



HAL
open science

Prospective ergonomic methods applied to the identification of requirements for hydrogen-based energy systems: exploratory research

Eric Brangier, Robin Vivian, Corinne Bornet

► To cite this version:

Eric Brangier, Robin Vivian, Corinne Bornet. Prospective ergonomic methods applied to the identification of requirements for hydrogen-based energy systems: exploratory research. *Psychologie Française*, 2019, 64, pp.197-222. 10.1016/j.psfr.2019.02.002 . hal-03486779

HAL Id: hal-03486779

<https://hal.science/hal-03486779>

Submitted on 20 Dec 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

Méthodes d'ergonomie prospective appliquées à l'identification de besoins pour des systèmes d'énergie à base d'hydrogène : étude exploratoire

Prospective ergonomic methods applied to the identification of requirements for hydrogen-based energy systems: exploratory research

Eric BRANGIER¹, Robin VIVIAN¹ & Corinne BORNET²

Laboratoire PErSEUs EA 7312

¹Université de Lorraine

UFR Sciences Humaines et Sociales.

Ile du Saulcy CS 60228

57045 METZ cedex 01

{firstname.name}@univ-lorraine.fr

² Résonance conseil 21 rue de la Haye - 57000 Metz

corinne.bornet@gmail.com

Remerciements : ce projet a été rendu possible grâce au soutien financier du CNRS (projet Mirabelle- 2H2) et au soutien scientifique et technique du LEMTA – Laboratoire d'Énergétique et de Mécanique Théorique et Appliquée, Université de Lorraine.

Manuscrit

Méthodes d'ergonomie prospective appliquées à l'identification de besoins pour des systèmes d'énergie à base d'hydrogène.

Résumé :

La transition énergétique est devenue un défi majeur voire une urgence et une réelle volonté sociétale. Aujourd'hui et demain, nous devons imaginer les besoins et les utilisations futures d'énergies alternatives telles que l'hydrogène pourrait nous apporter. Pour cela, nous devons définir et concevoir des services innovants qui répondront aux attentes futures des utilisateurs de demain. Mais comment imaginer et évaluer des produits et des services quand ils n'existent pas encore ? Comment analyser des activités et usages qui ne se manifestent pas encore ? Comment faire une ergonomie de ce qui adviendra ? Pour aborder ces questions, il est nécessaire d'introduire la prospective dans les approches ergonomiques, appelée encore ergonomie prospective. Aussi, dans le cadre d'une recherche sur les futurs usages de l'hydrogène comme énergie avons-nous organisé trois focus groups d'experts de l'hydrogène (dans les secteurs de la production, du transport et de la distribution d'énergie) et nous avons fait une analyse automatique et thématique de leurs échanges. Cet article restitue cette recherche en mettant en avant les grandes classes de discours, des thèmes regroupant des besoins humains et finalement des descriptions de futurs utilisateurs grâce à la méthodologie des personas. Le rôle principal de ces représentations est de faciliter l'idéation afin de permettre aux professionnels de l'hydrogène de stimuler la conception de produits et services innovants à partir de représentations d'utilisateurs futurs.

Abstract:

The energy transition has become a major challenge, even an emergency and a real societal will. Today and tomorrow, we must imagine the needs and future uses of alternative energies such as hydrogen could bring us. To achieve this, we must define and design innovative services that will meet the future expectations of tomorrow's users. But how can we imagine and evaluate products and services when they do not yet exist? How to analyze activities and uses that do not yet exist either? How to work with ergonomics on what will be? To address these issues, it is necessary to introduce prospective in ergonomic approaches, called prospective ergonomics. Therefore, in the context of research on the future uses of hydrogen as energy, we have organized three focus groups of hydrogen experts (in the sectors of production, transport and distribution of energy) and we did an automatic and thematic

analysis of their verbal exchanges. This article describes this research by highlighting the major classes of the verbal exchanges, themes gathering human needs and finally descriptions of future users on the basis of the methodology of the personas. The main role of these representations is to facilitate ideation in order to allow hydrogen professionals to design new products and innovative services.

Mots-clés : ergonomie prospective ; hydrogène ; développement durable.

Keywords: prospective ergonomics; hydrogen; sustainable development.

1. Introduction

Il est fréquent de parler du futur comme s'il n'y avait qu'une seule option possible quant à la façon dont l'avenir pourrait advenir. Mais l'avenir est comme une porte qui est ouverte tant qu'on ne la ferme pas. Une fois posée et franchie, cette porte appartient au passé, on peut la rénover, la rectifier, l'élargir... mais les moyens de la modifier ou de la reconcevoir sont restreints ; il n'est plus possible d'imaginer une autre voie. Mais tant que la porte est ouverte, tout est imaginable... Cet article se donne pour objectif de voir comment l'on peut prospecter sur les avensirs que nous construisons et surtout de voir quel rôle l'ergonomie peut jouer dans ce domaine. Nous cherchons donc à problématiser à la fois la définition et le rétrécissement des options futures, lorsqu'il s'agit de penser des artefacts ou des services qui n'existent pas encore.

Alors que la recherche vise à ouvrir des options futures en invitant à imaginer de multiples avensirs, elle doit également permettre de réduire le champ des possibles et identifiant des produits et services (les mieux) adaptés aux usages. Dans un contexte de transition énergétique, ces points prennent tout leur sens. En effet, la mise au point de systèmes énergétiques à base d'hydrogène renouvelle complètement les possibilités de développement durable en même temps qu'elle questionne les démarches ergonomiques visant à identifier de nouveaux produits ou services à même de satisfaire des utilisateurs variés et pour l'instant totalement ignorants des possibilités offertes. L'hydrogène constituerait ainsi une opportunité pour développer des systèmes innovants intégrant une dimension écologique qui pèse de plus en plus dans les choix individuels et sociétaux. Mais dans le même temps, le grand public méconnaît les possibilités offertes par les piles à hydrogène et les ergonomes sont bien en peine d'analyser l'usage de tels systèmes qui n'existent pas encore (ou seulement de manière très parcimonieuse) et qui devront satisfaire des utilisateurs qui sont encore inconnus, dans des contextes indéterminés.

Quand le concept est intangible et que les objets ou applications sont à imaginer, comment mettre en place une démarche méthodologique pour définir des visions prospectives pour de futurs concepteurs ou de futurs usagers ? L'ergonomie prospective (Robert & Brangier 2009 ; Brangier & Robert, 2014) cherche à répondre à ces questions. Elle se définit comme un mode d'intervention ergonomique qui vise à anticiper les besoins futurs, prévoir des changements, caractériser des futurs utilisateurs, imaginer des systèmes, produits ou services répondant à ces besoins en fonction de l'environnement, la sécurité, du confort des performances ou du niveau de satisfaction.

Dans cet article, nous allons restituer quelques points importants d'une recherche exploratoire sur l'avenir des usages, des utilisateurs, des utilisations de systèmes d'énergie qui seraient basés sur l'hydrogène. Pour ce faire, notre orientation théorique sera ancrée dans le domaine de l'ergonomie prospective, sa présentation sera suivie d'un cadre méthodologique permettant de collecter des données prospectives sur des usages et des utilisateurs de l'hydrogène comme énergie. L'analyse de ces données sera rassemblée selon deux perspectives : une analyse statistique des données textuelles du corpus généré entre des experts puis une analyse de contenu thématique qui mettent en avant des besoins (Brangier, 2007) anticipés et des utilisateurs futurs. Ces derniers seront finalement représentés par la méthode des personas.

2. Orientations théoriques

L'ergonomie pour devancer la technologie.

Bartlett (1962) avait souligné que le développement de l'ergonomie serait étroitement lié à celui de la technologie, que l'ergonomie accroîtrait ses relations avec l'ensemble de la société, et qu'elle ne serait plus seulement liée au secteur industriel. Bartlett pensait que l'ergonomie devait à la fois maintenir une veille technologique sur le développement futur, assurer la participation de l'ergonomie au tout début du cycle de vie et de développement des projets, et enfin, tenter de réduire l'écart entre l'innovation et l'exploitation (Stanton & Stammers, 2008). En fait Bartlett invitait, d'une certaine manière, l'ergonomie à penser plus vite que la technologie et donc à essayer de la précéder. Ainsi faisant, l'approche de Bartlett nous semble inviter à une orientation prospective en ergonomie, notamment car il suggère, dès 1962 :

- d'injecter l'ergonomie au début du processus de développement en utilisant ce que nous appelons maintenant les principes de conception centrée humain ;
- de rester familiers avec des nouvelles technologiques ; on parlerait aujourd'hui de veille technologique, d'intelligence économique ou, de « prospective » ;
- d'étudier les moyens de réduire l'inertie entre l'idée innovante et sa mise en œuvre.

De nombreuses méthodes développées en ergonomie ont déjà cherché à renforcer la place de l'ergonomie en amont des projets. A titre d'exemple, on pense par exemple à l'analyse de l'activité ou encore à différentes formes de conception participative. Mais dans le domaine de l'innovation, l'analyse de l'activité s'avère souvent nécessaire mais insuffisante (Brangier & Bastien, 2006) et l'ergonomie devrait intégrer des méthodes centrées sur la créativité qui

pourraient enrichir la définition, la spécification et la conduite des innovations. Ainsi, l'ergonomie pourrait-elle prétendre à devancer la technologie (Hoc, 2008) ?

L'appréhension du futur en ergonomie

Le futur est depuis longtemps un champ d'intervention pour l'ergonomie, dans le sens où les étapes initiales d'un projet dépendent de la capacité d'anticipation des caractéristiques des situations de travail ou d'usage. Mais le futur n'est pas d'accès direct. Trois approches ont cherché à le caractériser : le futur probable, le futur possible, et le futur prospectif (tableau 1).

