extending System Design Tools to Facilitate Systemic Innovation in Prospective Ergonomics. In *Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018)*, 824(7), pp.672-681

- Lilien, G. L., Morrison, P. D., Searls, K., Sonnack, M., Hippel, E. v. (2002) Performance assessment of the lead user idea-generation process for new product development. *Management science*, 48(8), 1042-1059.
- Lindgaard, G., Dillon, R., Trbovich, P., White, R., Fernandes, G., Lundahl, S., Pinnamaneni, A. (2006) User Needs Analysis and requirements engineering: Theory and practice. *Interacting with computers*, 18(1), 47-70.
- List, D. (2004) Multiple pasts, converging presents, and alternative futures. *Futures*, 36(1), 23-43.
- Mallozzi, P., Pelliccione, P., Knauss, A., Berger, C., Mohammadiha, N. (2019) Autonomous vehicles: state of the art, future trends, and challenges. *Automotive systems and software engineering: State of the art and future trends*, 347-367.
- Manzini, E., Jégou, F., Meroni, A. (2009) Design oriented scenarios: generating new shared visions of sustainable product service systems. In *Design for Sustainability. A step-by-step approach*, 15-32. United Nations Environment Programme, Delft University Technology.
- Merrie, A., Keys, P., Metian, M., Österblom, H. (2018) Radical ocean futures-scenario development using science fiction prototyping. *Futures*, 95, 22-32.
- Meissner, P., Wulf, T. (2015) The development of strategy scenarios based on prospective hindsight. *Journal of Strategy and Management*, 8(2), 176-190.
- Mevellec, P. (2017) La Design Science Research Methodology au service de la recherche en contrôle de gestion : application aux recherches sur les systèmes de coûts. *Annales des Mines – Gérer et comprendre*, 128(2), 62-78.
- Moon, H., Han, S. H. (2016) A creative idea generation methodology by future envisioning from the user experience perspective. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 56, 84-96.
- Mozota, B. B. D. (2003) *Design management: using design to build brand value and corporate innovation*. Simon and Schuster.
- Mozota, B. B. D., Klöpsch, C., Costa, F. C. X. D. (2011) *Gestão do design: usando o design para construir valor de marca e inovação corporativa*. Tradução Lene Ribeiro. Porto Alegre: ARTMED.

- Nathan, M. L. (2004) How past becomes prologue: A sensemaking interpretation of the hindsight-foresight relationship given the circumstances of crisis. *Futures*, 36(2), 181-199.
- National Energy Board (2018) *Canada's Energy Future 2018: Energy Supply and Demand Projections to 2040*. Ottawa, Canada Energy Regulator.
- Nelson, H. G., Stolterman, E. (2003) Design judgement: decision-making in the 'real'world. *The Design Journal*, 6(1), 23-31.
- Nelson, J. (2011) Contribution à l'analyse prospective des usages dans les projets d'innovation. *Diss. Arts et métiers ParisTech*. Paris.
- Nelson, J., Buisine, S., Aoussat, A. (2012) A methodological proposal to assist scenario-based design in the early stages of innovation projects. *Le travail humain*, 75(3), 279-305.
- Nelson, J., Buisine, S., Aoussat, A., Gazo, C. (2014) Generating prospective scenarios of use in innovation projects. *Le travail humain*, 77(1), 21-38.
- Nimmo, G. (2013) Technology roadmapping on the industry level: Experiences from Canada. In Moehrle, M. G., Isenmann, R. and Phaal, R. (eds.), *Technology roadmapping for strategy and innovation: Charting the Route to Success*. Springer, Berlin, pp. 47-65.
- Norman, D. A. (1988) *The psychology of everyday things*. Basic books.
- Oliveira, A.S., de Barros, M.D », Pereira, F.deC., Gomes, C.F.S. da Costa, H.G. (2018) Prospective scenarios: A literature review on the Scopus database. *Futures*, 100, 20-33.
- Oliveira, M. G., Rozenfeld, H. (2010) Integrating technology roadmapping and portfolio management at the front-end of new product development. *Technological forecasting and social change*, 77(8), 1339-1354.
- Osterwalder, A., Pigneur, Y., Bernarda, G., Smith, A. (2015) *Value proposition design: How to create products and services customers want*. John Wiley & Sons.
- Owen, C. L. (2006) Design thinking: Driving innovation. *The Business Process Management Institute*, 1-5.
- Park, H., Phaal, R., Ho, J.-Y., O'Sullivan, E. (2020) Twenty years of technology and strategic roadmapping research: A school of thought perspective. *Technological forecasting and social change*, 154, 119965.

- Parrish, P. (2006) Design as storytelling. *TechTrends*, 50(4), 72-82.
- Patrício, R., Moreira, A. C., Zurlo, F. (2018) Gamification approaches to the early stage of innovation. *Creativity and Innovation Management*, 27, 499– 511.
- Payne, D.G., Klin, C.M., Lampinen, J.M., Neuschatz, J.S., Lindsay, D.S. (1999) Memory applied. In *Handbook of Applied Cognition*, 83-113.
- Pelicioni, R. A., Armellini, F., Kaminski, P. C., Bassetto, S. (2017) Including the voice of the client in the creative process: a case study of the integration of Quality Function Deployment (QFD) to the Value Proposition Design (VPD) in the service sector. *The Journal of Modern Project Management*, 5(2)
- Phaal, R., Farrukh, C., Mitchell, R., Probert, D. (2003) Starting-up roadmapping fast. *Research-Technology Management*, 46(2), 52-59.
- Phaal, R., Farrukh, C., Probert, D. (2004) Customizing roadmapping. *Research-Technology Management*, 47(2), 26-37.
- Phaal, R., Farrukh, C., Probert, D. (2007) Strategic roadmapping: A workshop-based approach for identifying and exploring strategic issues and opportunities. *Engineering Management Journal*, 19(1), 3-12.
- Pham, C. T. A., Magistretti, S., Dell'Era, C. (2023) How do you frame ill-defined problems? A study on creative logics in action. *Creativity and Innovation Management*, 1– 24.
- Phipps, D. L., Meakin, G. H., Beatty, P. C. (2011) Extending hierarchical task analysis to identify cognitive demands and information design requirements. *Applied ergonomics*, 42(5), 741-748.
- Porter, A. L. (2004) Technology futures analysis: Toward integration of the field and new methods. *Technological Forecasting and Social Change*, 71(3), 287-303.
- Porter, M. E. (1980) *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors*. New York, The Free Press.
- Quesenbery, W., Brooks, K. (2010) *Storytelling for user experience: Crafting stories for better design*. Rosenfeld Media.
- Rasmussen, B., Andersen, P. D., Borch, K. (2010) Managing Transdisciplinarity in Strategic Foresight. *Creativity and Innovation Management*, 19(1), 37-46.

- Rasmussen, L. G. (2008) The narrative aspect of scenario building - How story telling may give people a memory of the future. In Satinder, G. (ed.), *Cognition, Communication and Interaction: Transdisciplinary Perspectives on Interactive Technology*. Springer, London.
- Ratcliffe, J. S. (2006) Challenges for corporate foresight: towards strategic prospective through scenario thinking." *Foresight*, 8(1), 39-54.
- Régie de l'énergie Québec (2020) *Portrait du marché québécois de la vente au détail d'essence et de diesel : Recensement des essenceries en opération au Québec au 31 décembre 2019*. Québec, Quebec Energy Regulator.
- Régie de l'énergie Québec (2017) *Portrait du marché québécois de la vente au détail d'essence et de diesel : Recensement des essenceries en opération au Québec au 31 décembre 2016*. Québec, Quebec Energy Regulator.
- Reid, S. E., de Brentani, U. (2004) The Fuzzy Front End of New Product Development for Discontinuous Innovations: A Theoretical Model. *Journal of Product Innovation Management*, 21(3), 170-184.
- Rhydderch, A. (2017) Scenario Building: The 2x2 Matrix. *Futuribles*.
- Rigby, D. K., Sutherland, J., Takeuchi, H. (2016) The secret history of agile innovation. *Harvard Business Review*, 4.
- Ritchey, T. (2011) General morphological analysis (GMA). In *Wicked problems–Social messes: Decision support modelling with morphological analysis*, 7-18. New York, Springer.
- Robert, J.M., Brangier, E. (2009) What Is Prospective Ergonomics? A Reflection and a Position on the Future of Ergonomics. In: *International Conference on Ergonomics and Health Aspects of Work with Computers*, pp. 161-169. Berlin, Heidelberg, Springer.
- Robert, J.M., Brangier, E., (2014) Prospective Ergonomics: Some Lessons for Its Development. *Le Travail humain*, 77(3), 205-206.
- Robert, J. M., & Brangier, E. (2019) Overview of methods for Prospective Ergonomics. In *Proceedings of the 50th Nordic Human Factors and Ergonomics Society (NES) Conference*, Elsinore, Denmark.

- Robert, J.-M., Maldar, M., Taraghi, M., Seffah, A. (2019) User Innovation, Lead Users and Crowdsourcing for the Design of New Products and Services: Why, What and How?. In *Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018)*, 20, pp. 730-743. Springer International Publishing.
- Rosemann, M. (2014) *The Internet of Things: new digital capital in the hands of customers*. SAP SE.
- Rossetti, G., Giraudo, F., Murer, P., Arcusin, L. (2014) Comparative Analysis of Product Development Process Management Models. *American Journal of Industrial Engineering*, 2(1), 5-9.
- Rosson, M. B., Carroll, J. M. (2007) Scenario-based design. In *The human-computer interaction handbook*, 1067-1086. Boca Raton, CRC Press.
- Rosson, M. B., Carroll, J. M., Hill, N. (2002) *Usability engineering: scenario-based development of human-computer interaction*. San Francisco, Morgan Kaufmann.
- Roubelat, F., Cazes, B., Hatem, F., Godet, M. (1993). *La prospective : pratiques et méthodes*. Paris, Éditions Economica.
- Rozenfeld, H. (2006) *Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma Referência para a Melhoria do Processo*. São Paulo, Saraiva.
- Ruault, J. R., Gardinetti, E., Kolski, C., Vanderhaegen, F. (2014) Adaptation of Prospective Ergonomics to Long Life Systems. *Travail Humain*, 77(3), 257-280.
- Sakellariou, E., Vecchiato, R. (2022) Foresight, sensemaking, and new product development: Constructing meanings for the future. *Technological Forecasting and Social Change*, 184, 121945.
- Saltelli, A., Vidoni, D., Mascherini, M. (2009) Recommended practices in global sensitivity analysis. Paper presented at the *Uncertainties in Environmental Modelling and Consequences for Policy Making*, Dordrecht.
- Sandford, R. (2019) Thinking with heritage: Past and present in lived futures. *Futures*, 111, 71-80.
- Santos, M.M., Coelho, G.M., Santos, D.M., Filho, L.F. (2010) Prospecção de tecnologias de futuro: métodos, técnicas e abordagens. *Parcerias estratégicas*, 9(19), 189-230.