Caractérisations du futur	Probable	Possible	Prospectif
Description du futur.	Apparence de vérité, basée sur des arguments directement tirés de l'analyse.	Présomption de survenue, basée sur des arguments vraisemblables.	Construction basée sur des données prospectives qui sont également utilisées pour stimuler la créativité.
Appréhension de l'activité future.	« Ce qui raisonnablement arrivera. »	« Ce qui peut se faire ou ne pas se faire. »	« Ce qui prépare le futur sans le déterminer. »
Types d'études et de travaux.	Le futur est vu comme déductible de l'analyse de l'activité et de la situation. Généralisations et extensions à partir des études fines et précises de l'activité.	Le futur est vu comme inférable ou réfutable à partir d'interprétations d'éléments du contexte étudié. Recherche des conditions nécessaires sans que cela implique une réalisation effective	Le futur est vu comme l'identification de scénarios prospectifs qui aident à décider des orientations. Construction et validation de scénarios prospectifs.
Méthodes de recherche et d'intervention	Méthodes d'analyse de l'activité, corpus des connaissances stabilisées en ergonomie (normes, recommandations...)	Idem, ajoutées des méthodes participatives, et de méthodes de test utilisateurs.	Idem, ajoutées de méthodes de stimulation créative et prospective (veille technologique, intelligence économique...).
Buts de l'intervention	Extrapolation sur un futur immédiat ou proche.	Définition d'alternatives possibles, discutables et réfutables. Accompagnement de la transition.	Production d'idées et de scénarios pour le futur (fuzzy front end, composant du cadre d'usage futur...). Aide à la décision sur les fonctions des systèmes qui seront ensuite à concevoir. Prévision de formes d'innovations possibles.
Perspectives ergonomiques	Prévention, Correction, Conception	Correction, Conception.	Prospective.

Tableau 1 : Les approches du futur en ergonomie.

Premièrement, les demandes d'intervention sur des projets ont induit le développement d'une approche centrée sur l'appréhension de l'activité future probable (Daniellou, 1997, 2004 ; Duarte & Lima, 2012) qui vise à rendre compte d'une réduction graduelle des formes possibles de l'activité future par les décisions prises durant le projet. L'activité future probable correspond donc à une forme possible de l'activité réelle qui résulte à la fois des propriétés et capacités des opérateurs impliqués, des objectifs, moyens et ressources de travail dont ils bénéficieront, et des caractéristiques de l'environnement physique, organisationnel et technologique. Bien évidemment, l'activité future probable n'est pas d'accès direct. Elle doit être inférée de l'activité observée, qui elle-même n'est pas directement transposable dans la nouvelle situation. L'activité future probable est donc une activité conceptualisée par l'ergonome et débattue au sein de l'équipe projet ; conceptualisation qui repose sur une abstraction réalisée à partir des données recueillies dans la situation puis interprétées. Ainsi, dans le domaine de la conception, l'ergonomie est régulièrement confrontée à la question de la projection d'une situation existante vers une situation future qu'il convient d'adapter. Pour ce faire, l'ergonomie a élaboré des concepts (i.e. activité future probable, représentation collective, repères ergonomiques...) qui organisent une ingénierie de l'intervention servant à optimiser les transformations du travail et des usages. Le futur est appréhendé principalement à partir d'observations des situations ... l'innovation y est donc incrémentale. Du coup, l'approche du futur qui s'est utilement répandue en ergonomie est liée à l'activité future probable... mais ce n'est pas la seule.

Une seconde approche du futur est liée au possible. Ce qui va advenir est, en quelque sorte, enfermé dans une liste de possibles. Le futur est possible en tant qu'il constitue une série de ramifications d'options prédéfinies. Le futur de nos usages serait limité par des contours qui sont déjà là, définis et résumables. Le possible attend juste un moment ou un déclic pour se réaliser. Pourtant, l'imprévisible nouveauté qui se produit, comme les disruptions dans certains secteurs économiques, nous montrent que nos représentations initiales sont souvent pauvres et abstraites. Le groupe Kodak n'a pas pris le virage de la photo numérique, Accord n'a pas vu venir Airbnb, pas plus que Walmart n'a vu Amazon ou Ford n'a anticipé Tesla... car la réalisation des idées apporte avec elle une structure nouvelle qui change tout, d'autant plus qu'elle n'était pas dans la liste des futurs possibles. Dans ces cas de disruptions, on s'aperçoit que le futur qui avait été possiblement prévu, est débordé par une réalité ultérieure qui le dépasse. D'une certaine manière ces exemples industriels nous indiquent que, sous certaines conditions, nous éprouvons des difficultés à penser le nouveau, à imaginer la

création. En bref, le possible est plus en relation avec le présent ou avec les extensions du présent qu'avec un avenir inédit.

Troisièmement, avec la prospective - qui consiste à chercher loin dans le temps par l'intermédiaire d'une analyse de facteurs multiples et non-exhaustifs dont l'importance relative dépend du contexte, des données recueillies, des avis d'experts, afin de définir des scénarios pour le futur - l'évolution devient autre chose que la réalisation d'un programme probable ou possible. Les portes de l'avenir peuvent s'ouvrir sur un champ ouvert qui s'offre à la liberté et à la créativité. Par l'intervention ergonomique nous pouvons aussi apporter quelque chose qui ne précéderait sous aucune forme, ou seulement à l'état d'esquisse. Cette approche du futur intègre une sorte de jaillissement de la créativité humaine, qui donne des résultats incertains en raison de la difficulté de prédire l'avenir avec justesse. L'activité humaine n'est donc pas qu'un observable d'une situation, mais elle est aussi à imaginer de manière à construire des situations inédites. Ici, les méthodes créatives, participatives, de simulation, de scénarisation, les études de tendances, les projections statistiques donnent des aides à la prévisualisation des idées futures.

Vers l'ergonomie prospective...

L'ergonomie prospective se définit (voir Brangier et Robert (2010, 2012, 2014) et Robert et Brangier (2009, 2012)) comme une modalité d'intervention ergonomique qui consiste d'une part à détecter des besoins actuels, prévoir des évolutions et à anticiper des futurs besoins (Loup-Escande, Burkhardt, & Richir, 2013), et d'autre part à imaginer des systèmes, produits ou services qui satisfont ces besoins selon des critères de santé et sécurité, confort et bien-être, performance et satisfaction. L'intervention en ergonomie prospective est donc spéculative et inventive. Elle vise à faire de la prospective sur de nouveaux usages, de nouveaux comportements ou de nouvelles organisations en considérant que l'humain doit y occuper la place centrale. L'ergonomie de prospection se situe donc en amont de l'ergonomie de conception et de l'ergonomie de correction et traite de manière prioritaire les aspects fonctionnels d'un projet, tandis que l'ergonomie de conception aborde plutôt les aspects conceptuels et l'ergonomie de correction les aspects opérationnels (Nelson, 2011 ; Barré, 2015). Pour atteindre ces objectifs, l'ergonomie de prospective doit remplir au moins trois types de missions :

- comprendre l'évolution des besoins à moyen et long terme et anticiper les futurs besoins, puis les définir, les documenter, les valider, les évaluer, les prioriser et les simuler ;

- mener une veille sur les facteurs technologiques, sociaux, culturels et économiques qui accélèrent l'évolution des situations d'activités humaines et amènent les humains à s'y adapter ;
- imaginer des systèmes, stimuler la créativité en vue de la conception ultérieure de systèmes dont l'humain tirera des bénéfices pour son bien-être, son développement personnel et sa qualité de vie.

Dans cette perspective, des éléments de prospective doivent être adjoints à l'ergonomie, de manière à amener cette discipline à s'intéresser ouvertement à l'innovation (Buisine, Boisadan, & Richir, 2017), et, à le faire selon la perspective des facteurs humains, organisationnels et sociaux qui sont toujours à la base de ses interventions.

L'ergonomie prospective va bien au-delà du « possible » ou du « probable » et est différente de l'ergonomie de conception, notamment car la prospective :

- ne peut se faire à court ou moyen terme ;
- n'est pas de trop bas niveau, ce ne peut être une micro-ergonomie ;
- ne se limite pas à des projets existants ;
- les projets peuvent être initiés par des ergonomes eux-mêmes, sans demande externe ;
- enrichit le paradigme de l'intervention par la nécessité de récolter des données prospectives et de faire preuve d'inventivité (Barré, 2015 ; Nelson, 2011).

3. Construction de l'intervention : l'hydrogène, futur vecteur énergétique

3.1. Problème et méthode

Principalement utilisé dans la pétrochimie et l'agrochimie, l'hydrogène pourrait jouer dans le futur le rôle de vecteur énergétique. Un vecteur énergétique est une forme d'énergie qu'il est possible de transporter entre des sites de production et d'utilisation via un réseau de distribution, en complément des trois vecteurs énergétiques dont on dispose à grande échelle que sont l'électricité, le pétrole et le gaz naturel. Mais, la diversification des énergies renouvelables (photovoltaïque, éolien, biomasse, ...), leur décentralisation et la nécessité d'adapter l'offre à la demande (les besoins de l'utilisateur) plaident pour l'entrée en scène d'un quatrième vecteur énergétique qui pourrait être l'hydrogène. En effet, l'hydrogène offre des capacités de stockage qu'il n'est pas possible d'atteindre avec l'électricité, qu'il s'agisse de l'autonomie des véhicules électriques ou de la gestion des réseaux de distribution. Pour

accompagner ces profonds changements, l'objectif de cette recherche est de réfléchir à la manière dont l'hydrogène et les technologies associées pourraient correspondre à des besoins d'utilisateurs futurs, plutôt que de voir comment faire accepter des systèmes énergétiques à base d'hydrogène.

Car en effet, plusieurs études sur l'hydrogène ont surtout cherché à qualifier les modalités d'acceptation sociale de cette technologie (Iribarren, Martín-Gamboa, Manzano, & Dufour, 2016). Elles s'inscrivent dans une approche dite « technopush » (poussée par la technologie) où des ingénieurs sollicitent des psychologues, sociologues ou ergonomes pour trouver des arguments qui amèneraient des personnes à utiliser un produit ou service, généralement pensé sans leurs avis. Certaines approches suggèrent des modèles d'acceptation (Damart, Kpoumie, Tsoukias, Benjamin, 2010) basée sur des graphes de variables d'acceptabilité construits collectivement, tandis que d'autres évaluent les attitudes des personnes à l'égard des piles à hydrogène (Yetano Roche, Mourato, Fishedick, Pietzner & Viebahn, 2010). Ces approches se caractérisent par un dénominateur commun : trouver les variables qui feront accepter un système technique puis les implémenter.