- Saritas, O., Aylen, J. (2010) Using scenarios for roadmapping: The case of clean production. *Technological forecasting and social change*, 77(7), 1061-1075.
- Schmidt-Scheele, R. (2020) 'Plausible' energy scenarios?! How users of scenarios assess uncertain futures. *Energy Strategy Reviews*, 32, 100571.
- Scolari, S. H. P. (2008) *Design e emoção: um modelo de círculos de referências de emoções em produtos*. São Paulo, Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação.
- Shami, A., Lotfi, A., Coleman, S., Dostál, P. (2015). Unified knowledge based economy hybrid forecasting. *Technological Forecasting and Social Change*, 91, 107-123.
- Shudo, H., Ohnishi, A. (2010) A Method for Exception Scenarios Generation Using Templates of Exceptions. In 2010 *Asia Pacific Software Engineering Conference*, 13-22.
- Silva, G., Dacorso, A. L. R. (2013) Inovação aberta como uma vantagem competitiva para a micro e pequena empresa. *RAI Revista de Administração e Inovação*, 10(3), 251-269.
- Silva, D. O. D., Bagno, R. B., Salerno, M. S. (2014) Models for innovation management: review and analysis of the literature. *Production*, 24, 477-490.
- Simms, C., Frishammar, J., Ford, N. (2021) The front end in radical process innovation projects: Sources of knowledge problems and coping mechanisms. *TECHNOVATION*, 105, 102214.
- Snyder, H. (2019) Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of business research*, 104, 333-339.
- Sorge, M. (2004) Stress-testing financial systems: an overview of current methodologies. *Bank of International Settlements (BIS)*, 165.
- Spaniol, M. J., Rowland, N. J. (2019) Defining scenario. *Futures & Foresight Science*, 1(1), e3.
- Statistics Canada (2020) *New Motor Vehicle Registration Survey, preliminary data for the first half of 2020*. Ottawa, Statistics Canada.
- Statistics Canada (2019) *Table 20-10-0021-01 New motor vehicle registrations, 2019*. Ottawa, Statistics Canada.

- Strauss, J. D., Radnor, M. (2004) Roadmapping for dynamic and uncertain environments. *Research-Technology Management*, 47(2), 51-58.
- Thakur, V. (2021) Framework for PESTEL dimensions of sustainable healthcare waste management: Learnings from COVID-19 outbreak. *Journal of cleaner production*, 287, 125562.
- Tidd, D., Bessant, D., Pavitt, K. (2011) *Managing innovation*. LTD, Chichester.
- Trappey, C. V., Wu, H. Y., Taghaboni-Dutta, F., Trappey, A. J. (2011) Using patent data for technology forecasting: China RFID patent analysis. *Advanced Engineering Informatics*, 25(1), 53-64.
- Ulrich, K. T., Eppinger, S. D., Yang, M. C. (2008) *Product design and development*. Boston, McGraw-Hill higher education.
- Ulwick, A. T. (2013) Silence the Voice of the Customer. *Innovation Management*, disponible : <https://innovationmanagement.se/2013/06/25/silence-the-voice-of-the-customer/>
- Vaishnavi, V.K. (2007) *Design science research methods and patterns: innovating information and communication technology*. Boca Raton, CRC Press.
- Van Aken, J. E. (2005) Valid knowledge for the professional design of large and complex design processes. *Design Studies*, 26(4), 379-404.
- Van der Duin, P., van der Steen, M. (2012) Looking back on looking forward. *Futures*, 44(5), 415.
- Van der Heijden, K. (2011) *Scenarios: the art of strategic conversation*. Chichester, John Wiley & Sons.
- Van Reine, P. (2017) The culture of design thinking for innovation. *Journal of Innovation Management*, 5(2), 56-80.
- Vatananan, R. S., Gerdri, N. (2010) The current state of technology roadmapping (TRM) research and practice. *PICMET 2010 TECHNOLOGY MANAGEMENT FOR GLOBAL ECONOMIC GROWTH*, 1-10.
- Vettorello, M., Eisenbart, B., Ranscombe, C. (2022) The Innovation System Roadmap: A novel approach to instil futures-oriented reasoning in strategic decision making. *Creativity and Innovation Management*, 31(1), 5-18.

Viswanathan, V., & Linsey, J. (2011). Design fixation in physical modeling: an investigation on the role of sunk cost. Paper presented at the *International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*.

Vivian, R., Brangier, E., Bornet, C., Roussel, B., Barcenilla, J., Bost, A. (2015) Towards Participatory Methods to Take into Account Future Users and Future Usages of Hydrogen Energy: a Prospective Ergonomics Approach. In the *Eighth International Conference on Advances in Human-oriented and Personalized Mechanisms, Technologies, and Services. CENTRIC 2015*. Barcelone, Spain.

Von Hippel, E. (2001) User toolkits for innovation. *Journal of Product Innovation Management: An International Publication Of The Product Development & Management Association*, 18(4), 247-257.

Voros, J. (2006) Introducing a classification framework for prospective methods. *Foresight*, 8, 43-56.

Wagner, S., Bican, P.M., Brem, A. (2021) Critical success factors in the front end of innovation: results from an empirical study. *International Journal of Innovation Management*, 25(4), 2150046.

Weidenhaupt, K., Pohl, K., Jarke, M., Haumer, P. (1998) Scenarios in system development: current practice. *IEEE Software* 15(2), 34-45.

Wilson, I. (1998) Mental maps of the future: an intuitive logics approach to scenarios. In Fahey, L. and Randall, R. M. (eds.), *Learning from the future: Competitive foresight scenarios*. Wiley, New York, pp. 81-108.

Winter, R., Aier, S. (2016) Design Science Research in Business Innovation. In Hoffman, C., Lennerts, S., Schmitz, C., Stolzle, W., Uebernickel, F. (éds.) *Business Innovation : Das St. Galler Modell*, 475-498. Wiesbaden, Springer.

Wolf, P., Klotz, U., Baumann, S. (2018) What can we do for you?: Far-future mobility-related customer needs. In *19th International CINet Conference: Continuous Innovation: Spinning out and spinning in*. Continuous Innovation Network, 447-456.

World Bank Group (2019) *State and Trends of Carbon Pricing 2019*. Washington, DC, World Bank. Homepage, <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/31755>, last accessed 2021/02/08.

Wright, G., Cairns, G., Bradfield, R. (2013) Scenario methodology: New developments in theory and practice. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(4), 561-565.

Yilmaz, S., Daly, S. R. (2016) Feedback in concept development: Comparing design disciplines. *Design Studies*, 45, 137-158.

Yin, R. K. (2011) *Applications of case study research*. Sage.

Young, R. M., Barnard, P. (1986) The use of scenarios in human-computer interaction research: Turbocharging the tortoise of cumulative science.” In *Proceedings of the SIGCHI/GI conference on Human factors in computing systems and graphics interface*, 291-296. Toronto, Association for Computing Machinery.

Yu, S., Heo, J., Jeong, S., Kwon, Y. (2016) Technical analysis of VTOL UAV. *Journal of Computer and Communications*, 4(15), 92-97.

Zhao, M., Hoeffler, S., Dahl, D. W. (2012) Imagination Difficulty and New Product Evaluation. *Journal of Product Innovation Management*, 29, 76-90.

Zimring, C., Craig, D. L. (2001) Defining design between domains: an argument for design research á la carte. In *Design knowing and learning: Cognition in design education*, pp. 125-146, Elsevier Science.

Zwicky, F. (1969) *Discovery, invention, research through the morphological approach*. Toronto, ON, Macmillan.

ANNEXE A CERTIFICATION D'ÉTHIQUE

CER-2021-33-D



Montréal, le 15 décembre 2020

Objet : Approbation éthique – « La prospection dans le développement de nouveaux produits et services : définition et validation de scénarios prospectifs pour l'innovation » -
Projet CER-2021-33-D

M. Joao Gabriel Alves Ribeiro Rosa,

J'ai le plaisir de vous informer que le Comité d'éthique de la recherche, selon les procédures en vigueur, en vertu des documents qui lui ont été fournis, a examiné le projet de recherche susmentionné et conclu que ce dernier répond aux normes en vigueur au chapitre de l'éthique de la recherche énoncées dans la *Politique en matière d'éthique de la recherche avec des êtres humains* de Polytechnique Montréal.

Veuillez noter que le présent certificat est valable pour une durée d'un an, soit du 15 décembre 2020 au 16 décembre 2021, pour le projet tel qu'approuvé au Comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains.

Veuillez noter que conformément aux exigences auxquelles l'institution et son personnel sont assujettis afin d'être admissibles aux fonds des organismes subventionnaires, il est de votre responsabilité de déposer au CÉR un rapport annuel ou un rapport final avant l'expiration de la présente approbation éthique afin de l'informer de l'avancement de vos

travaux. Le formulaire à remplir est disponible à l'adresse suivante : (<http://www.polymtl.ca/recherche/formulaires-et-guides>).

De plus, il est de votre responsabilité d'informer le CER de toute modification importante qui pourrait être apportée au protocole expérimental avant sa mise en œuvre, de même que de tout élément ou événement imprévu pouvant avoir une incidence sur le bien-être ou l'intégrité des participant(e)s impliqué(e)s dans le projet de recherche. Nous vous invitons aussi à nous signaler tout problème susceptible d'avoir une incidence sur les membres de l'équipe de recherche.

Je vous souhaite bonne chance dans la poursuite de vos travaux.

Nous vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments les meilleurs,

Farida Cheriet, présidente

Comité d'éthique de la recherche

Polytechnique Montréal

c.c. Direction de la formation et de la recherche; Service des Finances

Fabiano Armellini, professeur agrégé, Département de mathématiques et de génie industriel

Jean-Marc Robert, professeur associé, Département de mathématiques et de génie industriel

p.j. Certificat # CER-2021-33-D

Fax : 514 340-4992 Courriel : ethique@polymtl.ca Campus de l'Université de Montréal

Adresse postale 2900, boul. Édouard-Montpetit

C.P. 6079, succ. Centre-Ville 2500, chemin de Polytechnique

Montréal (Québec) Canada H3C 3A7 Montréal (Québec) Canada H3T1J4

**POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL**

UNIVERSITÉ
D'INGÉNIERIE



CER-2021-33-D

CERTIFICAT D'APPROBATION ÉTHIQUE

Le Comité d'éthique de la recherche de Polytechnique Montréal, selon les procédures en vigueur, en vertu des documents qui lui ont été fournis, a examiné le projet de recherche suivant et conclu qu'il respecte les règles d'éthique énoncées dans sa Politique en matière d'éthique de la recherche avec des êtres humains.

Projet

Titre du projet **La prospection dans le développement de nouveaux produits et services : définition et validation de scénarios prospectifs pour l'innovation CER-2021-33-D**

Étudiant requérant **Joao Gabriel Alves Ribeiro Rosa**, Candidat au PhD,
Département de mathématiques et de génie industriel

Sous la direction de : **Fabiano Armellini, professeur agrégé**, Département de mathématiques

et de génie industriel, Polytechnique Montréal & **Jean-Marc Robert, professeur associé**, Département de mathématiques et de génie industriel, Polytechnique Montréal.

Financement

Organisme CRSNG

No de UBR

Programme

No d'octroi :

Titre original de
l'octroi :

Chercheur principal :

MODALITÉS D'APPLICATION

Toute modification importante qui pourrait être apportée au protocole expérimental doit être transmise au Comité avant sa mise en œuvre.

L'équipe de recherche doit informer le Comité de tout élément ou évènement imprévu pouvant avoir une incidence sur le bien-être ou l'intégrité des participant(e)s impliqué(e)s dans le projet de recherche ainsi que tout problème susceptible d'avoir une incidence sur les membres de l'équipe de recherche.

Selon les règles universitaires en vigueur, un suivi annuel est minimalement exigé pour maintenir la validité de la présente approbation éthique, et ce, jusqu'à la fin du projet. Le questionnaire de suivi est disponible sur la page web du Comité.

Farida Cheriet, présidente
Comité d'éthique de la recherche
Polytechnique Montréal

Date de délivrance : Date de fin de validité :

15 décembre 2020

Date du prochain
suivi :

1er janvier 2022

16 décembre 2021

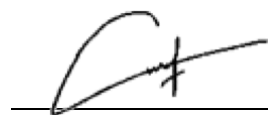
Comité d'éthique de la recherche
Campus de l'Université de Montréal **avec**
des êtres humains Adresse postale
2900, boul. Édouard-Montpetit

Tél.: 514 340-4711 poste : 3755
C.P. 6079, succ. Centre-Ville 2500, chemin
de Polytechnique

Fax : 514 340-4992
Canada H3T1J4

Montréal (Québec) Canada H3C 3A7 Montréal (Québec)

Courriel : ethique@polymtl.ca



ANNEXE B SCÉNARIOS PRÉSENTÉS

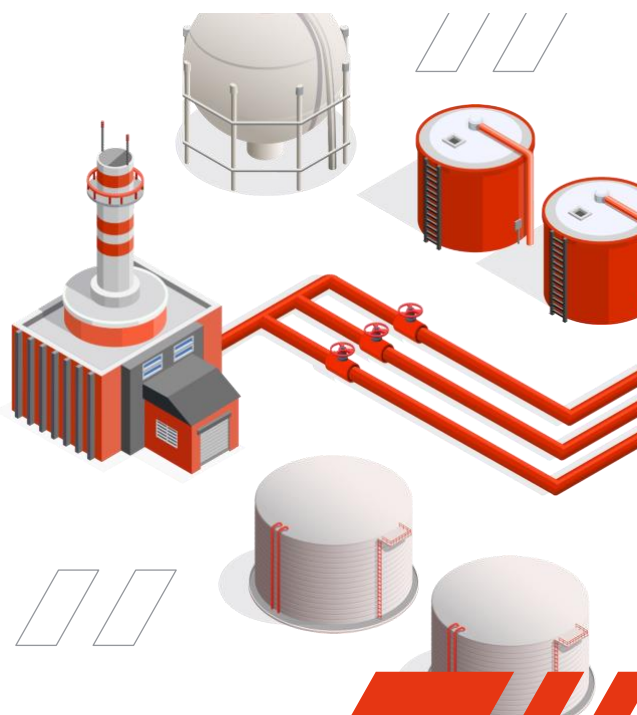
Les images et scénarios suivants ne peuvent être utilisées à des fins commerciales. Les illustrations sont réalisées à partir de l'utilisation, de la modification et de la création de vecteurs et d'images provenant de banques d'images gratuites (vecteezy, istock, freepik, entre autres).



Scénarios prospectifs

Station de service

Discussion avec Gabriel



Objectif

Les objectifs de cette rencontre sont:

1. Discuter des scénarios prospectifs pour la station de service de l'avenir;
2. Avoir des idées à partir des scénarios (nouvelles idées, contraintes, nouveaux scénarios);
3. Hiérarchiser les scénarios selon l'opinion de l'interviewé (par rapport à la probabilité de se réaliser);
4. Sélectionner les scénarios court terme/long terme.

Les données sensibles qui puissent identifier les participants sont maintenues secrètes (nom; entreprise).



Table

P

01 | **Centre urbain**

03 | **Autoroute**

02 | **Zone rurale**

02 | **Centre
urbain**

E - Station immeuble - l'utilisateur (adulte) recharge son véhicule électrique volant sur les toits des bâtiments.

Urbain – station immeuble

Besoin: Recharge, maintenance

Usager: Général

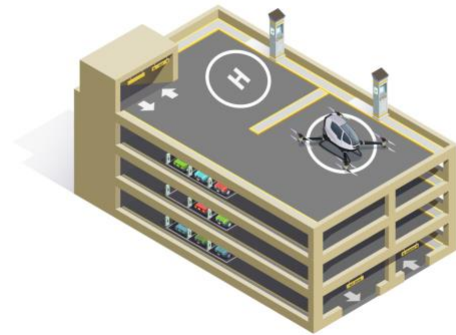
Energy: Électricité (possibilité vent et solaire)

Vehicule: Électrique et VTOL

Localisation: Centres urbains

Interface: Touch screen

- Plusieurs étages
- Stationnements pour recharge
- Étages de maintenance
- Étages de divertissement/restauration
- Dépanneur
- Top immeuble VTOL
- Problème top pour solaire x vtol



F - Station souterraine - le véhicule autonome est entretenu et rechargé par induction dans une station souterraine (jeune adulte).

Urbain – souterraine

Besoin: Recharge, maintenance, achats

Usager: Général

Energy: Électricité (induction, bornes)

Vehicule: Électrique et autonome

Localisation: Centres urbains

Interface: AI, IOT

- Voiture automatique et autonome
- Programmer la voiture (soir/nuit préférable)
- Mises à jour du système
- Places assignées pour recharge
- Possibilité de maintenance et correction
- IOT
- Possibilité : intégrer achats



G - Station de stationnement - les véhicules de co-partage se rechargent à leur point de repère, centre de stationnement (employé).

Urbain – stationnement

Besoin: Recharge, milestone
 Usager: Général
 Energy: Électricité (induction, bornes)
 Vehicle: Électrique, partagé
 Localisation: Centres urbains
 Interface: Intégrée, cellulaire

- Stationnements conjugués recharge électrique
- Bornes ou induction
- Espaces réservés aux voitures de partage



H - Stations des centres commerciaux - l'utilisateur fait des achats dans le centre commercial et la recharge de son véhicule est liée au temps et à l'argent dépensés à l'intérieur (adolescent).

Urbain – centres commerciaux

Besoin: Recharge, achats
 Usager: Général
 Energy: Électricité (induction, bornes), hydrogène
 Vehicle: Électrique, light/heavy duty
 Localisation: Centres urbains
 Interface: Manuelle

- Adoption des bornes
- Adoption induction
- Prix lié aux achats (valeur min)
- Prix carte fidélité
- Prix x en achats = y temps



I - Ville intelligente - modèle de recharge décentralisée aux intersections, aux feux de circulation et aux arrêts obligatoires, avec des partenariats public-privé (adulte).

Urbain – ville intelligente

Besoin: Recharge
 Usager: Général
 Energy: Électricité (induction)
 Vehicle: Électrique, light/heavy duty
 Localisation: Centres urbains
 Interface: Intégrée, IA, IOT

- Intersections
- Avant feux rouges
- Avant panneaux d'arrêt
- Induction
- Et/ou
- Repartir le modèle de négoces
- Partenariat
- Diverses parties prenantes (addition de bornes)



Centre urbain

	immeuble	souterraine	stationnement	centres commerciaux	ville intelligente	autres
Probabilité						
Long terme						
Court terme						
Contraintes						
Idées						

02

Autoroute

A - Grand centre - une femme âgée s'arrête pour se ressourcer pendant son voyage dans un centre qui offre de nombreux services, hébergements et divertissements.

Autoroute – grand centre

Besoin: Recharge, information, milestone, achats

Usager: Général, famille

Energy: Électricité (grid, vent, solaire), hydrogène

Vehicle: Électrique, light/heavy duty, voleur

Localisation: Autoroute

Interface: touch screen/manuelle

- Restauration
- Toilettes et hygiène
- Amusement
- Hôtellerie
- Manutention
- Plusieurs types recharges possibles



B - Smart highway - la recharge se fait par induction sur une voie réservée à la recharge (famille).

Autoroute – route intelligente

Besoin: Recharge
 Usager: Général, famille
 Energy: Électricité (induction)
 Vehicle: Électrique, light/heavy duty
 Localisation: Autoroute
 Interface: intégrée

- File spéciale
- Recharger en roulant
- Recharge par induction
- Prix calculé système intégré
- IOT



C - Stations d'arrêt - arrêt familial dans une station d'arrêt pour la supercharger et le gonflage des pneus, réparti sur l'autoroute.

Autoroute – stand

Besoin: Recharge, achats
 Usager: Général, famille
 Energy: Électricité (induction ou supercharge)
 Vehicle: Électrique, light/heavy duty
 Localisation: Autoroute
 Interface: Intégrée, manuelle/touch

- Troçons spécifiques recharge
- Supercharge ou induction stationnée
- Changer de file pour se charger
- Marchandises et toilettes par troçons
- Wifi x données
- Self service



D - Auto-recharge du véhicule - le véhicule se recharge partiellement pendant la conduite (seniors).