A l'inverse, l'ergonomie prospective se propose d'anticiper des besoins puis d'imaginer des produits et services qui correspondent à ces besoins et dont l'usage procurera des bénéfices aux utilisateurs (Loup-Escande, Burkhardt, Christmann, & Richir, 2014), que cela corresponde ou pas aux attentes des ingénieurs ou aux opportunités techniques du moment. Mais alors, comment anticiper des besoins qui n'existent pas encore ? Pour les utilisateurs que l'on ne connaît pas encore ? Pour un modèle d'énergie largement inconnu du grand public ? Ces questions sont difficiles. Les réponses seront spéculatives et incertaines ; encore faut-il qu'elles soient établies par des méthodes.

Cette recherche sur l'hydrogène a mobilisé trois méthodes pour prospecter sur des usages futurs (Brangier, Barcenilla & Robert, 2017). Premièrement, la méthode des staffs d'experts (Brangier, Dinet & Bastien, 2009) de trois communautés (production de l'hydrogène : 2 experts ; distribution de l'hydrogène : 4 experts ; mobilité avec l'hydrogène : 4 experts) basée sur la participation de professionnels experts de l'hydrogène. Deuxièmement, une fois retranscrites, les verbalisations ont été analysées, avec Iramuteq (logiciel d'analyse des données textuelles, Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires) afin d'effectuer une analyse multidimensionnelle et d'identifier des univers sémantiques et des facteurs de structuration des discours experts autour des besoins futurs. Troisièmement, la rédaction de personas d'experts et d'utilisateurs futurs de l'hydrogène comme énergie a été faite à partir d'une analyse de contenu thématique. Les personas

utilisateurs correspondent à des grandes catégories d'utilisateurs prospectifs. Les personas sont des représentations fictives d'utilisateurs probables (Brangier & Bornet, 2011).

Notre problème est donc d'enrichir les représentations d'ingénieurs sur les usages futurs de l'hydrogène comme vecteur énergétique, dans les trois domaines de la production d'énergie électrique, du transport et de la distribution. Puisque l'utilisation de l'hydrogène, comme énergie, est encore anecdotique, il est complexe d'exiger du tout-venant qu'il réagisse comme des usagers ou des acteurs conventionnels. Voilà pourquoi, des méthodes relevant de l'ergonomie prospective ont été utilisées.

Le but de cette recherche est donc double : d'une part envisager des méthodes ergonomiques qui peuvent être utilisées en contexte prospectif, et d'autre part appréhender des questions relatives à l'ergonomie dans la maîtrise énergétique, la transition énergétique et la mobilité durable.

3.2. Animation de trois staffs d'experts de communauté

Trois staffs d'experts ont été mis en place, avec la composition suivante :

Staff d'expert n°1 : Mobilité avec l'hydrogène	Expert 1 : Journaliste généraliste (radio). Expert 2 : Directeur de recherche au sein d'un Institut français de recherche en énergie électrique, électronique de puissance, chauffage, énergie pour les transports.
Staff d'expert n°2 : Distribution de l'hydrogène	Expert 3 : Responsable développement et innovation d'une entreprise internationale de production d'électricité. Expert 4 : Responsable projet dans une entreprise internationale de distribution de gaz. Expert 5 : Directeur de la recherche et de l'innovation dans une entreprise spécialisée dans le chauffage. Expert 6 : Journaliste, spécialisé sur les innovations et questions de société (presse écrite).
Staff d'expert n°3 : Production de l'hydrogène	Expert 7 : Journaliste scientifique (presse écrite). Expert 8 : Directeur d'une Association proposant aux industriels et aux pouvoirs publics des études et un accompagnement sur le déploiement d'applications hydrogène. Expert 9 : Responsable projet dans une entreprise internationale de commercialisation de gaz, dont de l'hydrogène. Expert 10 : Gestionnaire et propriétaire d'un parc immobilier.

Les réunions se sont déroulées en deux phases. La première phase a consisté à recueillir le point de vue des experts sur l'évolution des besoins en matière d'énergie, et la manière dont ils anticipent les usages. Les questions suivantes ont constitué le fil directeur de la discussion :

- *Quels sont les besoins relatifs à l'énergie ?*
- *Comment voyez-vous l'usage de l'hydrogène dans l'énergie du futur ?*

- *Que doit-on savoir sur l'énergie du futur ?*
- *Qu'en est-il de l'empreinte énergétique et de la pollution ? Quelles évolutions imaginez-vous ?*
- *Comment voyez-vous l'acceptation de l'hydrogène ? serait-il accepté ou refusé ?*

Cinq animateurs ont pris en charge l'animation, par binôme. Ils ont utilisé un support d'animation commun.

Après une heure d'échanges environ, la seconde phase a consisté à susciter des réactions chez les participants à partir de trois vidéos illustrant des usages de l'hydrogène pour trois profils d'utilisateurs, dans des situations comparables (usage collectif, usage industriel, usage particulier).

- Pour le Staff Mobilité, le film présentait des exemples de transports en commun (bus équipés de piles à combustible), de chariots élévateurs à hydrogène et d'une voiture particulière.
- Pour le Staff Distribution, le film décrivait une communauté urbaine, ou écoquartier, dotée d'habitations à cogénération, montrait une maison indépendante avec l'usage quotidien d'une pile à hydrogène et présentait l'industriel fournisseur de l'énergie.
- Pour le Staff Production, la vidéo restituait une scène d'usage d'une station-service équipée d'une pompe hydrogène, soulignait le point de vue collectif avec la question du réseau d'approvisionnement et évoquait la gestion industrielle du réseau, y compris pour la production de chaleur. Chaque vidéo durait moins de 10 minutes. Pour chaque staff, les animateurs ont simplement demandé aux participants de réagir librement suite à la diffusion de la vidéo.

Tout au long des échanges, les animateurs s'attachaient à ce que les participants s'expriment ouvertement en favorisant les échanges entre les experts. En effet, la méthode des staffs d'experts insiste sur le fait que les experts doivent se comprendre d'abord entre eux avec leur vocabulaire, sans chercher à le simplifier ou à le rendre assimilable par un non expert (en l'occurrence l'animateur). Par contre, les animateurs sont vigilants aux reformulations utiles et recentrent si nécessaire.

4. Analyse statistique des données textuelles : prospective sur l'expression de besoins

4.1. Principes

L'analyse lexicale a été construite de manière globale sur l'ensemble des retranscriptions des conversations, avec comme objectifs de mettre en exergue les mots les plus importants ou les plus utilisés, de construire des classes thématiques et de trouver des représentations afin de comprendre les besoins futurs. Pour ce faire nous avons utilisé le logiciel Iramuteq (<http://www.iramuteq.org>). Il permet de réaliser des analyses statistiques sur des corpus de texte et sur des tableaux individus/caractères. C'est une surcouche au logiciel R (<http://www.r-projet.org>)

Iramuteq reproduit la méthode de classification décrite par Reinert (1983, 1990) (Classification Hiérarchique Descendante sur un tableau croisant les formes pleines et des segments de texte) qui a inspiré Alceste, autre logiciel d'analyse textuel. Ce type de logiciel permet une analyse des textes segmentés par des balises simples identifiant des variables ou des locuteurs. Sont ainsi distingués des mots, des segments de texte et des combinaisons de segments de texte. Une variable, un sujet et plus généralement un élément conceptuel doit être précédé par une balise commençant par un * suivi par un identifiant (*ExpertTransport1). Iramuteq analyse les verbes, les mots, les adjectifs et procède à une classification hiérarchique descendante. Pour cela, il est au préalable nécessaire de définir différents paramètres tels que le nombre de classes ou la taille minimale du segment du texte à analyser.

Notre approche de l'analyse a été itérative. Nous avons dans un premier temps analysé chaque corpus de manière séparée puis nous avons regroupé l'ensemble des données en un seul fichier. Nous avons réalisé aussi des analyses par catégories d'experts, par technicité mais compte tenu des tailles des échantillons, les résultats ne pouvaient être généralisés. Nous avons effectué pour chaque catégorie plus d'une dizaine d'analyses en faisant varier à chaque étapes les variables de contrôle du logiciel (longueur des segments, nombre de classe max, les natures ou classes grammaticales). Sur la totalité des corpus nous avons accompli plus de 70 analyses.

4.2. Les classes de discours

Les longueurs des segments de texte analysés étaient pour cette analyse de 60 mots. Le nettoyage du texte retenu est celui par défaut dans Iramuteq (caractères passés en minuscule,

retrait des caractères spéciaux, remplacement des apostrophes et tirets par des espaces). La lemmatisation a été activée, aucune clé (adjectifs, article défini, conjonction, ... verbe supplémentaire) n'a été retirée. L'analyse a été spécifiée sur les variables de contrôles créées pour délimiter les zones de texte. L'indice retenu a été celui de loi hypergéométrique et les effectifs minimum (le nombre d'occurrences minimal a été fixé à 4), même si sur certains graphique présentés (Figure 3) cette valeur est plus élevée uniquement pour des raisons de lisibilité des informations présentées. L'analyse Classification Méthode Reinert a été effectuée « simple sur segments de texte » avec un nombre de classe terminale à 25 et un nombre de formes analysées à 10000. Appliqués à notre corpus et avec ce paramétrage, Iramuteq a produit un graphe à huit classes (figure 1). Le logiciel construit une arborescence binaire où les éléments de chaque branche (fils gauche, fils droit) contiennent des informations identifiées comme n'ayant que peu de proximité. Le pourcentage de chaque classe indique un poids, une proportion de la représentativité de la classe dans le texte.

INSERER - Figure 1: Les huit classes issues de l'analyse du texte.

Chaque catégorie liste une suite de mots représentatifs, celui en tête de liste étant celui ayant le plus grand nombre d'occurrences dans la catégorie. "Énergie", qui est le mot le plus cité, apparaît 229 fois dans le corpus, penser (pensé, pense) 176 fois. L'étape suivante a consisté à dégager, des différentes classes produites, des métadonnées permettant de faire apparaître des tendances en termes d'espace d'intérêt. Les arborescences de la figure 1 font également apparaître trois regroupements (figure 2) :

- Les classes 6, 2 et 4 représentent les avantages de supports multi-énergies. L'hydrogène est présent de manière positive. Complément aux autres énergies, disponible pour favoriser les énergies renouvelables, l'hydrogène est un nouveau vecteur possible qui remplit toutes les fonctions énergétiques.
- Les classes 3, 1 et 5 regroupent les questions relatives aux choix et décisions à prendre. L'avenir est donc ouvert et incertain. Il se construit avec des arbitrages à engager sur le CO2, les coûts, l'autonomie, les utilisateurs...
- Les classes 7 et 8 englobent les interrogations sur l'implication de la classe politique et la volonté de futurs consommateurs à accompagner ce changement. Le Japon, l'Allemagne, le Danemark... Ces pays ont réalisé des choix clairs, mis en place des politiques incitatives pour soutenir la filière hydrogène. Les experts considèrent que les industriels souffrent en France d'un manque de visibilité, ce qui freine de manière très nette les développements.

INSERER - Figure 2 : Les trois thèmes issus des huit classes.

En quelque sorte, ces trois thèmes sont relativement classiques. On retrouve le triptyque : humain, technologie et contexte politico-organisationnel.

Au niveau humain, les possibilités offertes par l'hydrogène sont méconnues. Les informations sur le sujet relèvent pour le moment en majorité de la littérature spécialisée. Il y a donc un fort besoin d'informer les utilisateurs, mais aussi les politiques. Il ressort que le débat est nécessaire. La question est d'identifier quels sont les acteurs assez légitimes pour communiquer et si Internet est à même de constituer un support pour que les citoyens s'emparent de la question, *“Il faut faire de la pédagogie. Pour l'électricité, là les gens ils savent !”* (Expert 4), *“Cette entreprise a raison de communiquer là-dessus !”*, *“ On a un déficit de démonstrations où le public pourrait venir voir”* (Expert 7).

Au niveau du contexte, l'évolution de la réglementation est un facteur-clé pour accompagner et soutenir le déploiement des applications hydrogène. *“Ce sont des filières qu'il faut aider, c'est vrai pour toute innovation”* (Expert 3), *“Le législateur est un acteur-clé : il va inciter et obliger”* (Expert 3), *“Pour le power to gaz, il faut revoir l'intégralité des spécifications de gaz européennes.”* (Expert 9), *“Pour les stations-service, il manque encore une législation sur les modes de distribution, le système de comptage...”* (Expert 4), *“Il est possible en France de rouler à l'Hydrogène uniquement à titre expérimental”* (Expert 2).

Au niveau technologique, les processus, les produits et services sont encore à imaginer. Les piles à hydrogène deviennent de plus en plus performantes sans que l'on comprenne exactement ce que les humains vont pouvoir en faire de plus, ni quels services apporteront une plus-value, ni quel produit introduira des possibilités de disruption. L'analyse de similitude ou « ADS » (fig. 3) fait apparaître ces cheminements praxéologiques.

INSERER Figure 3 : Analyse des verbatim des différents staffs

Une communauté lexicale est à la racine des constructions, avec une forme centrale qui traduit le changement, le déplacement, le passage d'une situation vers une autre : « Aller » ; auxiliaire du futur périphrastique. Cinq branches se développent à partir de ce point central. Une première inclut le lexique lié à la notion « d'hydrogène », avec des communautés comme « Gaz », « Parler » ou encore « Réseau ». Une seconde branche issue du noyau central regroupe tout ce qui gravite autour du terme « Energie ». On y retrouve des liens autour de la

« Production », « Stockage » ou encore « Permettre ». Une troisième branche « Pile » regroupe tout ce qui fait référence à des notions de temporalité, ce qui est faisable aujourd'hui, ce qui existe avec des relations autour de « Aujourd'hui », « Chariot » (élévateur) ou encore « Performance ». Une quatrième branche est centrée sur la notion de « Véhicule » où sont regroupés des termes comme « Électrique », « Autonomie » ou encore « Recharge ». Enfin la dernière branche exprime plutôt une certaine forme d'attente avec comme mot central « Voir ». Finalement, le vocabulaire renvoie à la fois à une temporalité en transition faite d'aujourd'hui et de demain associée à un contexte énergétique.

4.3. Analyse factorielle

L'analyse factorielle (figure 4) permet d'observer les relations entre les différentes opinions exprimées et de les illustrer par des graphiques. Cette analyse fait ressortir deux oppositions révélant les tendances générales des interviewés (axes 1 et 2) qui expliquent ensemble la dispersion totale des termes énoncés par les sujets. Analysons ces deux facteurs qui nous permettent de comprendre la structure des opinions et des comportements.

Dans un graphique bidimensionnel, issu d'une analyse factorielle des variables morphologiques, nous avons obtenu une nette différenciation entre deux axes.

- L'axe horizontal est fortement marqué par l'univers sémantique qui oppose la logique sociale à la logique technique. On y trouve, sur les valeurs positives, une configuration de mots relevant de la technologie : pile, combustible, méthane, gaz, moteur, réseau, pompe... Du côté négatif de l'axe, se trouve un assemblage de mots illustrant les aspects sociaux de la consommation énergétique : préoccupation, charge, effort, communication, confiance... Le premier axe trouve sa cohérence dans une opposition social/technique, c'est-à-dire dans une bipolarité de l'hydrogène comme technologie et comme usage. On passe de l'expression de la technologie hydrogène à l'expression des craintes, attentes et besoins.
- L'axe vertical montre l'opposition entre deux manières de modeler ses comportements : soit on développe une perspective individuelle par rapport à l'énergie (on régule sa consommation, on gère son CO₂, on change d'attitude...) soit on compte sur le politique pour œuvrer (« états, directive, national, Tokyo, unir, ...»). Le deuxième axe fait donc apparaître le type d'investissement dans la production et la consommation d'énergie : on interagit pour soi ou l'on attend des prérogatives étatiques.

INSERER - Figure 4: Graphe factoriel et catégorisation.

En somme, l'analyse lexicale ouvre sur une compréhension élargie des usages futurs. A partir de catégorisation d'items, elle permet de dégager des thèmes, des structures de discours et de comprendre des logiques d'action. Elle débouche finalement sur des énoncés qui anticipent des usages et besoins futurs.

5. Analyse thématique des données textuelles : prospective sur les futurs utilisateurs de l'hydrogène

Pour compléter la lecture quantitative du corpus en termes d'utilisateurs futurs, nous avons également procédé à l'élaboration de personas. Dans le domaine de la conception, les personas sont destinés à (Bornet & Brangier, 2013) :

- Fournir un modèle d'utilisateur. Ils représentent, sous une forme synthétique, les comportements, attitudes, besoins et motivations d'utilisateurs. Ces utilisateurs sont à la fois fictifs et réels. Fictifs, car ils ne se rapportent pas à un utilisateur en particulier. Réels, car ils sont basés sur des données collectées de manière rigoureuse.
- Renforcer la communication au sein de l'équipe de conception. En rassemblant plusieurs individus autour de représentations communes, les personas favorisent la communication autour des besoins des utilisateurs et guident les décisions.
- Faciliter la prise de décision. Enfin, les personas permettent d'imaginer des situations d'utilisation.

Le choix de réaliser des personas était motivé par la volonté de montrer à des professionnels œuvrant dans le développement d'applications hydrogène en quoi la méthode des personas était susceptible de soutenir le processus de conception, en l'absence de situations réelles à analyser. Cette démarche s'inscrit en effet dans le cadre d'une étude exploratoire, destinée à initier la mise en place d'un projet de plus grande envergure.

L'élaboration des personas s'est déroulée en trois étapes (Brangier & Bornet, 2011) :

- 1 : L'analyse thématique des données recueillies ;
- 2 : La structuration des personas à partir des variables-clés ;
- 3 : L'enrichissement des personas.

Nous reviendrons sur chacune des étapes, pour conclure avec des exemples de personas réalisés.

5.1. L'analyse thématique des données recueillies

L'enregistrement des Staffs d'Experts de Communauté a donné lieu à une analyse thématique qui a permis de repérer les principales préoccupations mises en avant par les experts et qui s'articulent autour de trois dimensions :

5.1.1. La manière dont les particuliers et les entreprises perçoivent l'hydrogène

Au niveau de l'impact de l'hydrogène sur l'environnement

Les experts s'accordent à considérer que les particuliers, et par ailleurs les entreprises, intègrent de manière croissante les préoccupations environnementales dans leurs choix. Le fait que l'hydrogène permette d'augmenter la part de l'énergie renouvelable constituerait donc pour certains le principal argument de vente. Dans le même temps, ils reconnaissent que la dimension écologique devrait peser, mais à niveau de prix égal...

D'autre part, une partie des utilisateurs associe selon les experts l'hydrogène à une énergie propre, car il n'y a pas de dégagement de CO₂. Or, il s'agit de tenir compte de la fabrication. Les notions de rendement ou de bilan énergétique global ne sont pas abordées dans le débat public. L'enjeu principal, consistant à décarbonner l'hydrogène en diversifiant les sources possibles, reste limité à une communauté d'experts.

Dans ce contexte, les experts s'interrogent sur la pertinence de communiquer sur le niveau plus ou moins propre de l'hydrogène.

« C'est un argument global, le plus important. » (Expert 8)

« Après la question c'est qu'elle est la propreté de la source d'énergie. » (Expert 1).

« Ils cherchent la chaîne propre complètement. Pour produire l'hydrogène hein, la station d'hydrogène. Et ça c'est assez remarquable. » (Expert 6).

Au niveau de la sécurité

Peut-on se garer dans un parking souterrain avec un véhicule à hydrogène ? Que se passe-t-il en cas de choc ? En cas de fuite ? Au niveau de la sécurité, les inquiétudes sont nombreuses et la peur de l'explosion très présente. Les experts évoquent même une sorte de « schizophrénie dans l'inconscient collectif », selon leurs propos.

Dans le même temps, il semblerait que les retours d'expérience dans le domaine professionnel ne font pas état d'un sentiment d'insécurité. Quant à la perception du risque pour une utilisation en stationnaire, elle n'est pas évoquée. Les experts insistent sur le fait que le risque est maîtrisé, même si certains développements pourraient encore sécuriser les processus, en rendant par exemple l'inflammation visible. Une fois de plus, ils s'interrogent

sur la nature du message à transmettre, le risque étant d'induire des préoccupations qui n'étaient pas présentes jusque-là !

*Le temps qu'on parvienne à donner une image positive euh d'un terme qui est explosif euh on aurait plus vite fait de de changer de changer le concept.» (Expert 1).
« C'est un gaz délicat à manipuler, mais on sait maîtriser le danger. » (Expert 2).*

Au niveau du prix

Les experts s'accordent à considérer le prix comme le frein principal au déploiement de l'hydrogène. Actuellement, le faible niveau de prix de l'électricité et du CO₂, la baisse du prix du pétrole et l'absence de subventions n'incitent pas l'utilisateur à se tourner vers des sources alternatives au pétrole.