Autoroute – auto-recharge

Besoin: Recharge
 Usager: Général, famille
 Energy: Électricité (générer)
 Vehicle: Électrique, light/heavy duty
 Localisation: Autoroute
 Interface: Intégrée, manuelle/touch

- Voiture recharge partiellement maison
- Voiture produit sa propre recharge
- Plaques solaires
- Captation vent
- Générateur voiture
- Mouvement transformation
- Voiture devient partiellement autosuffisante



Autoroute

	grand centre	route intelligente	stand	auto-recharge	autres
Probabilité					
Long terme					
Court terme					
Contraintes					
Idées					

03

Zone rurale

J - Station génératrice d'énergie – monsieur plus âgé s'arrête à une station qui offre un mélange d'énergies et produit une partie de sa propre énergie.

Zone rurale – génératrice d'énergie

Besoin: Recharge, achats, milestone, maintenance

Usager: Général

Energy: Hydrogène, Électricité, Bio

Vehicle: Light/heavy duty

Localisation: Zone rurale

Interface: Manuelle/touch

- Station génératrice d'énergie
- Sources variées d'énergie
- Besoin d'espace
- Besoin de puissance
- Besoin de sécurité variée
- Besoin de réservoirs différents
- Besoin de reapprovisionnement intelligent+



K - L'utilisateur génère/fournit de l'énergie - l'utilisateur devient un participant actif du réseau et remplit partiellement le rôle de la station-service dans son environnement.

Zone rurale – participant actif du réseau

Besoin: Recharge

Usager: Général

Energy: Électricité, Bio, etc

Vehicle: Light/heavy duty

Localisation: Zone rurale

Interface: Manuelle

- Utilisateur est participant actif du réseau
- Producteur d'énergie
- Contributeur du réseau
- Surplus injecté dans le réseau
- Crédit
- Solaire (problème pôles)
- Éolienne (problème espace* et prix)
- Biomasse, Géothermale, Mix+



L - Station de batterie - senior avec batterie amovible, insère la batterie presque vide sur la station et prend une batterie chargée (jeune femme).

Zone rurale – station batteries

Besoin: Recharge

Usager: General*

Energy: Électricité

Vehicle: Light duty

Localisation: Zone rurale

Interface: Manuelle, cellulaire

- Batterie removable
- Différente modèle de propriété de batteries
- Interaction forte entre utilisateur et station
- Besoin d'espace
- Difficulté plus âgés*



Zone rurale

	génératrice	participant actif du réseau	station batterie	autres
Probabilité				
Long terme				
Court terme				
Contraintes				
Idées				

ANNEXE C CYCLES D'ENTRETIENS AVEC LES EXPERTS

Cette annexe contient des données qui permettent au lecteur de mieux comprendre l'implication des experts dans les deux séries d'entretiens. Nous présentons des guides des participations décrites dans la thèse.

GUIDE ENTRETIEN PREMIER CYCLE

Le premier cycle consiste en la collecte de données prospectives exprimées par les répondants (voir les sections 3.5 et 5.2.2).

Formulaire d'information et de consentement

Titre de l'activité de recherche :

La prospection dans le développement de nouveaux produits et services: définition et validation de scénarios prospectifs pour l'innovation

Équipe de recherche :

Responsable de l'activité de recherche

Joao Gabriel Alves Ribeiro Rosa

Candidat au doctorat

Polytechnique Montréal – Département de mathématiques et génie industriel (MAGI)

Numéro de téléphone : +1-XXXXXXXXXXXX

Adresse courriel : XXXXXXXX@polymtl.ca

Sous la direction de

Fabiano Armellini

Professeur agrégé

Polytechnique Montréal – Département de mathématiques et génie industriel (MAGI)

Numéro de téléphone : XXXXXX

Adresse courriel : [XXXXXX](#)

Sous la direction de

Jean-Marc Robert

Professeur

Polytechnique Montréal – Département de mathématiques et génie industriel (MAGI)

Numéro de téléphone :

Adresse courriel : XXXXXX

Financement de l'activité de recherche :

La présente activité de recherche est financée par CRNSG.

Conflits d'intérêts

L'équipe de recherche n'est pas en situation de conflit d'intérêts dans le contexte de la présente activité de recherche.

Préambule

Nous vous invitons à participer à une activité de recherche qui vise à la génération de scénarios prospectifs centrés sur l'activité humaine, pour discuter et imaginer les stations de service de l'avenir.

Cependant, avant d'accepter de participer à cette activité et de signer le présent formulaire d'information et de consentement, veuillez prendre le temps de lire l'information présentée.

Nous vous invitons à poser toutes les questions que vous jugerez utiles à la responsable ou au responsable de l'activité de recherche ou à tout autre membre de l'équipe de recherche et à leur demander de vous expliquer tout mot ou renseignement qui ne serait pas clair. Nous vous invitons également à prendre conseil auprès de toute autre personne de qui vous aimeriez obtenir un avis à propos de votre éventuelle participation.

Présentation générale du projet de recherche

Les principaux objectifs de l'étude que nous réalisons sont les suivants : la construction d'une méthodologie multi-phase itérative et participative qui articule la génération de scénarios prospectifs centrés sur l'activité humaine avec l'amorçage d'idées; la construction de concepts de *design* et la définition d'exigences de produits issus des scénarios spéculatifs; et la création de prototypes à partir des méthodes agiles de conception comme objectif final de tester le résultat de l'exercice prospectif auprès des parties prenantes.

Afin d'atteindre nos objectifs, nous effectuerons des **entrevues** pour discuter les tendances technologiques, sociales, politiques et démographiques qui impacteront directement ou indirectement les stations de services.

Critères d'inclusion et d'exclusion

Dans le cadre de cette activité, nous cherchons à recruter (1) des détenteurs d'un diplôme de deuxième cycle dans les domaines du génie informatique/logiciel, du génie industriel ou des domaines directement liés à l'activité de prospection ou (2) des personnes ayant travaillé au moins un an dans les domaines du transport, de l'énergie ou directement liés aux stations de services.

Nature et durée de votre participation à l'activité de recherche

Les adhérents participeront d'une entrevue semi-structurée individuelle en ligne.

L'entrevue aura lieu par les plateformes Zoom ou Skype dans le jour et horaire accordé précédemment par la disponibilité des participants. La durée de l'activité n'excédera pas 60 minutes.

L'entrevue se déroulera *grosso modo* comme le suit :

Renseignements

1. Domaine, formation, fonction et description de la fonction.
2. Expérience (e.g., Génie industriel/informatique, prospection, industrie pétrolière/énergie, transport).

Discussion

1. Quel est l'avenir de l'industrie pétrolière/transport?
2. Quel est notre avenir énergétique?
3. Quel est l'avenir des stations de service?
4. Discuter les moteurs principaux et les barrières du futur des stations de service.
5. Discuter quel sont les tendances vues selon leur expérience/domaine (technologiques, politiques, sociales, démographiques, etc.).

Les données audio et vidéo seront enregistrées par la fonction du logiciel employé (Zoom ou Skype). Les données utilisées pour la recherche sont les informations exprimées (idées, opinions, etc.).

Risques pouvant découler de votre participation à l'activité de recherche :

La présente activité de ne devrait pas entraîner des risques plus grands que ceux que vous rencontrés dans votre vie de tous les jours.

Sachez qu'il y a les risques de cyber sécurité habituels liés à l'utilisation de plateformes numériques qui peuvent résulter à l'accès aux informations par un tiers. En cas de piratage, on vous informera ainsi que la police pour prendre les mesures possibles.

Inconvénients pouvant découler de votre participation à l'activité de recherche

C'est possible que vous vous sentiez fatigué(e) après l'activité dû le temps consacré à l'étude, la position fixe assise et l'exposition d'environ une heure à l'écran de l'ordinateur. On vous recommande de bien dormir avant l'activité.

Avantages pouvant découler de votre participation à l'activité de recherche

Vous ne retirerez aucun bénéfice personnel de votre participation à la présente activité de recherche. Toutefois, votre participation permettra de faire avancer l'état des connaissances dans le domaine de l'ergonomie prospective et du développement de nouveaux produits et services.

Compensation financière

Vous ne recevrez pas de compensation financière pour votre participation.

Participation volontaire et possibilité de retrait :

Votre participation à la présente activité de recherche est volontaire. Vous êtes donc libre de refuser d'y participer et pouvez à tout moment décider de vous en retirer, même pendant le déroulement de l'entrevue, sans avoir à motiver votre décision et sans risquer d'en subir de

préjudice. Vous n'avez qu'à en informer la personne- ressource de l'équipe de recherche et ce, par simple avis verbal.

En cas de retrait, vous pouvez demander la destruction des données vous concernant. Cependant, il sera impossible de retirer vos données ou votre matériel des analyses menées une fois ces dernières publiées ou diffusées.

Tout au long des activités de recherche, vous recevrez en temps opportun l'information pertinente en lien avec votre participation.

L'équipe de recherche et le comité d'éthique de la recherche se réservent le droit de vous retirer de l'étude si vous ne respectez pas les consignes, s'il existe des raisons administratives d'abandonner l'activité, ou pour toutes autres raisons concernant la faisabilité de l'étude. Si une telle situation survient, l'équipe de recherche vous en informera dès que possible.

Confidentialité et protection de vos données

L'équipe de recherche recueillera et consignera toutes vos données de manière sécuritaire de façon à en protéger le caractère confidentiel.

Voici comment nous protégerons vos données **lors de la collecte et lors des analyses** :

- Les données identificatoires (voix, image et nom) seront connues seulement par le responsable de la recherche.
- Les données seront maintenues dans un dossier avec mot-de-passe d'accès exclusif par le responsable de la recherche jusqu'à la transcription des entrevues.
- Les enregistrements seront supprimés après la transcription.
- Les transcriptions seront anonymisées par le responsable de la recherche (en enlevant les données sensibles et identifiables).
- Les transcriptions seront partagées avec l'équipe de recherche par le compte de stockage infonuagique fourni par l'université (zoom licence professionnel).
- Les seules informations sensibles identifiables pertinentes sont les formations académiques, les fonctions et le domaine d'expertise des participants (cas échéant).

Voici comment nous protégerons vos données **lors des publications** :

- La recherche fera l'objet de publications et de présentations dans des revues scientifiques, mais il ne sera pas possible de vous identifier.
- Les seules données identificatoires qui peuvent être publiées sont les domaines d'expertises ou fonction (cas échéant) des participants.

Enfin, voici comment nous protégerons vos données **après le projet de recherche** :

- Vos données transcrites des enregistrements seront conservées par l'équipe de recherche pendant 7 ans.

- À la date limite, les données seront supprimées.

Vous avez le droit de consulter votre dossier de recherche pour vérifier l'exactitude des renseignements recueillis aussi longtemps que l'équipe de recherche ou Polytechnique Montréal détiendront ces informations. Cependant, afin de préserver l'intégrité scientifique du projet de recherche, certaines informations seront accessibles seulement à la fin du projet de recherche.

Diffusion des résultats de la recherche

La diffusion des résultats de la recherche aux participants sera faite par email, sous forme d'articles scientifiques publiés, d'invitation à lire la thèse de doctorat publiée et d'invitation aux présentations publiques.

Indemnisation en cas de préjudice et droits des participant(e)s

Si vous deviez subir quelque préjudice que ce soit par suite de votre participation à cette activité de recherche, vous ne renoncez à aucun de vos droits ni ne libérez les chercheurs, l'organisme de financement ou Polytechnique Montréal de leurs responsabilités légales et professionnelles

GUIDE DEUXIÈME CYCLE D'ENTRETIENS

Le deuxième cycle consiste en la validation des scénarios prospectifs à partir du jugement et vote des répondants (voir les sections 3.5 et 6.3.2).

Pour le guide de la deuxième série d'entretiens, ce qui a changé par rapport à la première série, c'est le guide de discussion. Cette fois-ci, il était axé sur la discussion et la validation des scénarios présentés :

Discussion

1. Présentation des scénarios.
2. Juger de la cohérence de chaque scénario.
3. Vote sur la plausibilité des scénarios.

4. Vote sur l'échelle de temps, les scénarios à long terme et à court terme.

5. Discussion des scénarios, des problèmes et des opportunités identifiés.

Les données audio et vidéo ne seront pas enregistrées. Les données utilisées pour la recherche sont les informations exprimées (idées, opinions, etc.).

ANNEXE D RÉSULTATS ET ÉCHANTILLONAGE

RÉSULTATS ET ÉCHANTILLONAGE DES DONNÉES GÉNÉRÉES ET COLLECTÉES

Cette annexe contient des résultats issus des différentes méthodes employées.

ANALYSES DE TÂCHE. SECTION 4.2 ET 5.3.1.

RAPPORT

Rapport Analyse de Tâches – Station de service

Travailleurs :

- | | | |
|--|---|---|
| - Gérant. | } | Présents (jour : les deux / soir : caissier seul) |
| - Caissier | | |
| - Vérificateur | } | Occasionnel |
| - Agent réapprovisionnement (gaz et/ou produits) | | |

Rôles :

Gérant :

- Administratif (paie, etc.);
- Réapprovisionnement (compter produits, tableur, gérer demandes, ventes-rapports);
- Fournir du change;
- Placer produits, nettoyer (possiblement).

Caissier :

- Gérer la caisse (change, etc.);
- Transactions vente de produits;
- Transactions vente d'essence;
- Éviter le vol (marchandise et essence);
- Sécurité de la station (libérer pompe si...);
- Entretien (nettoyage, remplissage, etc.);

- Guider le client (répondre aux doutes).

Vérificateur :

- Vérifier produits (quantité, demande, disposition);
- Rapports.

Agent réapprovisionnement :

- Livrer quantité = demande;
- Recueillir signature.

Points ressortants

Travailleurs

- Réapprovisionnement : Placer produits
Compter en magasin – comparer rapport ventes
Compter arrivants – comparer demande
- Argent comptant : Recevoir
Change : gérer/avoir
Fournir
- Transactions : Scanner, informer, paiement, remerciement, accueil
Pour l'essence : guider le client, doutes
- Sécurité stations : Éviter vol : Essence, produits
Libérer pompe selon normes : porte ouverte, cigarette, etc.
En hiver : Entretien
- Entretien : En hiver : nettoyage plus fréquent, plancher mouillé,
du sel dehors
Reste de l'an : toilettes, plancher occasionnellement

Lorsqu'on analyse les divers travaux dans les stations de service, on identifie des variables qui sortent de la base vente-carburant liées à la sécurité et l'entretien de la station.

On remarque des éléments très présents dans le secteur de commerce de détail. Cependant, la gestion de la caisse serait plus intense (bien que la station de service demeure plus accessible) et les mesures de sécurité divergent en complexité.

Le modèle de référence (station avec dépanneur) offre deux espaces distincts (un ouvert et un fermé) où le contrôle de celui ouvert se fait à distance à partir des confirmations visuelles et des messages de voix radio caisse-borne.

Je prévois faire des liens entre les besoins de réapprovisionnement et les tendances technologiques du commerce : RFID, tags, bluetooth, etc. (étudiées cours Gestion de Technologies IOT dans les Organisations – UQAM).

Toujours au point c'est la question d'entretien. Le nettoyage encore plus visible en hiver et devient une mesure importante de sécurité. Mettre-à-jour avec l'IA? Sujet important pour la discussion en groupe pour rassembler des idées.

Client

- Se positionner : Côté de la voiture
Être capable de sortir de la voiture
Pistolet arrive à la voiture
- Procédure : On veut être guidés (différentes procédures, facilité)
Confirmations visuelles
- Informer quantité : Par prix
Par litres
- Raisons paiement à l'intérieur de la station { Problème du plein (on ne sait pas combien rentrera)
Problème carte de crédit (on ne veut pas allouer montant)
- Payer : Seulement par carte (extérieur)
- Fidélité : Système de récompenses
- Choisir l'essence : On va souvent vers le régulier
On ne sait pas trop
- Libération : Sécurité du fournisseur
- Gazer : On attend
Attendre des signaux pour assurer la fin
- Remettre à la place le pistolet
- Preuve/reçu : Si on n'appuie pas, c'est trop tard
Reçu en papier

Gaser

Se positionner	Regarder le côté pompe-voiture Stationner/mesurer la distance Ouvrir portille dans voiture Ouvrir portille dehors
S'assurer de la procédure	Lire l'écran d'affichage Suivre les instructions
Informé quant à payer et payer	Choisir montant Insérer la carte Choisir compte chèque/épargne cas échéant Entrer le code Attendre confirmation Enlever la carte
Recevoir/accumuler récompenses	Insérer la carte de points Enlever la carte de points
Choisir l'essence	Enlever le pistolet Regarder les types indiqués Appuyer sur le type d'essence souhaité

Attendre libération

Gaser	Introduire pistolet-voiture Appuyer gâchette/déclencheur
Assurer fin	Attendre confirmation sonore/sensation finit
Finir	Remettre le pistolet à sa place
Avoir preuve	Appuyer sur reçu Prendre le reçu

Sell gas	Outside payment	Detect if client is doing all the transaction outside	Read the interaction client-machine on the computer Read payment confirmation Wait sound signal Release pump
	Inside payment	Detect if client is putting gas before paying inside (A)	Read the interaction client-machine on the computer Wait sound signal Release pump Wait sound signal of putting back the nozzle Monitor client coming into store
		Do the transaction (A)	Ask the pump number (confirmation) Ask payment method Select chosen payment method Ask to proceed with the payment procedure Confirm payment Return receipt / change
		Detect if client is parking at the pump and paying before putting gas (B)	Identify which pump client parked Monitor client coming into store
		Do the transaction (B)	Ask the pump number Ask gas type Select pump and gas type in computer Ask how much Enter quantity in the pump and gas selected Ask payment method Select chosen payment method Ask to proceed with the payment procedure Confirm payment Return receipt / change
		Release the pump (B)	Wait until the client arrives at the pump Wait the sound alarm for pump liberation Confirm visually the client and the pump Press the button for pump release Hear the sound alarm for end of transaction

L'acte de mettre de l'essence semble la première expérience self-service du commerce de détail. Depuis quelques années on se prépare et on développe les aptitudes nécessaires pour interagir seuls avec les machines. L'ensemble de signaux sonores et de réponses visuelles guident l'utilisateur. C'est lors de grosses erreurs que l'intromission du travailleur se fait par radio. Voir aussi quand les mesures de sécurité ne sont pas respectées.

Les deux plus grands problèmes qui empêchent l'interaction usager-machine : faire le plein et ne pas respecter les temps alloués aux traitements du système.

Dans les stations où il y a un flux intense de personnes ou après une certaine heure du soir, on ne peut pas payer après gazer. C'est ainsi que les clients qui veulent faire le plein ont du mal à estimer la quantité à payer. Souvent ils ne veulent pas payer un montant plus grand par carte (qui sera remboursé dans quelques jours). En argent comptant c'est encore pire : il faudra des allers-retours ou estimer une quantité inférieure au plein.

Payer en argent comptant est la cause numéro 1 des gazer-payer après. Voir tendances argent comptant dans le monde et rechercher spécialement au Canada.

Les reçus pour les transactions autonomes sont plus demandés. C'est un moyen de se rassurer de la transaction. On se sent encore incertain. Suivra-t-il les tendances de la vente au détail?

Des erreurs communes : placer la voiture du mauvais côté, placer la voiture trop loin de la pompe ou trop proche.

Sortir et placer la voiture sont des tâches qui pourraient être impactées dans l'avenir. En hiver, au Québec, elles sont des tâches plus inconfortables.

AUTRES ESSAIS – TRAVAILLEUR

Niveau 1 :

- Effectuer des transactions financières de manière efficace et sûre

Niveau 2 : Sous-objectifs

- Accueillir les clients de manière amicale et efficace
- Enregistrer avec précision les transactions financières
- Traiter correctement les paiements

- Fermer la caisse enregistreuse avec précision à la fin de la période de travail.

Niveau 3 : Activités réalisées

- Accueille le client et initie la transaction
- Vérifie le mode de paiement et sélectionne la méthode de paiement appropriée
- Enregistre le montant de l'achat du client et calcule le montant final à payer
- Reçoit le paiement du client et procède à l'échange, si nécessaire
- Traiter la transaction dans le système de point de vente
- Imprimer le reçu et le remettre au client
- Contrôler périodiquement la caisse et informer le responsable de toute anomalie.
- fermer la caisse enregistreuse à la fin du service, y compris le calcul des ventes et le dépôt de l'argent en lieu sûr.