*« C'est un facteur très important. Tant qu'on n'a pas mis une valeur monnayable à l'environnement, en termes d'émission de CO₂, il n'y a aucune raison pour laquelle un client final irait dépenser plus d'argent. » (Expert 8).
« Parce que euh ça montre bien que y a un moment où pour faire rentrer des technos comme ça il faut pouvoir mettre les incitants qui vont bien, et qui sont économiques. » (Expert 4)
« Y a une question de prix aussi. Et le gaz sera toujours sera toujours moins cher que le pétrole, vous ne pensez pas ? » (Expert 9).*

Au niveau des enjeux économiques associés

Les enjeux économiques sont appréhendés du point de vue des experts, qui évoquent en premier lieu l'indépendance énergétique, liée à la possibilité de recourir dans des proportions plus importantes à des ressources locales. Au niveau des emplois, l'impact attendu est difficile à anticiper car la baisse des opérations de maintenance pourrait entraîner des pertes d'emplois au niveau des constructeurs automobiles et des équipementiers.

« On satisfait une indépendance énergétique, une production en usage euh des ressources locales si possible ». (Expert 2).

Au niveau des possibilités offertes pour la gestion de l'énergie

L'hydrogène répond à une préoccupation majeure chez les énergéticiens : faire face à des situations locales de manque et de surplus dans le cadre d'une augmentation de la part du renouvelable.

« Pour nous, l'hydrogène, c'est un vecteur qui permet de stocker de l'énergie et de la transporter facilement. » (Expert 5)

5.1.2. Les conditions préalables au déploiement de l'hydrogène

La prise en compte des utilisateurs

Pour le moment, les experts considèrent qu'il n'est pas opportun de se tourner vers le consommateur. Il s'agit au préalable de maîtriser la technologie, faire évoluer la

règlementation, être soutenu par les politiques. Dans le même temps, ils anticipent des résistances de la part des utilisateurs, quand ces derniers auront pris conscience des enjeux liés à l'hydrogène.

« C'est une question de phase : si les choses évoluent dans le bon sens il (le consommateur) va nous préoccuper. » (Expert 4).

« Est-ce que dans ce domaine-là aussi la position du consommateur n'est pas en train d'évoluer dans la mesure où justement on parle, ça a commencé on a parlé on parle de mix énergétique » (Expert 1).

« On n'est pas encore trop préoccupé par le consommateur. » (Expert 9).

Les informations à fournir aux utilisateurs

Au niveau du grand public, les possibilités offertes par l'hydrogène sont méconnues. Les informations sur le sujet relèvent pour le moment en majorité de la littérature spécialisée. Il y a donc un fort besoin d'informer les utilisateurs, mais aussi les politiques. Le débat est nécessaire. La question est d'identifier quels sont les acteurs assez légitimes pour communiquer et si Internet est à même de constituer un support pour que les citoyens s'emparent de la question.

« Il faut faire de la pédagogie ». « Pour l'électrique, là les gens ils savent ! » (Expert 7).

« On a un déficit de démonstrations où le public pourrait venir voir. » (Expert 2).

Le choix politique et l'évolution de la réglementation

Le Japon, l'Allemagne, le Danemark... Ces pays ont réalisé des choix clairs, mis en place des politiques incitatives pour soutenir la filière hydrogène. Les experts considèrent que les industriels souffrent en France d'un manque de visibilité, ce qui freine de manière très nette les développements.

L'évolution de la réglementation est un facteur clé pour accompagner et soutenir le déploiement des applications hydrogène.

« Ce sont des filières qu'il faut aider, c'est vrai pour toute innovation. » (Expert 9).

« Le législateur est un acteur clé: il va inciter et obliger. » (Expert 9).

« Pour le power to gaz, il faut revoir l'intégralité des spécifications de gaz européenne. » (Expert 4).

« Pour les stations-services, il manque encore une législation sur les modes de distribution, le système de comptage... » (H. Directeur d'activité Air Liquide)

« Il est possible en France de rouler à l'Hydrogène uniquement à titre expérimental. » (Expert 2).

5.1.3. Une vision prospective

La place de l'hydrogène dans les énergies du futur

Actuellement, la gestion de l'énergie s'articule autour d'importants centres de production de l'énergie, avec des modes de distribution non connectés (électricité, gaz...). Selon les experts, l'énergie du futur sera :

- Multi-technologiques : pour réduire les énergies fossiles, différentes solutions seront complémentaires, pour chaque type d'application.
- Plurielle : la production sera localisée à plusieurs endroits sur le territoire.
- Complexe à gérer : en fonction de la facilité de mise en œuvre, du coût ou du rendement, l'hydrogène sera intégré à la chaîne de distribution de l'énergie. Les possibilités de stockage conduiront à réaliser des arbitrages et adopter une approche globale.

L'hydrogène serait introduit à plus ou moins long terme, selon les usages. Pour le stationnaire, la mise en place d'un réseau de distribution de l'hydrogène semble envisageable seulement à long terme. Avant cela, des piles à combustibles alimentées en hydrogène, sur base de la conversion du gaz naturel pourraient être déployées. Dans le domaine du transport, les avis sont plus partagés. Certains anticipent une diffusion à 2020 des véhicules à hydrogène en Allemagne, dans les pays scandinaves, aux États-Unis, au Japon... Dans le même temps, d'autres solutions techniques sont à l'étude pour réduire l'empreinte carbone.

« Le fossile va encore être très présent les prochaines années, mais on sera de plus en plus intelligent dans notre façon de l'utiliser.... On ne va pas se contenter d'une seule source d'énergie. » (Expert 4).

Dans un premier temps, la continuité dans les usages énergétiques

Les experts anticipent deux tendances, avec des temporalités différentes. Le premier temps est celui d'une continuité. Cette tendance s'appuie sur deux principes :

- Le consommateur ne devrait pas être amené à recourir à l'hydrogène par choix,
- Il est plus facile d'introduire des changements s'ils sont transparents pour l'utilisateur final.

L'objectif est de ne pas désorienter, de maintenir une situation actuelle autant que possible, sans chercher à offrir de possibilités nouvelles. Le recours à l'hydrogène devrait donc être transparent au niveau des usages. Il doit permettre de garder le niveau de confort actuel sans avoir d'incidence sur les modalités d'utilisation de son véhicule, de son chauffage... Au niveau du transport, cela se traduit par des efforts axés sur le maintien de l'autonomie actuelle, à savoir 350-400 km, pour ne pas contraindre le conducteur à trop anticiper sa consommation. Les stations de charge sont également calquées sur le modèle des stations essence actuelles. La communication, dans ce cadre, est centrée sur le fait qu'il y ait peu de changements.

*« L'utilisateur ne va pas rechercher à être usager de l'hydrogène, il va l'être. » (Expert 8).
 « L'utilisateur, à la limite, l'hydrogène, ce n'est pas son problème. » (Expert 5).
 « L'utilisateur final, finalement, il subit tout ça. » ... « Ce qui serait très bien, ce serait qu'il ne le voit pas et qu'il n'ait pas à se poser ces questions. » (Expert 5).
 « Effectivement le besoin n'existe pas, c'est un moyen de substitution. » (Expert 4).*

« Pour les voitures, le but n'est pas de faire plus, mais de ne pas faire moins. » (Expert 9).

« Nous on se débat dans tous les sens pour trouver des solutions pour pouvoir faire la même chose. » (Expert 4)

Dans un second temps, la rupture d'usage

Dans un second temps, l'introduction de l'hydrogène, en stationnaire et en transport va ouvrir de nouvelles possibilités. Le particulier pourra :

- Avoir potentiellement deux moyens de stockage (pile à combustible, stock d'hydrogène),
- Produire (panneaux photovoltaïques, éolienne...),
- En tant que producteur mettre ce surplus à la disposition des autres. Aux États-Unis un particulier, qui a équipé sa maison de panneaux photovoltaïques, redistribue gratuitement son surplus d'électricité au travers d'une borne de recharge rapide placée devant sa maison.

Dans ce cadre, l'utilisateur devrait saisir les opportunités qui s'offrent à lui et devenir *prosumer*, à la fois producteur et consommateur. Il jouerait alors un rôle très actif dans la gestion de son énergie et mobiliserait toute son intelligence pour opérer des choix éclairés.

Somme toute, les experts ont une vue limitée sur ces nouveaux usages. Les perspectives sont ouvertes et la créativité serait utile. Ces usages pourraient se traduire, au niveau du transport, par des technologies embarquées facilitant les interactions entre pompes et véhicules, ou des prix différents selon le niveau de carbone associé à la production de l'hydrogène, etc. En stationnaire, le consommateur pourrait prendre en charge des unités pilotables à distance. Mais les possibilités sont sans doute encore plus larges. Vraisemblablement, ces ruptures d'usage s'inscriraient dans une société de service, l'utilisateur achetant du service et non plus du matériel.

« Le consommateur aura à un moment donné des choix à faire, pour l'achat d'hydrogène ou d'équipements liés à l'hydrogène. » (Expert 9).

« La gestion de l'énergie va nécessiter beaucoup plus d'intelligence. » (Expert 9).

5.1.3. Synthèse : tableau résumé de l'analyse thématique

Préoccupations		<i>Extraits</i>
1. La perception de l'hydrogène	1.1 L'impact sur l'environnement	<i>Tous les niveaux existent sur la propreté de la production de l'hydrogène.</i>
	1.2 La sécurité	<i>Il faudra beaucoup d'effort pour donner une image positive !</i>
	1.3 Le prix	<i>C'est un facteur très important.</i>
	1.4 Les enjeux économiques	<i>L'argument majeur de l'hydrogène, c'est l'indépendance énergétique.</i>
	1.5 La gestion de l'énergie	<i>Pour nous, l'hydrogène, c'est un vecteur qui permet de stocker de l'énergie et de la transporter facilement</i>
	1.6 L'énergie du futur	<i>On ne va pas se contenter d'une seule source d'énergie.</i>
2. Les conditions préalables au déploiement	2.1. La prise en compte des utilisateurs	<i>On n'est pas encore trop préoccupé par le consommateur</i>
	2.2. Les connaissances des utilisateurs	<i>Il faut faire de la pédagogie.</i>
	2.3. Le choix politique et l'évolution de la réglementation	<i>Le législateur est un acteur clé : il va inciter et obliger.</i>
	2.4. Les usages	<i>La gestion de l'énergie va nécessiter beaucoup plus d'intelligence.</i>
3. Une vision prospective	3.1. L'énergie du futur	<i>Le fossile va encore être très présent les prochaines années, mais on sera de plus en plus intelligent dans notre façon de l'utiliser. On va pas se contenter d'une seule source d'énergie.</i>
	3.2. Les usages	<i>Nous on se débat dans tous les sens pour trouver des solutions pour pouvoir faire la même chose La gestion de l'énergie va nécessiter beaucoup plus d'intelligence Personne ne connaît les choses nouvelles que l'on pourra faire</i>

Tableau 2 : Synthèse des préoccupations exprimées par les personnes interviewées.

L'analyse thématique est la première étape dans l'élaboration de personas. L'analyse de l'activité, en tant que méthode qui vise à comprendre les comportements et stratégies des opérateurs dans une situation donnée (Garrigou, Daniellou, Carballeda & Ruaud, 1995) est également riche en informations quand il s'agit de concevoir des personas. Dans notre situation, les utilisateurs réels n'existaient pas. Recueillir auprès de professionnels des

données sur les futurs utilisateurs constitue la méthode d'accès indirect à laquelle nous avons recouru.

A partir de cette analyse thématique, résumée dans le tableau 2, il était possible de créer la structure des personas, pour ensuite construire des représentations figuratives des utilisateurs futurs.

5.2. La structuration des personas à partir des variables clés

La constitution des profils des personas est une opération délicate, dont l'enjeu est de couvrir l'ensemble des comportements et attitudes. À partir des données recueillies, il s'agit ainsi d'identifier des objectifs communs, des variables-clés, des modèles comportementaux, ou encore des combinaisons d'attitudes et de comportements qui constitueront les critères susceptibles de servir de base à l'élaboration des personas. Dans le cadre de ce projet, il s'agissait plus précisément, à partir de la parole des experts, de rendre compte des différents points de vue sur l'hydrogène de la part des experts et des utilisateurs potentiels, tels qu'appréhendés par ces mêmes experts.

Nous avons opté pour l'approche basée sur l'identification des variables clés à même de différencier les différents profils (Nielsen, 2004). L'objet était de représenter, par le biais des personas, la variété des points de vue exprimés par les experts. Ces points de vue n'ont donc pas fait l'objet de décompte, étant donné le nombre restreint de personnes interviewées. Nous avons donc croisé les thématiques et les interviewés à l'origine des verbatim qui ont alimenté ces thématiques. Il est ressorti que les experts se différencient au niveau de préoccupations d'usage qu'ils estiment déterminantes chez les futurs utilisateurs pour orienter leurs choix en faveur ou non d'applications hydrogène. Ces préoccupations d'usage sont les suivantes :

- L'écologie. Les experts sont partagés sur la sensibilité des utilisateurs par rapport à cette notion et sur la nécessité de les informer sur l'impact actuel et attendu de l'hydrogène dans ce domaine.
- La rentabilité. La majorité des experts s'accorde à considérer l'aspect économique comme primordial pour les utilisateurs. Il renvoie à la nécessité de maîtriser son budget, ou à une attitude plus proactive, qui consiste à saisir toute opportunité de faire des économies.
- La sécurité. Les experts connaissent le degré de maîtrise de risque associé aux nouveaux produits et service. Dans le même temps, ils évaluent à des degrés divers la réticence des utilisateurs à recourir à l'hydrogène pour des raisons de sécurité.

- L'autonomie. Du *prosumer*, producteur et consommateur capable de réaliser des arbitrages, au consommateur qui n'est pas prêt à changer ses habitudes, l'autonomie d'usage est une préoccupation qui partage les personnes interviewées.

A partir de ces préoccupations d'usage, nous avons créé quatre personas : deux experts et deux utilisateurs, appelés à refléter les attitudes et comportements en matière d'hydrogène. Les tableaux 3 et 4 synthétisent les préoccupations d'usage illustrées par chaque profil d'utilisateur final et d'expert.

Préoccupation d'usage	Experts	
	Laurent LALOE	Martin CACHE
1. Ecologie	Laurent raisonne en terme de rendement, de bilan énergétique global. Il se passionne pour les recherches actuelles visant à décarboner l'hydrogène. Pour lui, la dimension écologique représente un argument de vente, mais à prix égal.	Martin est conscient des représentations erronées du grand public sur l'hydrogène en tant qu'énergie verte. Il s'interroge sur la nature du message à faire passer.
2. Rentabilité	En tant qu'énergéticien, Laurent est enthousiaste : l'hydrogène facilite la gestion de l'énergie ! En même temps, il considère que le contexte actuel est loin d'inciter les consommateurs à se tourner vers l'hydrogène. Il attend beaucoup des pouvoirs publics.	L'indépendance énergétique représente pour Martin l'avantage majeur de l'hydrogène. Il associe également l'hydrogène à des perspectives économiques, même si en termes de création d'emploi, il n'est pas sûr...
3. Sécurité	Laurent ne se préoccupe pas de la perception du risque associé à l'hydrogène pour une utilisation en stationnaire. Il est confiant car techniquement, le risque est maîtrisé.	Martin s'inquiète de la peur de l'explosion et évoque une sorte de schizophrénie dans l'inconscient collectif. En communiquant sur la sécurité, il craint de provoquer des inquiétudes.
4. Autonomie	Pour Laurent, le consommateur sera prosumer !	Martin s'attache à ne pas désorienter le consommateur. Le principe est de lui permettre de conserver son niveau de confort.

Tableau 3 : Les préoccupations d'usage des personas experts.

Préoccupation d'usage	Utilisateurs finaux	
	Pierre GILLES	Cécile APTEL
1. Ecologie	La dimension écologique représente seulement un plus pour Pierre	Cécile considère l'hydrogène comme une énergie propre
2. Rentabilité	Pierre est prêt à investir de son temps et de son argent s'il anticipe un retour sur investissement sur quelques années	Malgré sa fibre écologique, Cécile n'ira pas vers l'hydrogène si elle a le sentiment d'être perdante économiquement.
3. Sécurité	La sécurité n'est pas une préoccupation	Peut-on se garer dans un parking souterrain, avec un véhicule à hydrogène ? Que se passe t'il en cas de choc ? en cas de fuite ? Cécile se pose de nombreuses questions...
4. Autonomie	Pierre est prêt à saisir toute opportunité qui s'offre à lui et faire des choix éclairés en matière d'énergie.	Cécile aimerait continuer à consommer, presque les yeux fermés...

Tableau 4 : Les préoccupations d'usage des personas utilisateurs finaux.

5.3. L'enrichissement des personas

Après avoir élaboré la structure de base de chaque persona, il convient de les enrichir avec des informations pertinentes. Le niveau des détails et la nature des informations à intégrer dépend du type de produit pour lequel les personas sont créés. Nous nous sommes appuyés sur les catégories qui sont généralement utilisées (Bornet & Brangier, 2013).

5.3.1. L'identité

Concernant les données biographiques des personas, l'objectif recherché est principalement de rendre les personas crédibles, aisément mémorisables et humains. Il convient de ne pas inclure trop d'éléments pour ne pas se perdre dans des données superflues (Goodwin, 2002). Dans le même temps, l'enjeu est de créer des personas suffisamment étoffés et complexes pour ne pas laisser indifférent et avoir la capacité d'attirer l'attention (Nielsen, 2002). De manière à personnaliser les personas, nous avons ainsi ajouté un nom, un âge, un statut marital, sans oublier une photo, qui renforce le sentiment de crédibilité (Long, 2009).

5.3.2. Les attitudes et comportements

Ils permettent de situer le produit dans une perspective globale, par rapport aux valeurs et croyances des personnes. Ils concernent par exemple les objectifs poursuivis dans la vie, la nature des besoins, les ambitions professionnelles (Nielsen, 2002), ou encore les buts recherchés par les utilisateurs lors de leur interaction avec le produit (Olsen, 2004 ; Goodwin, 2001). Nous avons décrit comment l'attitude de chaque persona influe sur le rôle qu'il est prêt à jouer dans le déploiement de l'hydrogène et plus largement sur ses choix actuels et futures. La manière dont chaque persona perçoit l'hydrogène est mise en avant.

5.3.3. Le contexte d'usage

La description du contexte d'usage permet d'obtenir des informations sur l'environnement dans lequel le produit sera utilisé. L'environnement global d'utilisation et le contexte de la tâche sont ainsi abordés, avec par exemple des éléments sur la nature et la fréquence des interactions avec le produit. Dans le cadre d'un projet de nature prospective, ces informations sont par nature réduites. Pour les personas experts, nous avons ainsi précisé les domaines d'expertises et pour les personas utilisateurs finaux, les domaines d'usage pressentis.

Nous avons ainsi obtenu deux profils d'utilisateurs finaux (figure 5) et deux profils d'experts (figure 6). Ils ont été présentés, d'une part sous un mode analytique, avec une fiche par persona et d'autre part, sous un mode synthétique, avec un tableau rassemblant tous les

personas sur un même support. Cette présentation (figure 7) permet de fournir une représentation globale de l'ensemble des personas, de repérer les liens éventuels entre eux et de comparer leurs caractéristiques. Le concepteur doit garder à l'esprit que les personas doivent être cohérents et apporter chacun une valeur-ajoutée, en illustrant des valeurs, des besoins ou encore des modes d'utilisation distincts des autres personas.

INSERER - Figure 5 : Extrait du persona expert Laurent.

INSERER - Figure 6 : Extrait du persona utilisateur final Pierre.