AUTRES ESSAIS – UTILISATEUR

Niveau 1 :

- Faire le plein de carburant

Niveau 2 : Sous-objectifs

- Localiser une station-service proche
- Garer le véhicule dans un espace disponible
- Sélectionner le type de carburant souhaité
- Payer le carburant
- Remplir le réservoir avec le carburant choisi
- Retirer le véhicule de la place de parking

Niveau 3 : Activités réalisées

- Vérifier le niveau de carburant du véhicule
- Utiliser des applications ou le GPS pour localiser les stations-service proches
- Identifier une place de parking disponible à la station

- Positionner le véhicule pour permettre le ravitaillement en carburant
- Sélectionner le type de carburant souhaité à la pompe
- Effectuer le paiement à l'aide d'une carte de crédit, d'une carte de débit, d'argent liquide ou d'applications de paiement
- Remplir le réservoir du véhicule jusqu'au niveau souhaité
- Retirer le véhicule de la place de stationnement

Niveau 4 : Tâches élémentaires

- Prendre une carte de crédit/débit ou de l'argent liquide
- Insérer la carte dans l'appareil de paiement ou remettre l'argent liquide au caissier.
- Sélectionnez l'option de carburant souhaitée
- Appuyer sur la gâchette de la pompe pour commencer le remplissage
- Observer le niveau de carburant pendant le remplissage
- Appuyer à nouveau sur la gâchette de la pompe pour arrêter le remplissage
- Retirez la pompe du véhicule et remettez-la dans son support.
- Vérifiez que le ravitaillement en carburant a été effectué avec succès.
- Montez dans le véhicule et démarrez-le
- Quitter la place de stationnement et la station-service

AUTRES ESSAIS - FOURNISSEUR

Niveau 1 :

- Fournir du carburant et/ou d'autres produits à la station-service de manière efficace et sûre.

Niveau 2 : Sous-objectifs

- Collecter les produits sur leur lieu d'origine
- Transporter les produits jusqu'à la station-service
- Décharger les produits à la station-service
- Effectuer la conférence des produits livrés ;

- Payer la fourniture des produits.

Niveau 3 : Activités réalisées

- Collecter les produits sur leur lieu d'origine
- Vérifier les informations relatives à la livraison (produit, quantité, date, heure) ;
- Vérifier la commande par rapport à la facture ;
- Préparer le véhicule pour le transport.
- Transporter les produits jusqu'à la station-service :
- Effectuer le trajet en respectant les règles de circulation et de sécurité ;
- Arriver à la station-service à l'heure.
- Décharger les produits à la station-service :
- Effectuer la conférence des produits avec la facture et le bon de livraison ;
- Préparer la zone de déchargement des produits ;
- Utiliser les équipements de sécurité appropriés ;
- Décharger les produits avec précaution pour éviter les accidents.
- Effectuer le contrôle des produits livrés :
- Vérifier les informations relatives au produit (type, quantité, qualité) ;
- Comparer les informations avec la facture ;
- Identifier et signaler toute incohérence.
- Effectuer le paiement de la fourniture des produits :
- Émettre la facture à la station-service ;
- Recevoir le paiement des produits fournis ;
- Effectuer l'enregistrement comptable de l'opération.

LIMITES DÉTERMINÉES ET RELATION AGENTS (5.4.1)

Nous avons défini que le travail portera sur une période de 5 à 10 ans pour les scénarios à court terme et sur les scénarios à long terme dans plus de 20 ans. Les limites de l'analyse du système sont déterminées par le choix de l'objet de l'analyse et les objectifs fixés pour les observations sur le terrain et l'analyse des tâches. Dans le cas présent, l'analyse se limite aux besoins et aux intérêts des parties prenantes qui ont une interaction ou une influence directe sur le système (propriétaires, employés, clients, fournisseurs, gouvernement et communauté). Ensuite, les activités du caissier dans le processus de vente de carburant et de produits dans la supérette et les activités de l'utilisateur/client.

Les limites de l'analyse du système pour l'utilisateur qui se rend à la station-service et fait le plein comprennent ses actions à l'intérieur de la station-service, telles que le remplissage du véhicule, le paiement et finalement l'achat de produits dans le magasin de proximité. Les produits et technologies avec lesquels il interagit, tels que le véhicule lui-même et le type de carburant utilisé. L'itinéraire de l'utilisateur jusqu'à la station-service et tous les facteurs externes susceptibles d'affecter le trajet, tels que la circulation, l'emplacement de la station-service et les conditions météorologiques. Quant à l'employé de la station-service, ses actions à l'intérieur de la station-service, les produits et technologies avec lesquels il interagit et les fonctions qu'il exerce (comme assurer la sécurité à l'intérieur de l'environnement, etc.).

La relation entre les parties prenantes de la station-service est complexe et interdépendante. Les fournisseurs fournissent les produits que la station-service vend, et reçoivent en retour un revenu. Les clients achètent ces produits et reçoivent en retour le service et le carburant dont ils ont besoin. Le caissier est chargé de traiter les transactions commerciales et de veiller à ce que le client paie ce qu'il a acheté. Le gérant est chargé de veiller à ce que la station-service fonctionne correctement et réponde aux besoins des clients. Le propriétaire est chargé de veiller à ce que la station-service génère des revenus et respecte les réglementations gouvernementales. Toutes ces parties prenantes ont des objectifs différents, mais elles dépendent toutes les unes des autres pour que la station-service fonctionne de manière efficace et rentable.

- Propriétaire de la station : le propriétaire est le propriétaire de l'entreprise et son principal objectif est de réaliser des bénéfices. Il doit s'assurer que la station est en bon état, qu'il y a

des stocks de carburant et d'autres produits, et il se préoccupe également de la sécurité des clients et des employés. Transactions monétaires, lien avec la banque, les audits, etc.

- Employés de la station : les employés sont chargés de faire fonctionner la station. Ils doivent être formés pour faire fonctionner les pompes à essence, vendre des produits et des services, et s'occuper du nettoyage et de l'organisation des lieux. Attention à la sécurité de la station et des clients.
- Clients : les clients sont la raison d'être de la station-service. Ils ont besoin de faire le plein de leur véhicule et éventuellement d'acheter d'autres produits proposés par la station, tels que des boissons et de la nourriture. Les clients recherchent la commodité, la rapidité et la sécurité lors de leur visite. Rapidité est importante. Profiter du fait d'aller à la station et s'acheter du lait, par exemple.
- Fournisseurs : les fournisseurs sont chargés de fournir les produits vendus par la station, tels que le carburant, les huiles lubrifiantes, les aliments et les boissons. Ils doivent garantir la qualité des produits et la ponctualité des livraisons. Rapport des ventes, livraison, voitures lourdes normalement.
- Gouvernement : le gouvernement joue un rôle dans la réglementation du secteur des carburants, en établissant des normes de sécurité et en veillant au respect du droit du travail et de l'environnement. Politiques sur les nouvelles voitures, *carbon pricing*, etc.
- Communauté : la communauté autour de la station peut être affectée par celle-ci, que ce soit de manière positive ou négative. Il est donc important que la station se préoccupe des questions d'environnement et de sécurité, etc. Intérêts politiques, économiques et de voisinage, etc.

NOUVELLES INFORMATIONS APPORTÉES PAR CHAQUE EXPERT COMPARÉ AUX PRÉCÉDENTS (TRENDS, CONSTRAINTS, IMAGES OF FUTURE AND SUM OF NEW ELEMENTS). SECTION 4.2, ITEM 4 ET 5. SECTION 5.4.2.

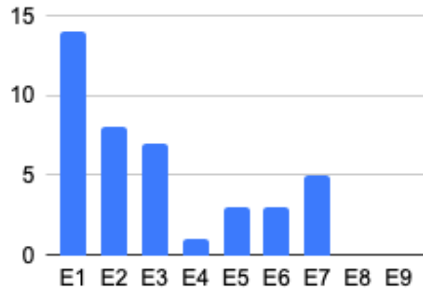


Fig. 3. New trends brought by experts.

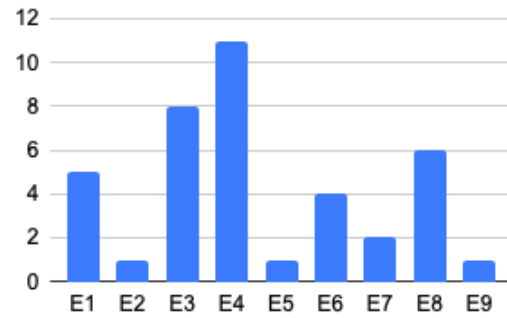


Fig. 4. New constraints brought by experts.

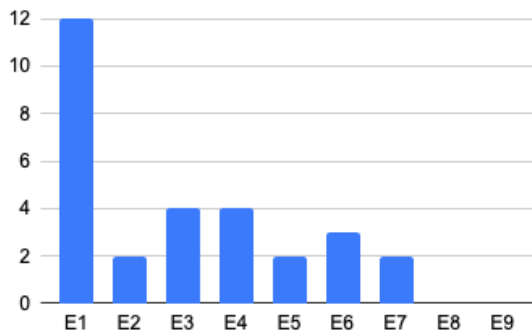


Fig. 5. New images of future brought by experts.

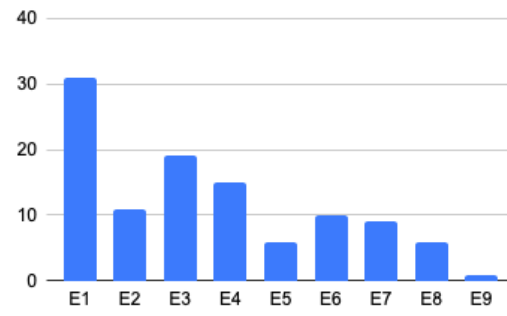


Fig. 6. The sum of new elements brought by experts.

RÉSULTATS POUR ANALYSE TEXTUELLE DE L'ENSEMBLE DES ENTRETIENS. ENTRETIENS TRANSCRITS ET UTILISÉS DANS LA FOUILLE DE TEXTE (TEXT MINING) – CO-OCCURRENCE DES MOTS. SECTION 5.3.2 ET 5.4.2.

id	label	x	y	cluster	weight<Links>	weight<Total	link	strength>
					weight<Occurrences>	score<Avg. pub. year>		
1	autonomy	0.6207	-0.3752	1	75	1156	6	2019

2	balance	0.5081	-0.2491	1	78	2317	12	2019.1667
3	battery	0.273	0.1219	1	82	6298	36	2018.2778
4	building	-0.8521	-0.5393	4	76	4499	16	2019
5	business	-0.5263	0.2144	2	77	946	5	2019.4
6	business model	-0.4726	-0.582	4	78	2796	12	2019.0833
7	car	-0.0703	0.7098	2	82	13826	111	2018.3243
8	choice	-0.5988	-0.0575	2	78	1505	7	2019
9	city	0.18	0.0219	3	81	2742	15	2018.5333
10	comfort	-0.5794	-0.3427	4	77	1023	5	2019.2
11	communauto	0.8911	0.8489	3	58	914	6	2019.1667
12	company	0.3471	0.1898	3	82	4499	26	2018.5385
13	consumer	-0.9289	-0.4939	4	73	4075	15	2018.4
14	consumption	-0.185	-0.7986	4	76	3256	12	2018.25
15	convenience store	-0.9855	0.7504	2	49	1470	9	2019
16	cost	0.2715	-0.5871	1	81	3683	15	2019.0667
17	customer	-0.9155	-0.2541	4	74	8566	36	2018.8056
18	data	-0.5748	0.3456	2	74	1560	9	2018.5556
19	efficiency	0.4146	-0.1313	1	74	1064	6	2019.3333
20	electric car	-0.6864	0.5078	2	70	1852	14	2018.3571
21	electric vehicle	-0.4179	-0.7701	4	78	5359	18	2019
22	electrical network	0.9707	-0.2697	1	63	1092	5	2019
23	electricity	-0.005	-0.2633	1	79	5960	32	2018.25
24	energy	0.0964	-0.0239	1	82	11139	57	2018.7719
25	experience	-0.8882	0.3406	2	77	3417	17	2019.1765