La figure 6 permet de comparer les besoins principaux portés par chaque persona. Nous remarquons que les personas experts (Laurent Laloé et Martin Cache, voir figure 7), s'ils sont divisés quant à leur perception des utilisateurs, se rejoignent sur leur besoin principal. Ils s'accordent en effet sur la nécessité de disposer d'un appui fort et visible de la part des pouvoirs publics. Ainsi, les personas permettent de véhiculer des informations et de prendre connaissance des valeurs et aspirations profondes d'utilisateurs actuels ou futurs. Dans le même temps, de manière pragmatique, ils permettent de soutenir la créativité des personnes impliquées dans un processus de création de produit (Bornet & Brangier, 2015). Ce projet a permis d'illustrer la visée informative des personas. Il s'agit maintenant de poursuivre la démarche en trois temps :

- Élargir la collecte des données à partir d'un accès direct à des utilisateurs. Ces utilisateurs pourront être des utilisateurs potentiels, ou des utilisateurs réels, mobilisés par exemple dans des projets pilotes.
- Enrichir les personas à partir des nouvelles données recueillies. Les personas d'utilisateurs finaux seront ainsi réalisés à partir de données directement collectées auprès d'utilisateurs, et non auprès d'experts. Une des limites de la présente étude réside dans le fait que les experts n'ont pas nécessairement étudié les attitudes et comportements des utilisateurs. Ainsi qu'ils l'expriment : « *On n'est pas encore trop préoccupé par le consommateur (Expert 8)* ». De ce fait, les personas utilisateurs finaux doivent être validés et enrichis à partir d'un accès direct à des utilisateurs réels ou potentiels.
- Agir par le biais des personas sur les performances créatives des concepteurs, pour favoriser l'adéquation des caractéristiques des produits avec les besoins ainsi que l'acceptation de ces produits par les utilisateurs (Barré, Buisine & Aoussat, 2017). A l'origine, les personas sont plutôt envisagés comme un outil de discussion, « avec l'espoir

que les informations que les personas contiennent inspireront les membres de l'équipe de conception, tout en soutenant l'ensemble du processus de conception centré utilisateur. » (Idoughi, Seffah & Kolski, 2011, p.2). Progressivement, certains auteurs ont développé des outils pour canaliser et optimiser leur usage (Grudin & Pruitt, 2002 ; Olsen, 2004). Les personas pourront être utilisés pour, d'une part, générer des idées dans le cadre du développement d'applications hydrogène, et d'autre part, pour sélectionner les fonctionnalités les plus à même de répondre aux besoins des utilisateurs.

INSERER Figure 7 : Synthèse des personas sur la perception de l'hydrogène et les besoins associés.

6. Discussion et conclusion : une étude exploratoire de la prospective des usages de l'hydrogène comme énergie

Cette étude singulière restitue deux types de résultats. Les premiers concernent le contenu abordé, en l'occurrence un certain futur des systèmes énergétiques basés sur l'hydrogène, et les seconds concernent la démarche de production de données sur ce contenu.

Sur le premier plan, il apparaît que l'hydrogène est, pour l'ergonome, une matière d'intervention. Les systèmes et technologies futurs issus de l'hydrogène sont loin d'être définis, les produits sont encore rares, les services quasiment inexistantes et les utilisateurs ne sont pas encore bien identifiés. Dans ce contexte, l'ergonomie prospective se donne pour objectif de construire des représentations prospectives des utilisateurs futurs et d'anticiper des scénarios d'usage en mobilisant l'ensemble des connaissances relatives à l'humain qui s'avèrent utiles pour décrire des besoins, produits, services et systèmes futurs. Et cette étude y parvient : elle produit des personas, elle génère des idées, elle synthétise des discours, elle met en avant des axes de structuration des échanges entre experts, etc... Les contours d'expériences futures ont ainsi été dessinées lors des staffs d'experts de communauté. Des scénarios d'usage futurs apparaissent, s'imaginent ou s'infèrent, comme celui d'une gestion proactive de différentes sources d'énergie : (tableau 5).

C'est-à-dire que j'irai jusqu'à la maison du particulier qui aura potentiellement chez lui des moyens de stockage. Peut-être une pile à combustible, un stock d'hydrogène, qui produira peut-être avec des panneaux photovoltaïques, ou des éoliennes, ou je ne sais pas trop quoi encore. Il produira, il consommera, et en tant que producteur son surplus il pourra aussi le mettre à disposition des autres. (...) de quoi j'ai besoin demain, combien je vais consommer demain, là là là mon frigo, mon four etc. Donc du coup j'aurai besoin de

tant de stock pour demain et je suis capable de vendre tant sur les marchés. Et je choisis sur mon smartphone de vendre ou de ne pas vendre (Expert 9).

Tableau 5 : Scénario d'usage identifié lors d'un staff d'experts de communauté, dit scénario « prosumer ».

Sur le second plan, cette monographie renseigne aussi sur les intérêts et limites de la démarche.

Si l'ergonomie a été en prise avec des questions économiques, sociales et environnementales, il faut bien admettre (Zink, 2013) qu'elle ne l'a jamais été de manière simultanée et concomitante. Or, la question de la transition énergétique peut permettre à l'ergonomie d'évaluer, tester, corriger des systèmes afin de les adapter aux humains, mais elle peut aussi sortir de cette logique d'acceptation/acceptabilité et proposer de décrire des expériences futures en amont à la conception. Dans cette étude, il n'a jamais été question de parler d'un système ou d'une technologie particulière, mais d'explorer comment des personnes pourraient vivre avec une énergie à base d'hydrogène.

La méthode développée implique des utilisateurs aux profils atypiques (Von Hippel, 1986) et parfois extraordinaires afin de stimuler l'innovation radicale en permettant aux concepteurs de redécouvrir les besoins inédits liés à des usages futurs (Buisine, Boisadan, & Richir, 2017), ici exclusivement des experts en gestion, technique et communication du domaine de l'hydrogène, de différentes entreprises et organismes. La méthode exclut donc les démarches participatives en situation réelle de travail par exemple qui relèveraient de l'ergonomie de correction ou de conception.

Cette méthode recueille des données sur des experts en même temps qu'elle produit des données sur d'autres utilisateurs, qui n'existent pas et qu'elle cherche à décrire. En effet, les personas, construits sur la base de données issues des verbatim, ont une double visée épistémique et pragmatique. Ils favorisent le passage d'une perspective égocentrée à une perspective allocentrée. Les données collectées ont permis d'élaborer quatre personas structurés autour des dimensions suivantes : (a) Les modes de vie, les comportements professionnels et les valeurs en matière de gestion de l'énergie (b) Les préoccupations d'usage liées à l'hydrogène en tant qu'énergie (c) La perception de l'hydrogène et (d) Les besoins.

Ces personas d'utilisateurs futurs se greffent sur une analyse statistique des discours d'experts qui ont permis d'anticiper des besoins : besoins techniques, humains, politiques autour d'un regroupement lexical centré sur le mot « Aller » qui démontre une certaine volonté d'engager une transition énergétique et technologique. Ces résultats tendent à

confirmer l'existence de ce phénomène d'ouverture écologique quel que soit le corpus de staff analysé. Les changements s'orientent prioritairement vers des secteurs techniques avérés comme « la mobilité et les véhicules » ou encore « l'énergie au domicile et le chauffage ».

Cette approche permet de détecter des signaux faibles dans les usages, de révéler des détournements d'usage inattendus et d'explicitier des tendances. Les staffs d'experts servent à produire des informations partielles et fragmentaires qui impliquent un traitement interprétatif. Il s'agit de dépasser le niveau littéral pour produire des données enrichies qui sont ensuite retravaillées par d'autres experts, de l'usage et de l'activité, cette fois.

Ces signaux faibles exprimés sous la forme de besoins (par exemple : mode de vie permettant un stockage d'énergie sous la forme d'hydrogène, autogestion de sa production électrique, revendication d'avoir une énergie propre...) sont vus comme structurant de l'évolution future, si possible la recherche d'innovation radicale (Verganti, 2008 ; Verganti & Öberg, 2013). Une fois identifiés, ces besoins implicites, minoritaires ou marginaux sont retravaillés afin d'imaginer des produits ou services innovants tout en mettant l'emphase sur le contexte organisationnel (Davies & Buisine, 2017).

Mais ces produits ou services relèvent moins d'un design d'objet que d'un design d'expérience (Press & Cooper, 2003). Nous cherchons en effet à décrire comment les personnes vont vivre une expérience avec une énergie, plus que la manière dont ils utiliseraient un produit. L'ergonomie prospective est donc bien en amont de la conception, plus focalisée sur la description d'une expérience future que sur la définition de modalités d'acceptation.

Cette recherche est donc en accord avec Norros (2014) quand elle revendique la nécessité de comprendre les usages de la technologie pour promouvoir la créativité et l'apprentissage organisationnel et ainsi amplifier le poids de l'ergonomie dans les sciences de la conception. L'ergonomie ne doit pas seulement se limiter à la compatibilité « humain-machine », mais doit de plus en plus considérer les éléments indirects qui façonnent la vie quotidienne, comme les objectifs et les activités, les valeurs et les cultures ainsi que les outils et les environnements (Bannon, 2011). Et, cette extension du champ de l'ergonomie doit stimuler la créativité. L'injection de la créativité est l'étape suivante de cette recherche. Des ingénieurs, chercheurs, politiques seront sollicités pour imaginer des solutions pour les personas. L'ergonomie prospective est donc très en amont des projets, avant même la conception d'un produit ou service. Elle vise à générer des représentations qui guident les décisions à prendre et les développements à engager. Elle cherche ainsi à élargir les points de vue sur les usages futurs en s'appuyant à la fois sur l'analyse ergonomique, la créativité et la prospective.

Allons plus loin encore. L'approche suggérée est d'abord positiviste, dans le sens où elle considère que c'est le recueil de signaux faibles, l'interprétation des représentations et la connaissance des faits vérifiés qui peuvent contribuer à l'émergence des phénomènes futurs. La plausibilité est fournie exclusivement par des scénarios prospectifs, par des utilisateurs futurs, ou encore par les expériences simulées. D'une certaine manière l'ergonomie prospective rejette la construction approximative issue d'interactions multiples qui ne serait pas initiée stratégiquement (Liem, 2017). Ainsi, les méthodes mises en avant sont plutôt positivistes (personas, scénarios, dessins, projection) et/ou constructivistes (staffs, focus groups, dialogues...) et/ou créatives (remue-méninges, atelier de rencontres improbables...). Par conséquent, l'approche de l'ergonomie prospective est aussi pragmatique dans le sens où elle vise à produire des représentations des futurs. Cette nécessité correspond à la fois à une prescription de moyens méthodologiques mis en œuvre et à un devoir de résultats pour éclairer le futur. Cela implique d'aligner le processus de développement de produits avec différentes interventions ergonomiques (Nelson, Buisine, & Aoussat, 2012).