26	financial sector	1.0394	0.8646	3	38	1078	7	2019
27	flexibility	-0.2161	-0.8699		4	74	3033	10 2019
28	fuel	0.8072	-0.4452	1	72	1858	10	2017.3
29	future	-0.2377	0.566	2	82	3320	23	2017.2609
30	garage	0.5289	0.3696	3	82	1813	10	2019.1
31	gas	-0.3194	0.8272	2	79	2944	18	2019.2222
32	gas station	0.0928	0.6198	2	82	3159	22	2018.6818
33	government	-0.3703	0.326	2	82	1647	10	2017.3
34	home	-0.8155	-0.0739	2	79	4709	22	2018.6364
35	house	-0.4401	-0.4847	4	79	3580	14	2019.0714
36	hydroelectricity	0.7049	-0.512	1	67	1030	5	2019
37	hydrogen	0.5861	0.1659	3	82	7216	37	2018.5405
38	impact	0.6675	-0.248	1	74	1246	7	2019.2857
39	industry	0.402	0.769	3	80	1853	12	2019.25
40	information	-0.663	0.2556	2	74	1376	7	2019.5714
41	infrastructure	0.8105	0.1717	3	80	1448	7	2019
42	investment	-0.462	-0.6695		4	82	4390	15 2019
43	iot	-0.3776	0.4429	2	70	989	6	2019.8333
44	location	-1.0553	-0.1109		4	70	1866	7 2019
45	loyalty	-0.7018	0.9633	2	61	862	6	2019.1667
46	mentality	0.8388	-0.5723		1	67	1551	7 2019
47	moment	-0.0579	-0.0482		1	79	1720	9 2019.2222
48	need	0.404	-0.4061	1	82	5737	27	2019.037
49	network	0.2175	-0.3139		4	81	10108	40 2019.025

50	nich	1.0414	0.8335	3	38	1368	9	2019					
51	parking lot	-1.03	0.398	2	71	919	5	2017.2					
52	phone	-0.605	0.6676	2	74	1610	13	2017.1538					
53	place	-0.326	0.5563	2	82	2857	17	2018.7059					
54	price	0.1141	0.3157	3	82	1765	10	2018.1					
55	problem		0.5344	0.2574	3	82	4694	26	2019.1538				
56	production		0.2717	-0.528	1	78	3482	13	2019				
57	profit	0.9098	0.5573	3	78	1505	8	2019					
58	public transportation		0.4372	-0.3701			1	67	1275	7	2019		
59	pump	-0.7035		0.5485	2	76	1732	10	2019				
60	rate	0.623	-0.5659		1	77	1633	7	2019.1429				
61	real economy	1.0695	0.8578	3	38	780	5	2019					
62	resource		0.7193	-0.3985		1	80	4118	21	2018.1429			
63	road	0.0161	0.225	2	82	2439	15	2019.2					
64	service	0.1066	0.4194	3	82	4032	20	2018.6					
65	service station	-0.0586		0.3475	2	82	9080	50	2019.06				
66	solar panel	-0.1388		-0.4103		1	70	987	5	2019			
67	space	-0.5542		0.1616	2	79	4344	24	2019.0833				
68	state	0.7506	0.5947	3	80	3031	16	2019.0625					
69	station	-0.473	-0.1638		4	82	21525	101	2018.9208				
70	storage	0.1443	-0.7203		1	76	1474	6	2019				
71	technology	-0.194	0.4766	2	82	5346	34	2018.3235					
72	terminal	-0.8701		0.1214	2	76	2220	11	2019				
73	time	-0.0176		-0.1021		1	82	13280	67	2018.8806			

74	transportation	-0.2039	-0.668	4	76	4699	19	2018.5263
75	trend	-0.8514	0.0362	2	76	2079	10	2019
76	truck	0.998	0.1525	3	70	1608	9	2019
77	user	0.6157	-0.7065	1	76	1329	6	2017.5
78	vehicle	0.0491	-0.5769	1	82	8884	37	2018.7568
79	visibility	-0.8419	-0.7571	4	62	2656	8	2019
80	wind	0.4882	-0.6192	1	76	1657	8	2017.875
81	wind turbine	0.5834	-0.6401	1	76	1827	8	2019
82	winter	0.1522	0.1239	1	82	1534	8	2019.125
83	work	-0.0259	-0.3246	1	82	2990	13	2019

RÉSULTATS POUR ANALYSE QUALITATIVE DE L'ENSEMBLE DES ENTRETIENS. ENTRETIENS TRANSCRITS ET UTILISÉS DANS TAMSANALYZER (PROGRAMME LIBRE DE CODAGE ET D'ANALYSE QUALITATIVE). SECTION 5.3.2 ET 5.4.2.

CODE COUNTED TABLE

Barriers>Environmental>LostNetworkVisibility	1
Barriers>Environmental>NobleMetals	1
Barriers>Environmental>PeakPeriod	3
Barriers>Environmental>SSLimitedSpace	6
Barriers>Environmental>WinterPeriod	7
Barriers>Socioeconomic>AgricultureIssues	2
Barriers>Socioeconomic>ApartmentDwellers	1
Barriers>Socioeconomic>DataMonopoles	1
Barriers>Socioeconomic>Demographics	5
Barriers>Socioeconomic>ElectricPublicTransportManagement	1

Barriers>Socioeconomic>EnergyPrice	8
Barriers>Socioeconomic>EnterprisesLogic	1
Barriers>Socioeconomic>Ethics	1
Barriers>Socioeconomic>EVIssues	7
Barriers>Socioeconomic>ExistingInfrastructure	5
Barriers>Socioeconomic>FiabilitySecurity	3
Barriers>Socioeconomic>FinancialMobilization	1
Barriers>Socioeconomic>HeavyTransport	3
Barriers>Socioeconomic>Politics	1
Barriers>Socioeconomic>PrivateVehicleOwnership	3
Barriers>Socioeconomic>ResourcesAvailability	1
Barriers>Socioeconomic>Socioeconomic	4
Barriers>Socioeconomic>UnpredictabilityAdherence	3
Barriers>Socioeconomic>Userbehavior	6
Barriers>Socioeconomic>UsersConceptualModel	5
Barriers>Technological>Battery	11
Barriers>Technological>CyberAttacks	1
Barriers>Technological>ElectricityIssues	5
Barriers>Technological>Hydrocarbons	2
Barriers>Technological>HydrogenIssues	2
Barriers>Technological>PublicCSDesign	2
Barriers>Technological>RechargeDuration	9
Barriers>Technological>TechnoxLaws	2
Barriers>Technological>TechnoxPrivacy	4

SS>BatteryChange	4
SS>ChargeDriving	5
SS>ChargingCommercial	6
SS>ChargingStationCity	3
SS>ChargingStationHome	10
SS>ChargingStationWork	5
SS>ClosedSSforAC	1
SS>ConvenienceStoreIntoGroceryStore	1
SS>CustomerActiveParticipantNetwork	5
SS>ElectricSS4	
SS>EliminationSS	5
SS>EnergyExchange	2
SS>HybridSS	2
SS>HydrogenSS	2
SS>InductiveCharging	3
SS>Loyalty	5
SS>MaintenanceStations	3
SS>MobileSS	2
SS>RoadSupport	2
SS>SmartStations	2
SS>SSasParkingLots	2
SS>SSAttractiveness	10
SS>SSChargingStationsLevel3	2
SS>SSdepots	1

SS>SSEnergyProducer	2
SS>SSSheltersSolarPanels	1
SS>StationWorkers	5
SS>Supercharge	5
SS>VTOLStations	1
Trends>Energy>Electricity	17
Trends>Energy>EnergyImportExport	4
Trends>Energy>Hydrogen	12
Trends>Energy>Nuclear	1
Trends>Energy>RenewableMix	8
Trends>Energy>Solar	10
Trends>Energy>Wind	11
Trends>Socioeconomic>BreakthroughEvent	2
Trends>Socioeconomic>Cashless	3
Trends>Socioeconomic>CityInflux	1
Trends>Socioeconomic>ConsumptionPatterns	3
Trends>Socioeconomic>DistanceWork	6
Trends>Socioeconomic>EnvironmentalConcern	15
Trends>Socioeconomic>NeedsTransport	4
Trends>Socioeconomic>NewWorkLogic	4
Trends>Socioeconomic>Niche	5
Trends>Socioeconomic>Politics	16
Trends>Socioeconomic>RuralTravels	1
Trends>Socioeconomic>UrbanExodus	3

Trends>Socioeconomic>UX 6
 Trends>Technological>AI 6
 Trends>Technological>AugmentedReality 1
 Trends>Technological>Automating 2
 Trends>Technological>Blockchain 2
 Trends>Technological>Data 7
 Trends>Technological>DigitalTwins 1
 Trends>Technological>DirigibleBalloon 1
 Trends>Technological>HybridTechno 6
 Trends>Technological>IntrusionTolerantTech 1
 Trends>Technological>IoT 11
 Trends>Technological>OperatRandOptim 5
 Trends>Technological>PhysicalInternet 1
 Trends>Technological>SmartCities 2
 Trends>Technological>Traceability 2
 Trends>Technological>VirtualAssistants 2
 Trends>Vehicle>Autonomous 7
 Trends>Vehicle>CarSharing 9
 Trends>Vehicle>EV 17
 Trends>Vehicle>VTOL 3

RÉSULTATS VOTES POUR VALIDATION DES SCÉNARIOS. SECTION 6.3.2 ET 6.4.

Centre urbain top 3 (3-1)					
	immeuble E	souterraine F	stationnement G	centre commerc.H	ville intelligente i
E1	1		2	3	
E2	1	3		2	
E3			2	3	1
E4		3		2	1
E5		1	2	3	
E6	1		3	2	
E7		2	1	3	
E8		1	2	3	
E9	3		2		1
Total	6	10	14	21	3

Autoroute top 3 (3-1)				
	grand centre A	route intelligente B	stand C	auto-recharge D
E1	1	3		2
E2	3	1	2	
E3	3		1	2
E4	3		1	2
E5	1	2	3	
E6	2		1	3
E7	3	1	2	
E8	3	2		1
E9	1	3	2	
Total	20	12	12	10

Zone rurale 3 (3-1)			
	généraliste J	participant actif K	station batterie L
E1	3	2	1
E2	2	1	3
E3	3	1	2
E4	1	3	2
E5	1	3	2
E6	3	1	2
E7	2	3	1
E8	2	3	1

E9	2	3	1
Total	19	20	15

Centre urbain court terme					
	immeuble	souterraine	stationnement	centre commerc.	ville intelligente
E1				1	
E2				1	
E3				1	
E4				1	
E5				1	
E6				1	
E7				1	
E8				1	
E9			1		
Total	0	0	1	8	0

Autoroute court terme				
	grand centre	route intelligente	stand	auto-recharge
E1	1			
E2	1			
E3	1			
E4	1			
E5			1	
E6	1			
E7			1	
E8	1			
E9			1	
Total	6	0	3	0

Zone rurale court terme			
	généraliste	participant actif	station batterie
E1		1	
E2			1
E3		1	
E4		1	
E5		1	

E6			1
E7	1		
E8		1	
E9			
Total	1	5	2

Centre urbain long terme					
	immeuble	souterraine	stationnement	centre commerc.	ville intelligente
E1					1
E2					1
E3					1
E4					1
E5					1
E6					1
E7					1
E8					1
E9					1
Total	0	0	0	0	9

Autoroute long terme				
	grand centre	route intelligente	stand	auto-recharge
E1		1		
E2		1		
E3		1		
E4		1		
E5				1
E6		1		
E7				1
E8		1		
E9		1		
Total	0	7	0	2

Zone rurale long terme			
	généraliste	participant actif	station batterie
E1			1
E2		1	

E3	1		
E4	1		
E5	1		
E6	1		
E7			1
E8		1	
E9			1
Total	4	2	3

EXEMPLES DE POINTS SOULÉVÉS DANS LES DISCUSSIONS AVEC LES EXPERTS

As stated in the literature, the purpose of the scenarios is to stimulate discussion, and this is indeed the case. Below are some of the observations made by the experts, which are insightful for NPD and for starting to design product strategies.

Tableau: Examples of scenario-generated expert observations.

Topic discussed	Quotes	Expert who said it
Opportunities that can be exploited	"In my opinion, these scenarios that take advantage of the existing infrastructure have a strong possibility to take place."	E3
It is evident that reality is composed of a convergence of different scenarios rather than a progression of "correct" scenarios	"The most interesting thing about the heterogeneity of the transition is, what I think, that several of these scenarios could happen at the same time."	E9
Project requirements and open innovation opportunities	From these scenarios, we see that a standardization of the batteries between the different manufacturers would be very interesting and optimal."	E5

The impact of innovations can affect society	“These more disruptive scenarios are interesting for the decentralization of the recharge and thus avoid poles of attraction of the traffic.”	E7
The need to think about new mental models, for partnerships and public policies	“From these scenarios, we begin to realize that it will take an exhaustive work of public policies, creation of credits or a currency associated to the recharge, all that very interesting and necessary for the Eco responsibility.”	E1
	“Scenarios that associate charging with shopping centers have a great coherence with the present lifestyle. It is clear that we should all be discussing this issue, so that we can prepare for social acceptance.”	E8

PESTEL

Les résultats des sections sur les activités impliquant les experts font partie aussi du PESTEL.

Voici les informations plus importantes soulevées selon chaque lettre de l’acronyme (section 4.5).

Politique-juridique : réglementations gouvernementales relatives aux stations-service, politiques en matière de carburants renouvelables, les taxes, les lois sur l’environnement et sur la santé et la sécurité au travail.

- Pacte de Paris (2015);
- *European Green Deal* (2019);
- Des politiques telles que la « tarification du carbone »;
- L'interdiction de la vente de nouveaux véhicules à essence;
- Plan de gouvernement des pays-clés, etc.

Économique : le prix du pétrole, l'inflation, la concurrence et les changements de comportement des consommateurs en matière de dépenses de transport.

- Le pourcentage des ventes de véhicules électriques;
- Le mode de paiement sans espèces;
- La crise du pétrole;
- Le prix de l'essence, etc.

Socioculturel : les tendances socioculturelles susceptibles d'affecter les stations-service, notamment les changements dans les modes de vie des consommateurs, etc.

- La société durable;
- La préoccupation sur la croissance pour la durabilité;
- Les options de transport alternatives;
- Recyclage;
- Les achats locaux;
- L'immatriculation des véhicules à moteur par type de carburant, etc.

Technologique : les tendances technologiques affectant les stations-service.

- Le passage aux véhicules électriques;
- L'évolution des technologies des batteries et des systèmes de recharge;
- La numérisation des systèmes de paiement;
- L'internet des objets, etc.

Environnement : politiques et réglementations environnementales et leurs implications pour les stations-service.

- Les mesures pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre,
- L'augmentation de l'utilisation des sources d'énergie renouvelables;
- Les données relatives à la contamination des sols et de l'eau;
- Les impacts/influences de l'hiver, etc.

Juridique/Légal : les implications juridiques affectant les stations-service.

- Le droit du travail;
- Les règlements sur la santé;
- La sécurité et les réglementations en matière de responsabilité;
- Les normes de construction;
- Les normes sur la vente et stockage d'énergie, etc.

Below the data sources chosen :

Patent analysis. For the choice of databases, we strategically chose the biggest offices, searching patents and patent applications in the platforms Espacenet from the European Patent Office (EPO), the Canadian patent data base from the Canadian Intellectual Property Office (CIPO), PatFT and AppFT platforms from the United States Patent and Trademark Office (USPTO)), and to identify the projects of the big players in Asia and elsewhere in the world the PATENTSCOPE database from the World Intellectual Property Organization which provides access to international Patent Cooperation Treaty (PCT) applications.

Literature review: we used WoS and Compendex as the two databases that present more results from areas closely aligned with the field of research.

Newspapers: app fields of interest and daily news, we selected one newspaper of our choice to be completely scanned daily and another few newspapers that are free to access and that allow filtering by theme and/or keywords.

Politicians' agendas: G20 – focus on USA, Canada, China and EU.

Statistical agencies: Statistic Canada, Statistic Quebec, WHO, OECD Statistics, United Nations *Statistics* Division, World Bank Open Data, and others.

Trend reports: reports of open access or facilitated academic access such Gartner, KPMG, World Bank Group, International Energy Agency and others.

Regulatory agencies, control agencies and government: regulatory agencies related to the theme such Canada Energy Regulator, Régie de l'Énergie Québec, ministries' reports, etc.

Aperçu des conditions de futur PESTEL choisies pour travailler :

			Variable (AT)			Variable (AT)	
1	Infrastructure pour voitures	Ev	-1	26	Canadians living in CMA	D	1
2	Vente voitures	Ec	-1	27	aging pop CMA	D	0
3	Crise post-2008	Ec	0	28	aging pop outside CMA	D	1
4	Usage transport en commun	S	1	29	climate neutrality 2050	P	1
5	Jeunes citadins	S	1	30	circular economy	P	1
6	Créatifs culturels	S	1	31	energy efficiency of buildings	P	1
7	Viellissement pop	S	1	32	electrification public transport	P	1
8	"Peak car"	Ec	1	33	vente voitures essence interdite	P	1
9	"Peak oil"	Ev	-1	34	electrification of trucks	P	1
10	Voyage en voiture	S	-1	35	green hydrogen and bioenergy	P	1
11	Intérêt voiture parmi jeunes	S	-1	36	composite architectures	T	1
12	Corridor de commerce	Ev	1	37	Algorithmic trust	T	1
14	Cashless society	Ec	1	38	Beyond silicon	T	1
15	immatriculation VEZ	T	1	39	Formative AI	T	1
16	immatriculation VEZ elec	T	1	40	Digital me	T	1
17	Borne elec ville	T	1	41	Digital twins	T	1
18	permis conduire	S	1	42	social distancing technologies	T	1
19	permis conduire 16-24	S	-1	43	health passport	T	1
20	permis conduire 25-44	S	1	44	immersive workspaces	T	-1
21	quantité de stations de serv	Ev	-1	45	recharge résidentielle	T	1
22	quantité vente carburant	Ev	1	46	Right to repair	L	1
23	station de service self service	S	1	47	Interventions gouvernementales	P	1
24	Station avec dépanneur	S	1	48	Voiture autonome	T	1
25	Station "stand alone"	S	1	49	Préoccupation environnement	S	1

			Variable (AT)
50	Solaire	T	1
51	Éolienne	T	1
52	Smart cities	Env	1
53	Énergie mouvement	T	1
54	Travail à distance	S	1
55	Blockchain	T	1
56	IOT	T	1
57	Automatisation	T	1
58	Geothermal energy	T	1
59	Bioenergy	T	1
60	Biogas	T	1
61	Pyrolysis for ge	T	1
62	Clean energy	T	1
63	Urbanisation	Env	1
64	Population growth	S	1
65	Global warming	Env	1
66	Thermal energy	T	1
67	Ethanol	T	1
68	Biofuel	T	1
69	Coal energy source	Env	-1
70	Wood energy	Env	-1
71	Diversity and inclusion	S	1
72	Main d'oeuvre	S	-1
73	Decarbonisation	Env	1

74	Cybersecurity	T	1	1	Énergie renouvelable/ mix	T	1
75	Touchless network	T	1	2	UX	S	1
76	Advanced air mobility	T	1	3	Changement logique travail	S	1
77	Smart mobility	T	1	4	Niches	S	1
78	MaaS	T	1	5	Recherche opérationnelle et optimisation	T	1
79	Multimodal transportation	T	1	6	Patrons de consommation	S	0
80	Digital identity	T	1	7	Importation et exportation d'énergie	E	1
81	Autonomous truck	T	1	8	VTOL	T	1
82	Additive manufacturing	T	1	9	Facteur breakthrough	T	0
83	Sanitation in transport	S	1	10	Traçabilité	T	1
84	Security features	L	1	11	Réalité agumentée	T	1
85	Micromobility	Env	1	12	Assistants virtuels	T	1
86	Smaller vehicles	T	1	13	Dirigeable	T	1
87	Technologies hybrides	T	1	14	Technologie intrusion tolerant	T	1
88	Copartage de véhicules	S	1	15	Internet physique	E	1
89	Station/analyse/partage de donn	T	1	16	Besoin de transport (infra loin)	Env	1
				17	Énergie nucléaire	T	1