La démarche a donc une visée stratégique. Même si le positivisme et le pragmatisme ont une place de choix pour imaginer des solutions techniques innovantes, il n'en demeure pas moins vrai qu'il faut aussi étudier leurs relations systémiques avec les autres éléments du contexte. Ces idées de solutions sont à situer dans un contexte décisionnel instable, ce que notre étude n'aborde pas vraiment car elle minimise les contextes politiques ou économiques d'émergence de l'hydrogène. Si bien évidemment nos résultats ont été restitués à des décideurs, c'est justement pour qu'ils décident, pas pour se substituer à leur décision. Ce faisant, le rôle stratégique du décideur s'élargit : décider non plus seulement avec des données économiques, écologiques et technologiques, mais aussi penser le futur avec des représentations d'humains et d'activité des humains. C'est en partie une extension des compétences des décideurs et des ressources des organisations, pour s'adapter à un environnement en changement.

Enfin, en abordant la question de la décision, et donc du destin stratégique d'une étude d'ergonomie prospective se pose subrepticement la question de la valeur, de la création de la valeur par l'innovation (Liem, 2017) qui peut être obtenue en se concentrant sur les bénéfices ou la maximisation du profit. Le décideur peut estimer cette valeur future selon des critères de rentabilité mais aussi l'apprécier selon des valeurs psychologiques, sociales et écologiques qui sont perçues comme les potentialités pour créer de nouvelles possibilités et expériences d'usage.

7. Références

Barré, J. (2015). Vers de nouveaux outils pour l'anticipation des besoins utilisateurs : apports méthodologiques pour l'ergonomie prospective. Thèse de Doctorat, École nationale supérieure d'arts et métiers – ENSAM.

Barré, J., Buisine, S. & Aoussat, A. (2017). Persona logical thinking: improving requirements elicitation for multidisciplinary teams. *CoDesign*, 1-20. doi: 10.1080/15710882.2017.1301959

Bartlett, F.C., (1962). The future of ergonomics. *Ergonomics*, 5, 505–511.

Bannon, L. (2011). Reimagining HCI: toward a more human-centered perspective. *Interactions* 18 (4), 50-57

Bornet, C., & Brangier, E. (2013). La méthode des personas : principes, intérêts et limites. *Bulletin de psychologie*, 66(524), 115-134.

Bornet, C., & Brangier, E. (2015). The effects of personas on creative codesign of work equipment: an exploratory study in a real setting. *CoDesign*, 12(4), 243-256. doi.org/10.1080/15710882.2015.1112814

Brangier, E. (2007). Besoin et interface. In J., Akoka & I., Comyn-Wattiau. *Encyclopédie de l'informatique et des systèmes d'information*. Paris: Vuibert. 1070-1084.

Brangier, E. & Bastien, J-M-C. (2006). L'analyse de l'activité est-elle suffisante et/ou pertinente pour innover dans le domaine des nouvelles technologies ? In G. Vallery et R. Amalberti, (Eds). *L'analyse du travail en perspectives : influences et évolutions*. Toulouse : Octarès, Collection « Entreprise, Travail, Emploi ». 143-156

Brangier, E. & C. Bornet (2011). Persona: A method to produce representations focused on consumers' needs. In W. Karwowski, M. Soares & N. Stanton (Eds). *Human Factors and ergonomics in Consumer Product Design: methods and techniques*. 37-61. Taylor and Francis.

Brangier, E. & Robert, J-M. (2014). L'ergonomie prospective : fondements et enjeux. *Le Travail Humain*. Vol 77, n°1, 1-20.

Brangier, E. Dinet, J., Bastien, JMC. (2009). La méthode des staffs d'experts de communautés. Orientation théorique, démarche méthodologique et application pratique. *Document numérique*, 12(2), 111-132.

Brangier, E., Barcenilla J., & Robert, J-M. (2017). Prospective ergonomics and innovative ideas in the early stages of design projects. In Aleksandar Zunjic (Ed). *Ergonomic Design and Assessment of Products and Systems*. Nova Science Publishers, Inc. 47-68.

Buisine, S., Boisadan, A., & Richir, S (2017). L'innovation radicale par la méthode de l'utilisateur extraordinaire. *Psychologie du Travail et des Organisations*. 10.1016/j.pto.2017.11.001.

Goodwin, K. (2002). Getting from research to personas : Harnessing the Power of Data. Retrieved the 21st August 2017 from http://www.cooper.com/journal/2002/11/getting_from_research_to_perso.html

Damart, S., Kpoumie, A., Tsoukias, A., Benjamin, R. (2010). Using a MCDA methodology for evaluating social acceptance of hydrogen technology in France: from collective perceptions to criteria. *EURO 2010*, Jul 2010, Lisbonne, Portugal.

Daniellou, F. (1997) Les enjeux des projets. Préventique et sécurité, juillet-août, n°34, p.31-35.

Daniellou, F. (2004) L'ergonomie dans la conduite de projets de conception de systèmes de travail. In P. Falzon (Ed.) *Ergonomie*. Paris : PUF.

Davies, M. & Buisine, S. (2017). La culture d'innovation dans les organisations françaises. *Technologie et innovation*. ISTE-Open sciences.fr . https://www.openscience.fr/IMG/pdf/iste_techinn17v4n6.pdf.

Duarte, F. & Lima, F. (2012). Anticiper l'activité par les configurations d'usage : proposition méthodologique pour conduite de projet. *Activités*, 9(2), 22-47, <http://www.activites.org/v9n2/v9n2.pdf>

Garrigou, A., Daniellou, F., Carballeda, G., & Ruaud, S. (1995). Activity analysis in participatory design and analysis of participatory design activity. *International journal of industrial ergonomics*, 15, 311-327. Doi : 10.1016/0169-8141(94)00079-I.

Godet, M, Roubelat, F. (1996).Creating the future: The use and misuse of scenarios. *Long Range Planning*, Vol. 29, n°2, pp. 164-171

Goodwin, K. (2001). Perfecting your personas. Retrieved the 21st August 2017 from the web site Cooper Newsletter : http://www.cooper.com/journal/2001/08/perfecting_your_personas.html

Grudin, J., & Pruitt, J., (2002). Personas, participatory design and product development: an infrastructure for engagement. In *Proceedings of Participatory Design Conference*, Malmo, Sweden, 144-161.

Hoc, J. -M.(2008) 'Cognitive ergonomics: a multidisciplinary venture', *Ergonomics*, 51: 1, 71 — 75

Idoughi, D., Seffah, A. & Kolski, C. (2011). Adding user experience into the interactive service design loop: a persona – based approach. *Behaviour & Information Technology*, 1-17. doi: 10.1080/0144929X.2011.563799.

Iribarren, D., Martín-Gamboa, M., Manzano, J., & Dufour, J. (2016). Assessing the social acceptance of hydrogen for transportation in Spain: An unintentional focus on target population for a potential hydrogen economy. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(10), 5203–5208. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.01.139>

Liem, A. (2017). *Prospective ergonomics*. London: John Wiley & Sons - ISTE. 167p.

Long, F. (2009). Real or Imaginary: The effectiveness of using personas in product design. In Proceedings of the Irish Ergonomics Society Annual Conference, 1-10.

Loup-Escande, E., & Burkhardt, J-M., Christmann, O., & Richir, S. (2014). Needs elaboration between users, designers and project leaders: analysis of a design process of a Virtual Reality-based software. *Information and Software Technology*. 56. 1049-1061.

Loup-Escande, E., Burkhardt, J-M., & Richir, S. (2013). Anticiper et évaluer l'utilité dans la conception ergonomique des technologies émergentes : Une revue. *Le Travail Humain*. 76. 27-55.

Nelson, J. (2011). Contribution à l'analyse prospective des usages dans les projets d'innovation. Thèse de doctorat. Arts et Métiers ParisTech, ENSAM.

Nielsen, L. (2002). From user to character: an investigation into user-descriptions in scenarios. In Proceedings of the 4th Conference on Designing interactive Systems: Processes, Practices, Methods, and Techniques, London, England, 99-44. New York: ACM. doi>10.1145/778712.778729

Nielsen, L. (2004). Personas – communication or process? In Proceedings of the Seventh Danish HCI Research Symposium, 25-26.

Norros, L. (2014). Developing human factors/ergonomics as a design discipline. *Applied Ergonomics*. 45(1) ; 61-71. doi: 10.1016/j.apergo.2013.04.024.

Olsen, G. (2004). Persona creation and usage toolkit. Retrieved the 21st August 2017 from http://www.interactionbydesign.com/presentations/olsen_persona_toolkit.pdf

Press, M. & Cooper, R. (2003). *The design experience: the role of design and designers in the twenty-first century*. UK: Ashgate Publishing.

Reinert, M. (1983). Une méthode de classification descendante hiérarchique : application à l'analyse lexicale par contexte. *Les cahiers de l'analyse des données*, VIII, (2), 187-198.

Reinert, M. (1990). ALCESTE : Une méthodologie d'analyse des données textuelles et une application : Aurélia de Gérard de Nerval. *Bulletin de méthodologie sociologique*. 26. 24-54.

Robert, J-M, & Brangier, E. (2009). What is prospective ergonomics? A reflection and position on the future of ergonomic. In B.-T. Karsh (Ed.): *Ergonomics and Health Aspects*, LNCS 5624, Springer Verlag, pp. 162–169.

Stanton, N. A. & Stammers, R. B.(2008) 'Commenting on the commentators: what would Bartlett have made of the future past?', *Ergonomics*, 51: 1, 76 — 84.

Verganti, R. (2008). Design, meanings, and radical innovation: A metamodel and a research agenda*. *Journal of product innovation management*, 25(5), 436-456.

Verganti, R. & Öberg, Å. (2013). Interpreting and envisioning—A hermeneutic framework to look at radical innovation of meanings. *Industrial Marketing Management*, 42(1), 86-95.

Von Hippel, E. (1986). Lead users: a source of novel product concepts. *Management Science*, 32(7), 791–805

Yetano Roche, M., Mourato, S., Fishedick, M., Pietzner, K., & Viebahn, P. (2010). Public attitudes towards and demand for hydrogen and fuel cell vehicles: a review of the evidence and methodological implications. *Energy Policy* 38 (10): 5301-5310. (DOI:10.1016/j.enpol.2009.03.029).

Zink, K. J. (2005). From industrial safety to corporate health management. *Ergonomics*, 48(5), 534-546.